

# NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN EN EL MANGO: REVISIÓN DE LITERATURA

Víctor Galán Saúco. Consultor en Fruticultura Tropical  
Correo electrónico: [vgalan46@gmail.com](mailto:vgalan46@gmail.com) - Teléfono: 34- 660331460

## Índice de contenidos

<b>Resumen ejecutivo</b>	2
<b>Introducción</b>	3
<b>Resumen de entrevistas sobre abonado del mango</b>	4
<b>Análisis de suelo</b>	4
<b>Recomendaciones generales para la fertilización del mango</b>	5
<b>Análisis foliar</b>	10
Revisión general	10
Técnicas de muestreo	12
Interpretación del análisis foliar	14
<b>Extracciones de nutrientes</b>	17
<b>Papel de nutrientes específicos y formas de aplicación de los mismos</b>	18
Introducción	18
Macronutrientes	20
Micronutrientes	27
<b>Momento de aplicación de fertilizantes</b>	30
<b>Fertiirrigación</b>	33
<b>Fertilización orgánica</b>	34
<b>Posibilidades para el establecimiento de futuros proyectos de investigación en nutrición y fertilización del mango</b>	35
<b>Resumen de hallazgos, discusión general y conclusión</b>	36
<b>Bibliografía</b>	38
<b>Anejo 1. Lista de personas entrevistadas</b>	49
<b>Anejo 2. Encuesta sobre nutrición y abonado del mango</b>	54
<b>Anejo 3. Análisis de suelo reportados en la encuesta</b>	59
<b>Anejo 4. Programas de abonado en diferentes países</b>	65
<b>Anejo 5. Análisis foliar. Resultados extraídos de la encuesta.</b>	67
<b>Anejo 6. Diferencias en el contenido de nutrientes en diferentes emplazamientos y según la fase fenológica</b>	71
<b>Anejo 7. Influencia de las relaciones de nutrientes en el mango</b>	73
<b>Anejo 8. Extracciones de nutrientes (kg/ha) por tonelada de producción</b>	76
<b>Anejo 9. Aplicación de nutrientes y fenología</b>	78
<b>Anejo 10. Modo de aplicación de fertilizantes</b>	79
<b>Anejo 11. Investigaciones en curso y/o interés en nutrición del mango</b>	81

## **Resumen ejecutivo**

El objetivo fundamental de este informe consiste en proporcionar una ayuda para que los productores de mango puedan establecer un programa correcto de abonado para su plantación por medio de una revisión de bibliografía complementada con las respuestas a una encuesta sobre abonado y nutrición del mango enviada a productores e investigadores de mango de los principales países productores y de la información recabada de las principales compañías productoras de fertilizantes.

El establecimiento de dicho programa debe comenzar por la realización de un análisis de suelo antes de la plantación que indique las características fisicoquímicas del suelo donde el mango se va a cultivar y que nos sirva de base para realizar un abonado inicial y las enmiendas necesarias. En el apartado de **Análisis de suelo** se indican tanto los valores apropiados para los nutrientes en el suelo como las recomendaciones generales al respecto. En el apartado **Recomendaciones generales para el abonado del mango** se reseñan algunos ejemplos de tipo general de programas de mango recomendados en diferentes países que pueden ser de utilidad tanto para los primeros años de una plantación como para árboles adultos en pequeñas explotaciones sin acceso a laboratorios de análisis.

Como se indica en este estudio, a pesar de sus limitaciones, el análisis foliar es la herramienta más útil para el establecimiento de un programa adecuado de abonado del mango realizándose en el apartado **Análisis foliar** una revisión de los valores recomendados por diferentes autores, así como una discusión sobre las técnicas de muestreo e interpretación de dicho análisis, tanto en base a los valores individuales de nutrientes como de las relaciones cuantitativas entre los mismos. Como se señala en el apartado **Extracciones de nutrientes**, la reposición de las pérdidas de macro y micronutrientes debidas a la producción de fruta, frutos caídos, hojas y ramas eliminadas por la poda, así como aquellos perdidos por lixiviación, volatilización, fijación al suelo y escorrentía es esencial para un apropiado programa de fertilización. Queda claro en esta revisión la existencia de importantes diferencias dependiendo de los cultivares y emplazamientos (condiciones climáticas y de suelo, particularmente temperatura), prácticas culturales y edad del árbol, por lo que se indica que las cantidades de nutrientes extraídas deben ser obtenidas para cada plantación y cultivar. Se aporta también en el Anejo 4 de este informe un ejemplo del uso de las extracciones de cosecha para el establecimiento de un programa de abonado.

Se revisa, a su vez, **el papel de los macro y micronutrientes, su efecto en momentos diferentes del ciclo fenológico del mango y el momento más adecuado de aplicación de los nutrientes** concluyendo que la mayoría de los macronutrientes, y particularmente el nitrógeno deben ser aplicados, directamente al suelo o través de fertirrigación mayormente inmediatamente tras la recolección, excepto las aplicaciones foliares de nitrógeno para provocar la floración, y que la mayoría de los micronutrientes, por contra, deben ser preferentemente aplicados durante la floración por medio de aspersión foliar. salvo el hierro que debe aplicarse regularmente en forma quelatada vía fertirrigación.

Se señala también que los experimentos realizados en este cultivo comparando las fuentes orgánicas e inorgánicas de fertilizantes no han mostrado diferencias claras en relación a la absorción de nutrientes ni en cuanto al rendimiento. y que los fertilizantes orgánicos se aplican directamente al suelo o, en algunos casos, también por fertirrigación. Se concluye que dadas las numerosas variables que influyen sobre la nutrición y fertilización del mango resulta imposible formular recomendaciones de tipo general para

el establecimiento de un programa de abonado que debe ser hecho para cada plantación particular e incluso para cada cultivar en cada plantación en base a una interpretación correcta de los análisis de suelo y foliares y de las extracciones de cosecha esperadas. En este informe se proporcionan las directrices a seguir para realizar dicha interpretación que pueden servir a los productores de mango para obtener la máxima productividad derivada de un programa de abonado adecuado para este cultivo.

## **Introducción**

Fertilización y nutrición no son conceptos idénticos. La fertilización, también llamada en español abonado, consiste en proporcionar a las plantas los fertilizantes previamente seleccionados, mientras que por nutrición se entiende el proceso por el que la planta absorbe del medio en el que se cultiva los nutrientes presentes en los fertilizantes aportados para su crecimiento y desarrollo. Por ello, para una correcta planificación de un programa de abonado es más importante saber qué nutrientes debemos aplicar que determinar que fertilizantes debemos aportar. En consecuencia, para obtener una buena nutrición de un cultivo es necesario no solo conocer su demanda de nutrientes, el momento idóneo de aplicación de los abonos y el contenido en nutrientes de los mismos sino también los factores que influyen en la correcta asimilación de estos nutrientes tales como las consideraciones climáticas, el tipo de suelo, la calidad del agua de riego y el sistema de riego. Debido a estas consideraciones no puede definirse una forma general para diseñar un programa de abonado del mango, pero, a través de la revisión de bibliografía realizada en este informe complementada con las respuestas a una encuesta en abonado y nutrición del mango enviada a productores e investigadores de mango de los principales países productores de mango y la información recabada de las principales compañías productoras de fertilizantes, esperamos servir de ayuda para que los productores de mango puedan establecer un programa correcto de abonado para su plantación. Varios libros recientemente publicados sobre el cultivo del mango (Carvalho Genú and de Queiroz Pinto, 2002; Litz, 2009; Galán Saúco, 2008; Galán Saúco y Lu, 2017) han dedicado algunos capítulos a la nutrición y abonado el mango que nos servirán como base inicial para esta revisión de literatura.

La demanda en nutrientes del mango, al igual que en otros cultivos frutales depende de factores como el genotipo (patón y cultivar), tipo de suelo, clima, pérdidas por lixiviación, sistema de riego, calidad del agua de riego, estado sanitario de la planta, fase fenológica y cosecha esperada. El estudio de los efectos de diferentes nutrientes sobre la producción y calidad de la fruta de mango es complicado debido a la interacción de diferentes parámetros (i.e. tipo y pH del suelo, cultivar, calidad del agua, clima, etc) que influyen en el resultado final de cualquier experimento sobre abonado del mango (Levin, 2017). La respuesta a las aplicaciones de fertilizantes depende también de numerosos factores tales como tipo y dosis de fertilizantes, condiciones climáticas y de suelo, patrón y cultivar (Whiley, 1984; Cull, 1991 *et passim*). Por todas estas consideraciones, las recomendaciones sobre abonado tienen que hacerse necesariamente para cada plantación en particular, lo que explica que, a pesar de la importancia señalada por numerosos autores del abonado del mango para la obtención de la mejor producción comercial, no se haya indicado en la literatura científica recomendaciones precisas para una estrategia específica de abonado para el mango válida para diferentes condiciones de cultivo. En consecuencia, la determinación de las necesidades de nutrientes del mango de cara a la obtención de rendimientos económicos resulta un difícil pero muy importante reto.

## **Resumen de las entrevistas sobre abonado del mango**

Con el objetivo de obtener información actualizada sobre la práctica del abonado con magnesio en mango y sus efectos sobre el cultivo en diferentes países se entrevistó a 47 personas, incluyendo investigadores, productores y/o asociaciones de productores de 30 de los principales países productores del mundo (Anexo 1) por medio del envío, en primera instancia por email, de una encuesta sobre este tema (Anexo 2), manteniendo posteriores contactos personales o telefónicos en aquellos casos en que fueron necesarios. La selección de los contactos se basó principalmente en el conocimiento adquirido por el autor a través de los trabajos previos realizados por el autor sobre la influencia de patrones de mango en aspectos cuantitativos y cualitativos de la producción de mangos y sobre el papel del magnesio en el cultivo del mango para el National Mango Board (Galán Saúco, 2016, 2018a). Los principales resultados de estas entrevistas se resumen en los anexos 3-11.

También se envió un email a las 11 principales compañías de fertilizantes del mundo (Roy, 2015) en demanda de cualquier información relevante que pudieran proporcionar sobre abonado del mango. De entre ellas solo Yara, K+S y Haifa aportaron información valiosa para este informe que será comentada a lo largo de este trabajo.

## **Análisis de suelo**

La aplicación de diferentes cantidades de fertilizantes sin un análisis previo del suelo es una práctica común en muchas plantaciones de mango. De hecho, en gran parte de las respuestas procedentes de distintos países a la encuesta de abonado del mango no se indica la utilización de un análisis de suelo usado para sus programas de abonado (Véase Anexo 3). Sin embargo, pese a que un análisis de suelo indica solamente la presencia de un nutriente en el suelo y no la cantidad del mismo que puede ser absorbido por la planta, el establecimiento de un programa de abonado para una plantación de mango debería comenzar por un análisis de suelo previo a la plantación que nos indique las características físico-químicas del suelo donde se va a establecer la plantación. Este análisis proporciona una información básica para conocer el pH del suelo, su contenido en materia orgánica y su contenido en nutrientes, aunque, por razones obvias, el contenido en nutrientes como N y K, fácilmente perdidos por lixiviación no sean de gran valor.

Por lo expuesto anteriormente, un análisis de suelo es necesario particularmente para realizar un abonado inicial y aplicar las enmiendas necesarias que nos permitan preparar el suelo para la plantación. Este servirá también de base, junto al análisis foliar, para determinar un programa racional de abonado.

El mango se adapta bien a diferentes tipos de suelos (Majunder and Sharma, 1985; Kostermans y Bompard, 1993 *et passim*), pudiéndose cultivar sin problemas en suelos con valores de pH entre 5,5 y 7,0 e incluso puede cultivarse tanto en suelos muy arenosos con bajo contenido en materia orgánica (0.3%), baja capacidad de cambio catiónico (7-13 mmol/100g de suelo), como en suelos calcáreos (>38% CaCO<sub>3</sub>) con pH de 8,7 (Whiley y Schaffers, 1997), siempre que se usen patrones adecuados y se efectúen las necesarias correcciones de las deficiencias de hierro y cinc (Gazit, 1970; Kadman y Gazit, 1984). Como ejemplo de un suelo adecuado para mangos en Sudáfrica se recomienda un valor de pH entre 6,0 y 7,2, un mínimo contenido de Ca de 200 ppm, un valor de 2,5 a 5,0 para la relación Ca+Mg:K, un contenido de potasio entre 80 y 120 ppm y un contenido mínimo de Fósforo de 20 ppm (Mostert y Abercrombie, 1998).

Los valores de los análisis de suelo reportados en la encuesta enviada a los diferentes países difieren mucho entre ellos indicando valores diferentes según el tipo de

suelo, cultivares, y posiblemente métodos de extracción (véase Anexo 3), pero como un indicativo de los valores considerados apropiados para un suelo destinado al cultivo del mango pueden verse en la tabla 1 los valores dados en Australia por el Queensland Department of Agriculture and Fisheries (QDAF, 2015).

Tabla 1. Valores apropiados para un suelo destinado a la plantación de mangos (QDAF, 2015)

pH	5.5-7.0
C Orgánico	1-2%
CE	<0.2 (dSm)
N	<10 mg/kg
P	60-80 mg/kg
K	0.25-0.40 meq/100g
Ca	3-5 meq/100g
Mg	0.75-1.25 meq/100g
S	>12 mg/kg
Na	<1.0 meq/100g
Cl	<2.50 mg/kg
B	1-2 mg/kg
Zn	2-15 mg/kg
Mn	4-50 mg/kg
Fe	4-100 mg/kg
Cu	0.3-10 mg/kg
Cambio catiónico	≈5
% Na	>1%
% K	5 %
% Ca	65-80 %
% Mg	15-20 %

Además de la realización de un análisis de suelo previo a la plantación es recomendable realizar análisis de suelo anualmente para conocer así la reserva potencial de nutriente y, como ya indicamos anteriormente, determinar conjuntamente con los análisis foliares las dosis de fertilizantes a aplicar.

### **Recomendaciones generales para la fertilización del mango**

Durante los primeros años de una plantación de mangos es útil y frecuente abonar de acuerdo a programas generales de abonado basados en experiencias previas del lugar o de otros países, pero, el modo más racional de abonar los mangos, una vez que las plantas entren en producción, es a través de un análisis foliar que compare el contenido de nutrientes con estándares previamente establecidos. El conocimiento de los datos de extracción de nutrientes por kg producido es también de gran ayuda para establecer un programa de abonado que permita obtener el mayor rendimiento de una plantación de mangos.

Los siguientes ejemplos de programas generales de abonado recomendados para el cultivo del mango en diversos países pueden ser útiles no solo para los primeros años de una plantación, sino también para árboles adultos en pequeñas plantaciones sin acceso a datos de análisis foliar.

#### **1. Florida**

Suelos cálcareos y arenosos: Cantidades recomendadas para aplicación al suelo, salvo especificación diferente, que pueden ser reducidas o incluso suprimidas si los niveles

foliares son apr0. Las cantidades a portar deben ser gradualmente aumentadas conforme el árbol crece (Crane, 2019).

- Árboles jóvenes:

Nitrógeno: 113-227 g/árbol de un abono conteniendo 6 a 10% de nitrógeno (mejor una mezcla de fertilizantes con el 25 - 50% del nitrógeno en forma orgánica) aplicado cada 8 semanas durante la estación de crecimiento.

Estas cantidades deben ser menores en suelos con alto contenido en humus

Fósforo: Abonar regularmente con fertilizantes conteniendo entre 3 y 10% de fosfatos durante los primeros 4 años. Las aplicaciones periódicas al suelo pueden hacerse conjuntamente con las aportaciones nitrogenadas.

Potasio: 113-227 g/árbol de K<sub>2</sub>O/ha (de un abono con 6 - 10% de potasio) cada 4 a 8 semanas durante la estación de crecimiento.

Magnesio: Aportarlo en una mezcla de fertilizante junto al N, P y Ka una dosis equivalente al 25-50% de la dosis para K<sub>2</sub>O.

Calcio: No recomendado, salvo si el análisis foliar indicase una deficiencia de este elemento.

- Árboles adultos:

Nitrógeno: 22-35 kg de nitrógeno/ha-año repartidos en 2 a 4 aplicaciones al suelo con el mismo tipo de abono que en los árboles jóvenes.

Fósforo: Puede no ser necesario.

Potasio: 57-113 kg de K<sub>2</sub>O/ha y año repartidos en 2 a 4 aplicaciones al suelo.

Magnesio: Aplicarlo en forma granulada en una mezcla de fertilizante junto al N, P y K (p.ej. 6-6-6-3) o mejor por aspersion foliar a la dosis de 1,4-2,3 kg de nitrato o sulfato de magnesio mezclado en 380-950 litros de agua.

## 2. Sudáfrica

Programa general (Anon., 1975):

Edad del árbol (años)	Nitrato Amónico Cálcico (kg/árbol y año)	Superfosfato Cálcico (kg/árbol y año)	Cloruro potásico (kg/árbol y año)
1	0.25	0.50	—
2-3	0.50	1.00	—
4-5	1.00	2.00	0.50
6-7	1.50	2.25	0.75
8-9	2.00	2.25	1.25
>10	2.50	2.25	1.50

Recomendación específica para el cultivar Sensation (Stassen and Janse van Vauren, 1997a):

Las dosis de N, K y Ca pueden ser calculadas como 6g de cada elemento por kg de producción o como 11g/cm de la circunferencia del tronco (medida a 80 mm sobre el punto de injerto).

Las dosis de P y Mg pueden ser calculadas como 0,8 g de cada elemento por kg de producción o como 1,5 g/cm de la circunferencia del tronco.

Recomendaciones para las aspersiones foliares de microelementos (Tomlinsom and Smith, 1998):

— Boro.- 300 g Solubor /100 l de agua

— Cobre.- 200 g Oxiclورو de cobre /100 l de agua

— Manganeso.- 200 g sulfato de manganeso /100 l de agua

— Cinc.- 200 g Óxido de cinc / o 150 ml Nitrozinc en 100 l de agua.

### 3. Australia (Anon., 1999)

Árboles jóvenes:

Años tras plantación	Momento de aplicación	Cantidad de abono/árbol (NPK 15-4-11)
1	Cada 6 semanas	30-60g
2	Cada 6 semanas	30-60g
3	Diciembre (*) o tras la cosecha Marzo	500g y 500g yeso Idem
4	Diciembre o tras la cosecha Marzo	750g y 1,000g yeso Idem

(\*) Recuerde que Australia está en el hemisferio Sur

Árboles adultos:

	1-3 m de Ø copa 'Keitt'	2-6 m de Ø copa 'Kent', 'Keitt', 'Palmer' 'KP', 'R2E2'	4-8 m Ø copa 'KP', 'Haden', 'R2E2'
<u>Tras la cosecha</u> NPK 12-2-13	350-650 g (*)	650-2.000 g	2,000-2.700g
<u>4 semanas después</u> <u>Yeso</u> Sulfato de magnesio Solubor	1-2 Kg 500g	2-3 kg 500g	3-4 kg 500g
<u>Antes de la floración</u> NPK 12-2-13 Yeso Boron foliar	100-350g 2-3 kg 1%	350-1.000g 3-4 kg 1%	1.000-1.300 g 4-5 kg 1%
<u>En la brotación</u> Foliar Nitrato potásico Solubor Sulfato potásico	1% 10g 500g	1% 20g 1kg	1% 40g 2kg

Ø = diámetro; KP = Kensington Pride.

(\*) Las cantidades menores deben aplicarse en árboles con una cosecha pequeña o en suelos fértiles y las cantidades mayores para árboles con una gran producción o en suelos arenosos o después de una fuerte precipitación que removerá los nutrientes del suelo

- Recomendaciones de microelementos

1% Aspersión foliar de sulfato de cinc (Littlemore *et al.*, 1991)

25 g/árbol de Borax aplicado al suelo tras la floración y cuajado (Campbell and Mohr, 1991).

4. Israel (Crane *et al.*, 1997)

Árboles adultos: Aplicación anual (kg/ha)

N	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Obsevaciones
150-200	100-120	20-30	Parar o reducir estas aplicaciones 3 meses antes de la recolección

Árboles jóvenes:

Aplicación continuada a través del riego durante todo el año de N-P-K en la misma proporción que para los árboles adultos (12-2-8). La dosis recomendada de N es 20-40 ppm, con cantidades proporcionales de P and K

- Aplicaciones de microelementos para evitar estados carenciales en suelos alcalinos:

Aplicación en primavera de 100-200 g/árbol (suelos ligeros-pesados de Sequestrene a través del sistema de riego y una aplicación foliar de sulfato de cinc al 1% o aspersiones foliares de sulfato de hierro (0,2%), nitrato de hierro (0,3%) o Wuxal (2%) con el adherente Titron X-100 al 0,025% (Gazit, 1970. Se recomiendan cuatro aplicaciones durante el verano en el momento de la aparición de nuevas brotaciones tras la recolección (Kadman y Gazit, 1984).

5. México (Crane *et al.*, 1997)

Edad del árbol (años)	Fertilizante	Dosis (kg/árbol y año)	Zona Geográfica
1-4	N-P-K	0.2/0.1/0.1	Golfo de México
5-10	N-P-K	0.4/0.2/0.4	Golfo de México
11-15	N-P-K	0.6/0.3/0.6	Golfo de México
16-20	N-P-K	0.8/0.4/0.8	Golfo de México
>20	N-P-K	1.0/0.5/1.0	Golfo de México
1-5	N-P-K	0.4/0.2/0.2	Pacífico Sur
>5	N-P-K	0.7/0.7/0.7	Pacífico Sur
1-4	N-P-K	0.4/0.2/0.4	Pacífico Norte
5-10	N-P-K	1.3/0.55/0.85	Pacífico Norte
10-15	N-P-K	2.8/0.9/1.8	Pacífico Norte

6. Brasil (Albuquerque *et al.* (1998) citado por Coelho y Borges, 2004)

Cantidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O recomendadas:

Como se indica a continuación se recomienda aplicar durante la fase juvenil (plantación hasta los 2<sup>a</sup> años de edad) hasta 500 g de N, 40-160 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 20-100 g de K<sub>2</sub>O por planta del contenido en suelo de K y P. Las cantidades a aplicar durante la fase productiva varían en función del contenido foliar de N y del contenido en suelo de K y P. Valores recomendados de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O en función del análisis s desuelo de P and K

Fase	N (g/planta)	P en suelo (mg/dm <sup>3</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g/planta)	K en suelo (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	K <sub>2</sub> O (g/planta)
Plantación	--	<10	150	<0,16	100
Plantación	--	10-20	120	0,16-0,30	80
Plantación	--	21-40	90	0,31-0,45	40
Plantación	--	>40	60	>0,45	20
Crecimiento	500	<10	160	<0,16	100
Crecimiento	500	10-20	120	0,16-0,30	80
Crecimiento	500	21-40	80	0,31-0,45	40
Crecimiento	500	>40	40	>0,45	20

## 7. Pakistán (Bibi, 2018)

Necesidades de fertilizantes de árboles grandes productivos (7,7 x 9,6m ancho-alto)

Elemento o abono	Cantidad/ (árbol y año)	Momento de aplicación
Nitrógeno	2 kg	Inmediatamente tras la recolección (1.5 kg) En floración (500g)
Fósforo	3 kg	Inmediatamente tras la recolección (3 kg)
Potasio	2 kg	Inmediatamente tras la recolección (1 kg) Durante el desarrollo del fruto (1 kg)
Estiércol de granja	100 kg	Inmediatamente tras la recolección (100 kg)
Sulfato de cinc	250 g	En floración la totalidad
Sulfato de cobre	75 g	En floración la totalidad
Sulfato ferroso	250 g	En floración la totalidad
Sulfato de manganeso	150 g	En floración la totalidad
Ácido Bórico	75 g	En floración la totalidad

Nota.- Macronutrientes y estiércol al suelo, Micronutrientes por aspersión foliar

Durante el desarrollo del fruto:

K – 1,0 kg

## 8. Filipinas (Mango Production Guide, sin fecha)

Árboles jóvenes:

1. Un año de edad – 100g/planta de urea (aplicaciones repartidas al comienzo y al final de la estación lluviosa) o 20g de estiércol +100 g de urea por planta. El fertilizante debe colocarse alrededor del tronco en un surco estrecho construido al efecto

3. Dos años de edad - 200 g de urea/planta (aplicaciones partidas) o 500 g de estiércol+ 200 g de urea.

4. Tres años de edad - 300 g/planta de triple 14 (aplicaciones partidas) o 1-2 kg de estiércol + 300 g de triple 14/planta.

5. Cuatro años de edad – 400 - 500 g triple 14 (aplicaciones partidas) o 2-3 kg de estiércol + 400 - 500g de urea/planta.

Árboles adultos:

Cantidades recomendadas para árboles en producción en ausencia de análisis de suelo y foliares.

Edad del árbol (años)	Cantidad de abono por árbol
5-6	0,5-1 kg Triple 14 o 3-4 kg estiércol + 0.5-1kg Triple14
7-8	2 kg Triple 14 or 4-5 kg estiércol + 2 kg of Triple 14
9-10	3 kg Triple 14 or 5-6 kg estiércol + 3 kg Triple 14
11-15	5 kg Triple 14 or 5-6 kg estiércol +10 kg Triple14
16-20	6-7 kg Triple 14 +12 kg estiércol
>20	10 kg Triple 14 +10 kg estiércol

Momento de aplicación: Aplicar el total al comienzo de la estación lluviosa o bien repartido, la mitad al comienzo de los días lluviosos y la otra mitad poco antes del final de la estación lluviosa.

Se recomienda también la aplicación de fertilizantes foliares durante la floración como suplemento para un óptimo crecimiento. Se utilizan tanto diversos abonos foliares conteniendo NPK así como elementos tales como calcio, magnesio, boro y cinc.

#### **9. Correcciones de deficiencias en el suelo en diferentes**

Las deficiencias de hierro y cinc en suelos alcalinos son comunes en suelos en algunos climas subtropicales tales como en Israel o en las Islas Canarias (Galán Saúco, 2008) y se corrigen generalmente con aportaciones de quelatos de hierro o de zinc sulfato de cinc en la forma que se indicó anteriormente en el caso de Israel. De acuerdo con la respuesta señalada en la encuesta de nutrición dada pro Puerto Rico para evitar estas deficiencias es deseable tener un contenido foliar de 200 ppm de Fe y 75 ppm de Zn. Otras deficiencias que son frecuentes en suelos alcalinos son las de manganeso y boro. Esta última puede corregirse fácilmente por medio de una aspersion foliar de ácido bórico al 0,2 – 0,3 % aplicada ligeramente antes de la floración lo que, a su vez, favorece la aparición de un mayor número de flores hermafroditas, usualmente asociadas a este elemento, (Silva *et al.*, 2002).

### **Análisis foliar**

#### **Revisión general**

El análisis foliar es la herramienta más útil para el establecimiento correcto de un plan de abonado. Sin embargo, dado que las concentraciones foliares de nutrientes varían no solo según cultivares sino también dependiendo de diferentes factores relacionados tanto con la hoja muestreada (edad, posición, orientación) como con la fase fenológica se encuentran diferencias en cuanto a los niveles señalados por diferentes autores como apropiados para el mango (véase tabla 2). Por ello, estos valores deben ser solo tomados como indicativos ya que pueden variar según el lugar, tipo de suelo y cultivar. De hecho, en Sudáfrica, por ejemplo (véase tabla 3) los valores recomendados para algunos cultivares son mayores o menores que la mayoría de los valores indicados y lo mismo puede verse en las recomendaciones de Australia para el contenido foliar de N (véase tabla 4). También se han publicado recomendaciones sobre niveles óptimos de nutrientes en hoja dependiendo del tipo de suelo (véase tabla 5). Pese a estas diferencias, de forma general los valores publicados por Quaggio (1996) (véase tabla 6) como resumen de las diferentes referencias bibliográficas que indican los rangos apropiados para el contenido foliar en nutrientes del mango en diversos cultivares y emplazamientos nos permiten utilizar estos datos para obtener recomendaciones generales para un programa de abonado del mango basado en el análisis foliar.

Pese al gran valor del análisis foliar, los resultados de la encuesta de nutrición muestran que algunos países como India, Israel, Filipinas o Tailandia no señalan el uso del análisis foliar como principal herramienta para establecer un programa de abonado, prefiriendo otras como el análisis, de suelo, las extracciones de nutrientes o las recomendaciones tradicionales como base para el mismo (véase Anejo 4). Con pocas excepciones, la mayoría de los países que utilizan el análisis foliar como herramienta principal para establecer sus planes de abonado señalan valores para las concentraciones de nutrientes en hoja similares a los señalados por Quaggio en 1996 (véase tabla 5). Entre las escasas excepciones importantes son las de Taiwán que señala valores más elevados de N y K, Tailandia con valores más altos para el contenido foliar de Mn, Costa de Marfil, con menores valores de Mg y Ca y México que señal valores menores de calcio (véase

Anejo 5). Una posible explicación para el caso de Taiwán, Tailandia y Costa de Marfil podría radicar en el hecho de utilizarse en dichos países cultivares diferentes a aquellos de origen en Florida cultivados en diferentes países de Latinoamérica. La discrepancia en el caso de México se podría deberse al hecho de que los datos reportados en la encuesta son valores experimentales lejos de los normalmente recomendados en aquel país (Medina Méndez et al., 2014). Valores similares a los señalados por Quaggio son también utilizados por la compañía de fertilizantes Yara (sin fecha) como rango adecuado de macro y micronutrientes con la única excepción notable para el Mn (60-500) y el Zn (50-119) con valores más altos para el límite superior del rango en línea con los indicados por otros autores (véase tabla 2). Los valores señalados por la compañía de fertilizantes Haifa (sin fecha) para árboles muy productivos pueden también ser de gran valor para el establecimiento de un programa de abonado del mango (véase tabla 7)

Tabla 2. Niveles de nutrientes señalados como adecuados para el mango.

Elemento	Florida (1)	Florida (2)	India (3)	India (4)	India (5)	Brasil (6)	Aust. (7)	SA. (8)	SA. (9)
N (%)	1,54	1,0-1,5	1,00	1,23	1,18	1,2-1,4	1,0-1,5	1,25-1,40 <sup>c</sup> 1,25-1,50 <sup>d</sup>	1,0-1,2
P (%)	0,05	0,08 - 0,175	0,10	0,06	0,08	0,1 - 0,25	0,08-0,175	0,09-0,11	0,1-0,2
K (%)	0,97	0,3-0,8	0,50	0,54	0,52	1,0 - 1,2	0,3-1,2	0,8-1,0	0,8-1,2
Ca (%)	0,91	3,0-5,0	1,50	1,71			3,0-3,5 <sup>a</sup> 3,5-5,0 <sup>b</sup>	2,0-2,8	2,0-3,3
Mg (%)	0,26	0,15-0,40	0,15	0,91		0,3 - 0,6	0,2-0,4	0,2-0,35	0,2-0,3
S (%)			0,50	0,12			0,2-0,4		0,1-0,2
Fe(ppm)				171			50-100	70-100	120-900
Mn(ppm)				66			60-500	60-200	175-450
Zn (ppm)				25			20-150	20-100	30-75
Cu (ppm)				12			10-20	10-20	9-18
B (ppm)							70-200	30-100	40-80
Mo (ppm)									0,3-0,6

(1) Smith y Scudder (1991); (2) Young y Koo (1969); (3) Kumar y Nauriyal (1977);

(4) Bhargawa y Ghadha(1988); (5) Biswas et al., (1987); (6) Hiroce (1983);

(7) Reuter y Robinson (1986); (8) Tomlinsom y Smith (1998); =Osthuiyse (1998)

Aust. =Australia; SA. = Sudáfrica(a) Suelos ácidos;

b = Suelos alcalinos; c = Árboles jóvenes; d = Árboles adultos (>10 años)

Tabla 3. Niveles de nutrientes recomendados en Sudáfrica para dos cultivares diferentes (Mckenzie, 1995)

Cultivar	Nitrógeno (%)	Potasio (%)	Calcio (%)
Kent	1,16 – 1,45	0,39 – 0,87	1,18 – 2,17
Sensation	0,78 – 1,00	0,27 – 0,85	1,55 – 2,07

Table 4. Niveles foliares de N sugeridos para diferentes cultivares en Australia (Anon., 2017.)

Cultivar	Nivel foliar óptimo para nitrógeno (%)
Kensington Pride	1,1 – 1,3
R2E2	1,3 – 1,4
Honey Gold	1,3 – 1,4
Calypso	1,0 – 1,5
Keitt	1,0 – 1,2
Otros –Cultivars asiáticos	1,2 – 1,4

Tabla 5. Rango de nutrientes para hojas sanas de mango en diferentes suelos de Florida (Crane, 2019).

Elemento	Unidad	Suelo cálcico	Suelo ácido	Suelo húmico
N	%	1,0-1,5	1,0-1,8	1,4
P	%	0,09-0,18	0,08-0,19	0,11
K	%	0,5-1,0	0,5-1,1	0,9
Ca	%	3,0-5,0	2,0-3,5	2,8
Mg	%	0,15-0,47	0,25-0,38	0,17
B	ppm	24-54	12	17
Fe	ppm	38-120	51	59
Mn	ppm	92-182	77	80
Zn	ppm	101-119	79	84
Cu	ppm	28-35	43	28

Table 6. Rango de valores deficiente, apropiado y excesivo para el contenido foliar de nutrientes en mangos (Quaggio, 1996).

Nutrient	Deficiente (1)	Apropiado (2)	Excesivo (3)
N (%)	< 0,8	1,2-1,4	> 1,6
P (%)	< 0,05	0,08-0,16	> 0,25
K (%)	< 0,25	0,5-1,0	> 1,2
Ca (%)	< 1,5 (*)	2,0-3,5	> 5,0
Mg (%)	< 0,1	0,25-0,5	> 0,8
S (%)	<0,05	0,08-0,18	> 0,25
B (ppm)	< 10	50-100	> 150
Zn (ppm)	< 10	20-40	> 100
Mn (ppm)	< 10	50-100	No determinado
Fe (ppm)	< 15	50-200	No determinado
Cu (ppm)	< 5	10-50	No determinado
Cl (ppm)	No determinado	100-900	1.600

(1) Valores por debajo de los que se han señalado síntomas carenciales o desórdenes fisiológicos.

(2) Valores obtenidos en huertos de mango sanos y muy productivos con frutos de buena calidad.

(3) Valores obtenidos en casos de toxicidad observada o potencial.

(\*) Sin síntomas de deficiencia, pero en huertos en que se ha observado frutos de mala calidad.

Tabla 7. Niveles de nutrientes encontrados en árboles muy productivos de mango (%) (Haifa, sin fecha)

Cultivar	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Kent, Smith	1,28	0,119	0,5
Dashehari	1,33		
Haden	1,29	0,134	0,59
Niveles deseables	1,32	0,12	0,5

#### Técnicas de muestreo. -

La gran mayoría de los investigadores indican que las hojas más apropiadas para determinar el estado nutricional de un árbol de mango son las hojas maduras procedentes del último flujo de crecimiento tomadas uniformemente de todas las direcciones y alturas del árbol. Estos brotes están generalmente próximos al momento de la floración, momento en que los contenidos de nutrientes están más estabilizados (Silva et al., 2002). No

obstante, existen algunas diferencias en cuanto al momento fenológico más apropiado para el muestreo. Así, en Australia se recomienda la toma de muestra de hojas dos veces al año, una en postcosecha y la otra 1-2 meses antes de la floración (QDAF, 2015). Por el contrario, en los subtrópicos y también en algunos países latinoamericanos las hojas se muestrean solo al final de la floración (Galán Saúco, 2008; Anon., 2009), aunque Oosthuysen (1997 a y b) en Sudáfrica pone en duda la idoneidad de este momento ya que debido al rápido crecimiento que los frutos experimentan en ese momento se producen fluctuaciones importantes del contenido de nutrientes en las hojas. De acuerdo con ensayos efectuados en Hainan, China, los contenidos foliares de N, P y K y también los de Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn y B no siguen la misma pauta variando de forma distinta para cada nutriente a lo largo de las diferentes fases del ciclo de crecimiento del mango, siendo además variables según el emplazamiento (Xiao-Tian et al, 2013; Ningning et al., 2010).

Un claro ejemplo de la variación en el contenido foliar de nutrientes puede observarse en la información enviada desde India como respuesta a la citada encuesta de nutrición (véase Anejo 6). Los recientes trabajos efectuados en Nayarit, México también indican que el periodo en el que la concentración de nutrientes presenta la menor variación cambia según el cultivar definiendo el periodo apropiado para el muestro foliar (ALSP) dependiendo del flujo vegetativo que se considere, primavera (SpVF), verano (SuVF) u otoño (AVF). En ‘Ataulfo’, el ALSP para las brotaciones SpVF y SuVF fue entre 9 y 11 y 3,3 a 5,3 meses de edad de la hoja, respectivamente; en ‘Kent’ este periodo fue entre 8 y 10,5 para SpVF y 3,2 a 5,0 meses para SuVF y en ‘Tommy Atkins’ este correspondió a hojas entre 8,7 a 12,2 meses de edad para SpVF y entre 8,6 y 9,4 meses de edad para AVF. La absorción de nutrientes por los tejidos de la planta también resulta afectada por las condiciones ambientales (véase tabla 8). El resultado de estos estudios obliga obviamente a la obtención de información específica para cada cultivar y emplazamiento y complica la interpretación del análisis foliar.

Debe tenerse cuidado en las plantaciones donde se apliquen nitratos para inducir la floración, en cuyo caso deben tomarse las muestras antes de la aplicación de los mismos para evitar las lógicas alteraciones de los niveles de nutrientes provocadas por estas aplicaciones. Este problema no ocurre en los subtrópicos ya que, debido a la inducción por bajas temperaturas no se necesita aplicar nitratos para conseguir la floración. También hay algunas discrepancias en relación a la posición de la hoja a muestrear dentro del brote. Chadha et al, (1980) en la india recomienda el muestreo de hojas de la mitad del brote, mientras que Abercrombie (1998) en Sudáfrica prefiere el uso de las hojas más bajas del brote y en Australia se recomienda el muestreo de la 3ª o 4ª hoja por debajo del ápice (Catchpole y Bally, 1995; Meurant et al., 1997; QDAF, 2015).

Table 8. Factores ambientales que afectan a la absorción de nutrientes en el mango (Huete y Arias, 2007)

Factor ambiental	Disminuye la concentración en tejido de los elementos indicados
Suelos ácidos	N P Ca Mg Mn Mo
Suelos alcalinos	P K Mn Zn B
Suelos con baja cantidad de materia orgánica	Zn B Cu S
Sequía	N Mn B
Suelos compactados	N P K Ca Mg Mn Mo Zn B Cu S Fe
Enfermedades	N Mg
Alta intensidad lumínica	B

Normalmente se toman 4-5 hojas por árbol procedentes de 10-20 árboles adultos por ha bien distribuidos en la plantación, pero según indican Koo y Young, (1972) puede bastar con 4-5 árboles y un total de 20-30 hojas. Las muestras no deben tomarse de brotes enfermos ni de aquellos con un estado fenológico diferente del resto de la copa. Esto último es de especial relevancia en climas tropicales donde pueden ocurrir fenómenos de erratismo y como además pueden obtenerse distintos resultados según la estación (Rajput *et al.*, 1985), el muestreo, o los muestreos si se hacen más de uno al año, debe siempre realizarse en las mismas épocas del año en cada plantación.

#### Interpretación del análisis foliar

Aunque los contenidos de nutrientes en hojas encontrados en el análisis foliar se usan de forma generalizada para el establecimiento de un programa de abonado en muchas plantaciones de mangos, algunos investigadores indican que no siempre hay una buena correlación entre estos niveles y el rendimiento y que el balance y las relaciones cuantitativas entre nutrientes son de mayor valor que los niveles de cada nutriente en particular (Stassen *et al.*, 1997a and b). De hecho, muchas de las respuestas recibidas de la encuesta de nutrición indican la importancia de estas relaciones (véase anejo 7). Una de la más mencionadas es la relación N/Ca. Un alto contenido en N y un bajo nivel de Ca favorece la incidencia de la descomposición interna de la fruta, reduce la vida de anaquel y puede afectar negativamente la calidad de la fruta reduciendo el contenido en azúcar y el color, causando además una madurez heterogénea. Para estar en el lado seguro en la respuesta de D. J. Silva (Universidad Federal del Valle de San Francisco, Brazil) se recomienda mantener el valor de N/Ca inferior a 0,5 para los cultivares de Florida lo que coincide con lo señalado en la encuesta de Egipto para diferentes cultivares y también con lo señalado por Cracknell Torres *et al.* (2003). Una influencia positiva de la relación Mg/B sobre el cuajado se señala en la encuesta de Taiwán. En la encuesta de Guatemala también se indica una influencia positiva de las relaciones Ca/N, Ca/K, N/Mg sobre la inducción floral. En la encuesta de Costa Rica se señalan los siguientes valores óptimos para algunas relaciones entre nutrientes: Ca +Mg/K = 10-40; Ca/Mg = 2-5; Ca/K = 5-25; Mg/K = 2,5-15, mientras que en la de Colombia se indican como valores adecuados los siguientes: Ca/Mg = 3-6; Ca/K = 15-30; Mg/K = 010-15, (Ca+ Mg)/K = 5-15 que difieren algo de los indicados en el caso de Costa Rica.

Un método alternativo para interpretar el análisis foliar es el uso del Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendaciones - DRIS (*Diagnosis and Recommendations Integrated System*) – que evalúa el estado nutricional en base al equilibrio entre nutrientes. El sistema DRIS trata de las relaciones entre las concentraciones de nutrientes en vez de considerar los valores individuales de los mismos. Este sistema también proporciona un medio de identificación simultánea de desequilibrios, deficiencias y excesos de nutrientes clasificándolos en orden de importancia (Walworth and Summer 1986). Oosthuysen (2000 b and c), a su vez, señala que los niveles adecuados de nutrientes para mangos no solo deben establecerse para cada cultivar y emplazamiento sino que también deben establecerse separadamente las correlaciones entre estos niveles y sus deseados efectos sobre diversos fenómenos como la mejora de la floración, cuajado, resistencia a enfermedades, contenido en sólidos solubles totales y otros aspectos importantes para el mango para así poder realizar ajustes específicos en el programa de abonado de cara a obtener el objetivo deseado. Sin embargo, Bally (2009) indica que los resultados del uso de este sistema en mangos no siempre han tenido como resultado un aumento del

rendimiento y de hecho se ha señalado también que las normas DRIS varían en función del cultivar y del emplazamiento, no siendo totalmente independientes de la edad del tejido muestreado (Raj and Rao, 2006). Raghupathy et al (2004) en un trabajo en la India con los cultivares Alphonso y Totapuri encontró ‘que es imposible diagnosticar el desequilibrio de un nutriente de forma aislada puesto que un gran número de ellos aumentan o disminuyen conjuntamente su concentración. Hundal et al (2005) estudiando el estado nutricional de los árboles de mango en diferentes plantaciones del área submontañosa del Punjab estableció los rangos de suficiencia de nutrientes en base al sistema DRIS (tabla 9), aunque no indicó para qué cultivares. Los valores reportados por este último autor no difieren mucho, particularmente para algunos nutrientes de los valores estándar (tabla 9).

Tabla 9. Comparación entre los valores estándar y los rangos de suficiencia de nutrientes derivados del Sistema DRIS.

Elemento	Rango de suficiencia derivados del sistema DRIS (Hundal et al., 2005)	Rango estándar (Reuter y Robinson (1986)
N (%)	0,92-1,37	1.0-1,8
P (%)	0,08-0,16	0,08-0,18
K (%)	0,21-0,44	0.30-1.20
Ca (%)	1,71-3,47	3.0-5,0
Mg (%)	0.15-0.37	0,20-0,40
S (%)	0,09-0,19	-
Zn (ppm)	11-19	20-150
Cu (ppm)	1-6	10-20
Fe (ppm)	63-227	70-220
Mn (ppm)	87-223	60-500
B (ppm)	16-44	50-100

Pinto (2002), citado por Silva et al, (2012) en Brasil estableció, a través del cálculo del Índice de Balance Nutricional (IBN) y la interpretación de los índices DRIS establecidos para cada huerto por el Método de Respuesta Potencial a la fertilización (Wadt,1996), las normas DRIS sobre la secuencia de limitación de elementos que pueden observarse en la tabla 10.

Table 10: Normas DRIS sobre la secuencia de limitaciones a deficiencias o exceso de nutrientes

Huerto	Secuencia de limitaciones a deficiencias de nutrientes	Secuencia de limitaciones a excesos de nutrientes
Alta productividad	Mg>Cu=k=Fe>Ca=B>Mn=ZN=P	Fe>K=Mg=Cu=Zn>Ca=B>Mn>N=P
Baja productividad	B>Cu=Zn>Ca>N>Fe>Mn>P>K=Mg	Fe>P>Cu>Zn>Mn=K>B>Mg>N>Ca

Los resultados más relevantes obtenidos por medio del Sistema DRIS derivan de la aplicación de las consideraciones sobre el nutriente más limitante. En un experimento realizado por Bhupal y Rao (2006), la productividad media en todas las condiciones evaluadas aumentó en plantaciones jóvenes de mango, siendo un 20% mayor cuando se

aportó el nutriente más limitante, con una respuesta promedio del 45% para el cinc y del 32% para el Ca. En árboles adultos de mango el aumento de la productividad media fue también mayor del 20% para la mayoría de los nutrientes evaluados llegando al 34 % para el Ca y al 33% para el N.

Las recomendaciones para la fertilización basadas en la determinación del estado nutricional obtenido a partir de índices DRIS han tomado cada vez más importancia como un medio de conocer la respuesta potencial a un fertilizante. La cuantificación en base a este criterio de los nutrientes recomendables varía en función de la productividad y del estado nutricional determinado por el sistema DRIS en conjunción con la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Las recomendaciones actuales para un abonado con N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O en Kg/ha en el caso de una situación nutricional equilibrada en función del rendimiento, contenido foliar de N y disponibilidad de P y K en el suelo han sido determinadas por Silva et al., (2004) y pueden verse en la tabla 11. El mismo autor, en una reciente publicación (Silva et al. 2012), adaptando datos de su trabajo anterior Silva et al, (2004) resume también las recomendaciones de nitrógeno, fósforo y potasio en Kg/ha para ‘Tommy Atkins’ en Brasil en función de la disponibilidad de nutrientes en el suelo, del rendimiento del huerto y del estado nutricional determinado por el sistema DRIS en 5 clases: gran deficiencia, moderada deficiencia, nutrición equilibrada, exceso moderado y exceso del elemento considerado. Según comunicación personal en 2019 del mismo autor EMBRAPA continúa realizando en la actualidad estudios sobre la fertilización en mango basados en el sistema DRIS para diferentes cultivares y nutrientes, pero al momento de escribir este informe aún no han sido publicados.

Tabla 11. Cantidades recomendadas de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (\*) y K<sub>2</sub>O in Kg/ha en función del rendimiento y contenido foliar (Silva et al (2004).

Rendimiento esperado (t/ha)	N foliar (g/kg <sup>-1</sup> )				P (suelo) (mg dm <sup>-3</sup> )				K (suelo) (cmol dm <sup>-3</sup> )			
	<12 >16	12-14	14-16	0	<10 >40	10-20	21-40	0	>0,16 >0,45	0,16-0,3	0,3-0,45	0
<10	30	20	10	0	20	15	8	0	30	20	10	0
10-15	45	30	15	0	30	20	10	0	50	30	15	0
15-20	60	40	20	0	45	30	15	0	80	40	20	0
20-30	75	50	25	0	65	45	20	0	120	60	30	0
30-40	90	60	30	0	85	60	30	0	160	80	45	0
40-50	105	70	35	0	110	75	40	0	200	120	60	0
>50	120	60	40	0	150	100	50	0	250	150	75	0

(\*) Los autores recomiendan el uso de superfosfato de calcio para incorporar mayores cantidades de calcio a las plantas, pero también indican que ello puede también conseguirse aplicando nitrato cálcico para inducir la floración.

En relación a los restantes nutrientes la mejor recomendación es la de ajustar el programa de abonado de forma tal que los niveles foliares de los mismos se mantengan cercanos a los niveles óptimos estándar evitando cualquier descenso notable de los mismos.

En resumen, el uso del sistema a DRIS permite evaluar el estado nutricional de una plantación comparando los valores del análisis foliar de un elemento con los valores de los restantes elementos. Por medio de este sistema es posible determinar que nutrientes

está en exceso o en deficiencia. Cuando un nutriente está en exceso/deficiencia, su relación con otros nutrientes presenta una desviación positiva/negativa. Los nutrientes que no presentan una gran deficiencia muestran menores valores negativos y, por el contrario, aquellos que están en gran exceso muestran mayores valores positivos. La suma de todas las desviaciones de un nutriente dado en relación con los restantes constituye el índice DRIS de este nutriente. La suma de todos los índices de los nutrientes, independientemente de sus valores positivos o negativos constituye el Índice de Equilibrio Nutricional NBI – (Nutritional Balance Index) – y cuanto menor/mayor sea el NBI mejor nutrida está la planta y mayor/menor es su potencial de producción.

El principal problema para el uso del sistema DRIS consiste en la necesidad de realizar un gran número de análisis foliares representativos de plantaciones de gran productividad y del gran número de cálculos necesarios para realizar una interpretación correcta de los mismos lo que no está al alcance de muchos productores de mangos, especialmente en el caso de pequeñas plantaciones. Probablemente por ello, el único país, aparte de Brasil, que en las encuestas realizadas para este estudio menciona el uso del sistema DRIS, es Indonesia.

### Extracciones de nutrientes

El mango extrae no solo importantes cantidades de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio y también pequeñas cantidades de otros elementos. Por ello es necesario conocer las cantidades de estos nutrientes extraído por kg de producción para establecer un programa de abonado adecuado durante la fase de producción. Esto no es una tarea muy fácil ya que los resultados indicados en literatura reflejan importantes diferencias en las extracciones de nutrientes dependiendo de los cultivares y del emplazamiento (condiciones de suelo y de clima, particularmente de temperatura), prácticas culturales y edad de los árboles (Catchpoole y Bally 1995, Silva et al. 2002, Stassen et al. 1997; Fallas et al., 2010). Un ejemplo de estas variaciones puede verse en la tabla 12.

Tabla 12.- Extracciones de nutrientes en mango por ton of fruta fresca producida

Nutriente/Cv	Haden (1)	Haden (2)	T.A (1)	Extrema (2)	Carlota (2)	Jinhung(*) (3)	T.A (4)	Keitt (4)
N (Kg)	0,86	1,22	2,01	1,18	1,45	5,46	1,07	1,06
P (Kg)	0,17	0,26	0,47	0,17	0,18	0,57	0,20	0,12
K (Kg)	1,84	1,81	1,43	1,84	2,30	4,62	1,54	1,59
Ca (Kg)	1,17	0,15	1,25	0,15	0,15	2,69	0,29	0,14
Mg (Kg)	0,52	0,17	1,09	0,19	0,17	0,40	0,19	0,15
S (Kg)		0,17		0,17	0,17	0,33	0,07	0,09
Mn (g)	23,6	23,0	14,3	3,8	4,3	400	3,5	2,1
B (g)	2,13	0,90	3,62	0,80	0,80	7,20	0,7	1,6
Zn (g)	5,63	1,30	5,30	1,50	1,50	9,43	1,20	0,97
Cu (g)	8,63	1,50	8,0	1,50	1,50	2,90	1,10	0,90
Fe (g)	3,26	3,40	10,12	3,90	3,40	51,62	8,50	2,50
País	Venez.	Brasil	Venez.	Brasil	Brasil	China	México	México

(1) Laborem *et al.*, 1979.

(2) Hiroce *et al.*, (1977)

(3) Ninging *et al.*, 2011

(4) Fallas *et al.*, 2010

(\*) Incluye. Fruta cosechada (50,70%), hojas de la poda (22,31%), flores y pedúnculos (17,17%), ramas de la poda (8,64%) y frutos caídos (1,26%).

T.A. = Tommy Atkins; Venez. = Venezuela

Es interesante tener en cuenta que el contenido de calcio de los frutos de plantaciones efectuadas en Venezuela en suelos alcalinos ricos en calcio es mucho más elevado que el de los huertos de Brasil lo que es de especial relevancia dado que la incidencia de la descomposición interna reportada en Venezuela es menor que la indicada en Brasil (Quaggio, 1996, cited by Silva, et al., 2002). Las diferencias en la extracción de nutrientes entre 'Sensation' en Sudáfrica (Stassen et al, 1997a) y 'Kensington' en Australia (Catchpole y Bally (1995) indican también el diferente comportamiento de distintos cultivares al respecto. Los principales nutrientes extraídos por 'Sensation' fueron Ca y K, mientras que en el caso de 'Kensington' hubo una mayor extracción de N y K y luego Ca. Es también de interés observar que, según estudios realizados en Sudáfrica con el cultivar Sensation (Stassen et al, 2000), el contenido de los frutos en nitrógeno, magnesio y calcio disminuye con la edad de la planta, si bien esta disminución es más acentuada en el caso del calcio, lo que puede tener una clara influencia en la susceptibilidad a la descomposición interna de la fruta, aunque este tema no ha sido estudiado para otros cultivares y/o emplazamientos. Los resultados de la encuesta efectuada para este informe también indican grandes variaciones en cuanto a las extracciones de cosecha (véase Anejo 8).

Como puede observarse en la tabla 12 al comparar las extracciones efectuadas por una planta de mango, las extracciones de nutrientes no dependen solo de la producción de fruta, sino también de los frutos caídos y, especialmente, de las hojas y ramas cortadas durante la poda. Ello explica que las recomendaciones dadas por Cruz-Barron et al., (2013) para las necesidades en macronutrientes del mango 'Ataulfo' en Kg/ton de fruta cosechada manejado con podas anuales o bianuales (N, 4.19; P, 0.79; K, 7.19; Ca, 3.67; Mg, 0.93) sean mucho mayores que los macronutrientes extraídos por los frutos (N, 1.42; P, 0.27; K, 2.90; Ca, 0.60; Mg, 0.45).

Es también importante tener en cuenta la existencia de otras pérdidas de nutrientes, que varían de lugar a lugar según las condiciones ambientales pero que, como se indica en Australia (QDAF, 2015), 30-50% de N puede perderse por lixiviación, 50-100% de P por fijación al suelo, 20-30% de K y Mg por lixiviación, 5-20% de Ca y S por erosión del suelo o por escorrentía y hasta un 60% de B también por lixiviación.

A tenor de todo lo expuesto en esta sección, resulta evidente que no pueden darse reglas generales para determinar las extracciones de nutrientes en mango y que estas deben ser determinadas para cada plantación y cultivar. Pese a ello, en el anexo 4 se da un ejemplo, en base a lo indicado en la encuesta de Filipinas del uso de las extracciones de cosecha para el establecimiento de un programa de abonado del mango.

## **Papel de los distintos nutrientes en el mango y modos de aplicación de los mismos**

### **Introducción**

La acción de los diferentes nutrientes sobre el aumento del rendimiento en mango y en numerosos otros cultivos ha sido ampliamente documentada por distintos autores, pero, como principal fuente de información para esta sección, utilizaremos la excelente revisión efectuada por Bally (2009) complementada con las recientes recomendaciones indicadas en Australia por el Departamento de Agricultura y Pesca de Queensland (QDAF, 2015). Pero una rápida visión del papel de los diferentes nutrientes en las diferentes fases del ciclo del mango se expone en la tabla 13 en base a una recopilación de estas funciones efectuadas por la compañía de fertilizantes Yara.

Aunque según QDAF (2015) los 4 nutrientes más críticos para el mango son N, K, Ca and B, seguiremos en este informe la clásica división en macro y micronutrientes.

Tabla 13.- Acción de los nutrientes a lo largo del ciclo fenológico del mango (fuente: Yara, sin fecha)

Elemento	Crecimiento vegetativo a prefloración	Floración	Desarrollo del fruto	Poscosecha
N	Reactiva y promueve un rápido crecimiento de nuevos tejidos.	Mantiene el crecimiento de la planta y maximiza la floración	En pequeñas cantidades conjuntamente con altas dosis de K para mantener el crecimiento	Para fabricar las reservas necesarias para el nuevo crecimiento
K	Reactiva y promueve un rápido crecimiento de nuevos tejidos		Para obtener una Buena calidad de la fruta	Para fabricar las reservas necesarias para el nuevo crecimiento
Ca	Aumenta el crecimiento de raíces y hojas proporcionando una buena base para obtener un elevado rendimiento	Maximiza el cuajado y un crecimiento vigoroso de los nuevos tejidos	Para ayudar a mejorar la consistencia calidad y vida comercial del fruto	Para revitalizar el enraizado y asegurar una buena disponibilidad del mismo para la siguiente estación
P	Aumenta el crecimiento de raíces y hojas proporcionando una buena base para obtener un elevado rendimiento	Para favorecer una Buena floración		Para revitalizar el enraizado y asegurar una buena disponibilidad del mismo para la siguiente estación
Mg	Aumenta la producción de clorofila y un buen crecimiento foliar		Para un sano crecimiento de la hoja	
B	Para maximizar la floración	Para mantener el crecimiento y desarrollo de flores y un buen cuajado		
Zn	Para maximizar la floración	Para mantener el crecimiento y desarrollo de flores y un buen cuajado		
Fe	Para asegurar la brotación y crecimiento de los brotes vegetativos	Para mantener el crecimiento y desarrollo de flores y un buen cuajado		
Otros micronutrientes	Para asegurar la brotación y crecimiento de los brotes vegetativos			

## Macronutrientes

### Nitrógeno.-

Al igual que para muchos otros cultivos, el nitrógeno es el elemento más importante para el mango debido a su influencia en el crecimiento vegetativo, floración, rendimiento y calidad de la fruta y, se conoce desde hace mucho tiempo que su concentración en los tejidos de la planta influye notablemente sobre la concentración y acción de otros nutrientes. El N es el componente fundamental de la molécula de 22 de los 23 aminoácidos existentes constituyendo por ello parte de casi todas las proteínas. El N es también el principal componente de la clorofila, teniendo por ello una influencia directa en la fotosíntesis. El N es absorbido por las raíces preferentemente como  $\text{NO}_3^-$ , pero también en forma  $\text{NH}_4^+$ , e incluso puede ser absorbido por las hojas como amonio ( $\text{NH}_3$ ), urea y aminoácidos. El nitrógeno es lixiviado fácilmente por exceso de riego y lluvia, especialmente en suelos arenosos o de bajo contenido en materia orgánica.

El efecto positivo del N en el abonado del mango fue claramente indicado en Florida por Young et al., (1962) al observar que los mangos creciendo en suelos profundos, ácidos y arenosos aumentaban notablemente su rendimiento tras fuertes aportaciones de nitrógeno y posteriormente (Young y Koo, 1974) en otro experimento en suelo arenoso que los cultivares Parvin y Kent mostraron un aumento significativo de su rendimiento durante el promedio de 4 años tras triplicar las cantidades de nitrógeno y potasio aportadas. También encontraron en este experimento una buena correlación entre los tratamientos aplicados y las concentraciones de N y K, observando que los niveles foliares de estos elementos disminuían tras una abundante cosecha.

Los síntomas típicos de la deficiencia de nitrógeno, amarilleamiento general que ocasiona pérdida de vigor y ralentización del crecimiento no son diferentes en el caso del mango de los de otras muchas plantas. El amarilleamiento de las hojas viejas precede al de las hojas más jóvenes debido a la movilidad del nitrógeno. A medida que la deficiencia aumenta la totalidad de la hoja e incluso las nerviaciones amarillean. Rara vez se ha observado en mangos una toxicidad directa por exceso de N, pero las elevadas concentraciones de este elemento causan la aparición de un color verde oscuro en las hojas y un vigor excesivo en detrimento de la floración y del rendimiento (Tiwari y Rajput, 1976; Scholefield et al, 1986, Nguyen et al., 2004 et passim) y contribuye a la aparición de problemas de descomposición interna de la fruta (Galán Saúco, 2009).

La principal acción del nitrógeno en el mango es la estimulación de la brotación vegetativa y de la floración, aunque cuando el contenido foliar de N es elevado se favorezca el crecimiento vegetativo sobre la floración, También se ha descrito su efecto sobre el aumento del cuajado y retención de fruta, aumento del peso de fruta y del rendimiento (varios autores citados por Bally, 2009). Si bien aportaciones elevadas de nitrógeno pueden también disminuir el efecto del quemado de la fruta por el sol pueden también afectar negativamente la calidad de la fruta ocasionando no solo la reducción del brillo y la vivacidad del color amarillo de la epidermis del fruto maduro, así como reducir el porcentaje y la intensidad de la chapa de color rojo y, especialmente si se aplica en cantidades excesivas durante la fase de floración a cosecha puede aumentar la sensibilidad a la aparición de la antracnosis durante la maduración (Bally et al, 2009). Debe también mencionarse el hecho de que en la respuesta de Sri Lanka a la encuesta sobre abonado del mango se indica que la aplicación de abonos ricos en N hace al fruto más sensible a daños por plagas y enfermedades lo que está en línea con lo indicado desde la isla de la Reunión acerca de que los árboles con un alto contenido de nitrógeno en hoja son generalmente

más susceptibles al ataque de cochinillas (*Ceroplastes* sp). En una de las respuestas de Brasil a la encuesta de abonado del mango (D. J. Silva de la Universidad Federal del Valle de San Francisco) se indica la necesidad de un equilibrio de la relación N/B ya que un exceso de N puede dificultar la absorción de B (véase Anejo 5).

Aunque generalmente se acepta como óptimo el contenido foliar de N entre 1,0 y 1,5 % (Robinson et al., 1997), es mejor, especialmente para cultivares sensibles a la descomposición interna mantener este valor inferior a 1,25 (Galán Saúco, 2009). Crane et al., (2009) en Florida señala además que los contenidos foliares mayores de 1,5%, pueden dar como resultado una floración muy escasa o inexistente y que es recomendable el uso de fertilizantes con bajo contenido en N para evitar un crecimiento excesivo y reducir los problemas de descomposición interna.

La acción del N en la estimulación de la floración es de especial relevancia para el cultivo del mango. Es un hecho bien conocido, indicado por numerosos autores (Mosqueda Vázquez and de los Santos, 1981; Núñez Elisea, 1986, 1988; Medina Urrutia, 1994 *et passim*), que las aplicaciones de 2-4 aspersiones foliares de  $\text{NO}_3\text{K}$  (1-10%),  $(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$  (2-4%),  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  (1-2%) o tiourea (0,5%) cada 10-14 días pueden estimular la floración de brotes maduros en árboles receptivos, siempre que la inducción floral de los terminales se haya previamente producido, En el caso de que la inducción no hubiera ocurrido solo se producirían brotes vegetativos ya que el efecto del anión  $\text{NO}_3$  consiste en estimular la iniciación del brote (vegetativo o floral y no determinar la morfogénesis de las yemas (Davenport, 2009). También se ha indicado que la aportación de nitrato potásico al suelo durante la fase de inducción floral aumenta tanto el porcentaje de brotes florales como la intensidad de la floración (Bondad and Linsangan, 1979; Sergent et al., 1989; Goguey, 1993b). Al respecto es interesante destacar que, en ausencia de bajas temperaturas que pudieran estimular la floración, se recomienda actualmente en Nayarit, México un práctica cultural para inducir la floración en terminales maduros de mango consistente en 2 aportaciones al suelo, espaciadas 15-20 días, de 3-7 kg (dependiendo del tamaño del árbol) de fosfonitrato o nitrato de amonio distribuido en 5-6 hoyos situados dentro del 50-75% de la zona de proyección de la copa, seguidos por un fuerte riego (Espinosa et al., 2006). Los autores de este trabajo recomiendan complementar esta práctica con aplicaciones adicionales de fósforo, potasio y microelementos, apuntando la hipótesis de que cuando el fertilizante se disuelve en el suelo puede originarse una reducción de la temperatura del suelo que pudiera generar un estímulo similar para la inducción floral que el ocasionado por bajas temperaturas ambientales.

Otra aplicación interesante sobre el cuajado y el rendimiento de la aportación de fertilizantes conteniendo N and K ha sido señalada por Oosthuyse, (1996). Según ensayos realizados en Sudáfrica las aspersiones foliares de Multi-K (13-0-46) al 2% o 4% aplicadas bien una sola vez en plena floración o 1 ó 2 veces durante la floración, la primera en el momento en que la inflorescencia comienza su desarrollo y la 2ª en plena floración, aumentan la retención de fruta sin disminución del tamaño de los frutos en el cultivar Tommy Atkins. En el caso de 'Haden' una sola aplicación al 4% de Multi-K fue el tratamiento más efectivo para aumentar la retención de fruta, pero en este cultivar si se produjo una disminución del tamaño de la fruta, pero también un aumento del rendimiento. Como resultado de estas experiencias las aspersiones foliares de Multi-K durante la floración a los árboles de los cultivares Tommy Atkins, Haden y Kent es ahora una práctica común en Sudáfrica (Haifa, sin fecha).

La aplicación de abonos nitrogenados aumenta la absorción de otros nutrientes, aunque si fuera excesiva o se aplicara en un momento inapropiado puede tener efectos negativos. Entre estos efectos negativos se encuentran el dirigir la translocación del Ca a las hojas en detrimento de la absorción por los frutos cuando se aplica durante el cuajado o la reducción del contenido de K y provocar un crecimiento foliar excesivo cuando se aplica en precosecha. En los casos de aplicación excesiva da lugar a la producción de frutos más blandos y verdes o con menor chapa en la madurez y más sensibles a pudriciones de postcosecha o a descomposición de la fruta (QDAF, 2015).

El nitrógeno se aplica mejor por medio de abonos disueltos en agua de riego bien a través de sistemas de goteo o microaspersión. Los fertilizantes de N más comunes son, nitrato potásico, nitrato cálcico, nitrato amónico, urea y sulfato amónico. En los suelos calcáreos de Florida las aplicaciones de urea al suelo no son efectivas y pueden dañar a las raíces, pudiendo además producirse importantes pérdidas de nitrógeno a la atmósfera en forma de amonio, (Crane, 2019). En suelos con un contenido en arcilla >20% deben evitarse las aportaciones excesivas de nitrato amónico, prefiriendo en su lugar la aportación de fertilizantes conteniendo  $\text{NO}_3^-$  ya que la absorción y fijación de  $\text{NH}_4^+$  por el complejo de cambio del suelo puede llevar a una pérdida posterior de la disponibilidad del N durante la fase de crecimiento del fruto, lo que es perjudicial para la calidad del fruto tanto en cuanto al color externo como en cuanto a la incidencia de la descomposición interna.

## Fósforo

El fósforo es parte de muchas moléculas importantes tales como DNA, RNA y de las involucradas en los procesos de respiración, fotosíntesis, y de muchas otras funciones esenciales para el crecimiento la planta. Este elemento está generalmente asociado a la producción de raíces y al vigor de las ramas y es importante para el desarrollo de la semilla y del fruto. Aunque no se han publicado trabajos sobre la acción directa del fósforo en el mango, se ha indicado que la aportación de fósforo en combinación con N and K aumenta el rendimiento (Samra y Arora, 1997). El papel de este elemento en los procesos reproductivos ha sido puesto de relieve de forma habitual en numerosos cultivos y particularmente en mangos (Singh, 1959; Singh, 1969), indicando Narwadkar y Pandey (1988) que la aplicación de fósforo durante los primeros momentos del cuajado es útil para reducir la alternancia ya que podría promover la aparición de nuevas brotaciones en primavera que luego podrían ser forzadas a florecer por medio de los tratamientos químicos usuales.

El fósforo está generalmente más disponible para las plantas en suelos con Ph 6-7, siendo muy móvil en la planta pero no en el suelo. Tanto la deficiencia como la toxicidad raramente se observan en el mango, pero varios autores citados por Bally (2009) describen los síntomas de deficiencia en el mango que aparecen inicialmente en las hojas viejas como el desarrollo de una coloración rojo-púrpura iniciada en el envés de las hojas, que se extiende luego a la totalidad de la hoja e incluso a las venas causando la rigidez de las hojas. La deficiencia de este elemento también restringe el desarrollo de las raíces y la absorción de agua y nutrientes reduciendo también el rendimiento y el tamaño del árbol y de los frutos (Stassen et al, (1999); Silva et al., 2002).

Excepto en los suelos muy pobres, no se aplican generalmente abonos fosforados en el mango, aunque alguno de los abonos normalmente utilizados en las plantaciones de mango contiene fósforo.

### Potasio

El potasio juega un importante papel en la expansión y desarrollo de las gruesas paredes celulares que aumentan la resistencia a plagas y enfermedades. Una de sus funciones más importantes es la de mantener la fuerza iónica del citoplasma (Leigh y Wyn Jones, 1984). También regula absorción de agua y la pérdida de la misma a través de las estomas, contribuyendo sustancialmente a la regulación del balance hídrico en la planta (Salisbury y Ross, 1992). El potasio se absorbe de la solución del suelo como  $K^+$  y su concentración es menor en suelos arenosos, altamente lavados y también en suelos ácidos y otros con baja capacidad de cambio catiónico (varios autores citados por Bally, 2009). La influencia del K en el rendimiento del mango varía también según los cultivares como se indica en el citado trabajo de Young and Koo (1974) que señala que los rendimientos más altos en el cultivar Parvin se obtuvieron con las mayores dosis de N y K, pero que las dosis de potasio no tenían ningún efecto significativo en el caso del cultivar Kent.

Debe tenerse cuidado con la aplicación de fertilizantes ricos en Ca y Mg porque ellos compiten con el K en los lugares de intercambio catiónico reduciendo la disponibilidad de este nutriente (Tong Kwee y Khay Chong 1985). Aunque se ha señalado que el potasio influye en la calidad del fruto en muchos cultivos (Marschner, 1995) no hay muchos estudios al respecto para el mango, excepto el de Shinde et al (2006) que encontraron una positiva relación entre el aumento de la fertilización potásica y el peso del fruto, valoración organoléptica, ácido ascórbico, sabor, color y vida de anaquel, disminuyendo también las pérdidas de peso del fruto y la incidencia de la descomposición interna. Debe destacarse, no obstante que en muchas de las encuestas de los descintos países indican una influencia positiva del abonado potásico con el aumento del rendimiento y calidad de la fruta (véase Anejo 5). También se ha señalado que la aplicación durante la floración de sulfato monopotásico a la dosis de 0,5-1,0 % retarda (Oosthuysen, 2000a) o incluso suprime (Reuveni et al., 1998. QDAF, 2015) el desarrollo del oidio en mango, reduciendo en consecuencia los costes derivados de su control, pero no resulta claro si esta acción se debe al P o al K.

El K es un elemento muy móvil tanto en la planta como en el suelo. La toxicidad por exceso de K es muy rara en el mango, Sus síntomas de deficiencia se detectan primero en las hojas maduras en las que se observa un rizado de los bordes de las hojas y una clorosis de sus márgenes seguida, en casos más severos, por la muerte de las mismas. Generalmente los síntomas se manifiestan primeramente en los árboles afectados por una reducción de la longitud de los brotes y la producción de frutos de menor tamaño y menor vida de anaquel. Los síntomas típicos de la deficiencia de potasio aparecen usualmente tras la estación seca o en suelos deficientemente regados (Tong Kwee and Khay Chong 1985; Silva et al., 2002).

Las aplicaciones de potasio deben ser más frecuentes en suelos ligeros donde este elemento es fácilmente lavado. Los fertilizantes más usados para el abonado del mango son el cloruro potásico (también llamado muriato de potasio), el nitrato potásico y el sulfato potásico, prefiriéndose generalmente este último a causa de su neutralidad de pH y de la sensibilidad del mango a la clorosis. En los suelos áridos es mejor aplicar nitrato

potásico en lugar de cloruro potásico o sulfato para satisfacer la demanda de potasio del mango y reducir la salinidad (Oosthuysen, 2006).

No se ha definido una práctica estándar de abonado para el mango que varía de un lugar a otro dependiendo también de los cultivares y patrones, pero como ejemplo indicaremos que un trabajo reciente de Cavalcante et al (2016) indica que 225 g·plant<sup>-1</sup> de KCl a través de fertirrigación es recomendable para la producción del mango ‘Palmer’ en el valle del Río San Francisco.

Muchos autores (Sergent y Leal, 1989; Oosthuysen, 1997, Shinde et al, 2006 et passim) señalan que el nitrato potásico aplicado al 2-4% antes y durante la floración aumenta la inducción floral, el cuajado y la retención de fruta (véase también el apartado sobre el papel del nitrógeno).

Calcio. -

La mayor contribución de este nutriente es la de dar estabilidad a las membranas celulares que protegen a las células de toxinas y patógenos. El calcio retarda también el envejecimiento de los tejidos y aumenta la vida comercial de muchos frutos (Kirkby y Pilbeam, 1984; Ferguson, 1984). El mantenimiento del nivel foliar de calcio  $\geq 2,5\%$  es esencial para reducir la incidencia de la descomposición interna en el mango (Galán Saúco, 2009), pero su acción está claramente ligada a la concentración foliar de nitrógeno (véase lo anteriormente sobre el papel del nitrógeno), existiendo una positiva correlación entre la relación Ca/N y la incidencia de la descomposición interna (Cracknell Torres et al, 2003). Si bien se ha indicado que la presencia de cantidades adecuadas de Ca en el fruto es importante para aumentar su firmeza, su calidad interna y su vida comercial (QDAF, 2015), los informes sobre una acción beneficiosa del Ca en la postcosecha del mango no son concluyentes (varios autores citados por Bally, 2009). Muchas de las respuestas de las encuestas efectuadas también indican un efecto positivo del Ca y de la relación Ca/N en el aumento de la calidad y vida comercial de la fruta, e incluso en varias de estas encuestas se indica una influencia positiva de la relación Ca/N sobre el aumento de la inducción floral, del cuajado y del rendimiento, así como de la tolerancia a condiciones de baja temperatura y a plagas y enfermedades (Véase Anejo 5).

Así como se ha indicado en el párrafo anterior que la deficiencia de Ca está directamente relacionada con la incidencia de la descomposición interna, probablemente causada por la degeneración de las membranas celulares (Burdon et al., 1991), la toxicidad por exceso de este elemento no se ha descrito como tal para el mango, si bien su exceso puede crear problemas con la absorción de otros nutrientes como P, K, Mg, Zn, B y Cu, por lo que debe evitarse la aplicación de cantidades excesivas de abonos conteniendo este nutriente (Silva et al, 2002).

Aunque el calcio se necesita durante todo el año, los dos momentos más importantes para la absorción de Ca por el sistema radical son durante la brotación vegetativa inmediatamente posterior a la recolección y en los estados iniciales de crecimiento del fruto. Dado que el Ca no se transloca fácilmente a través del floema, no es fácilmente transportado dentro del árbol, siendo difícil su llegada al fruto desde el suelo o desde las hojas lo que explica que las aspersiones foliares de este elemento no sean eficaces. La absorción de este elemento del suelo por las raíces jóvenes es mejor en suelos húmedos y su eficacia depende del tamaño de las partículas, cuanto más finas mejor. Para mejorar la toma de Ca del suelo por la planta se recomienda la utilización de formulaciones líquidas durante la floración y primeros momentos de desarrollo del fruto

(QDAF, 2015). La dolomita, el yeso, el carbonato de calcio y el nitrato de calcio son los abonos recomendados como fuente de Ca en Florida (Crane et al., 2009). En Brasil se recomienda la incorporación en superficie de yeso a la dosis de 0,5 t/ha para suelos arenosos y de 2,5 t/ha para suelos arcillosos (Genú y Pinto, 2002), aunque la incorporación de yeso a la dosis de 280g/m<sup>2</sup> a una profundidad de 30 cm, también antes de la plantación, se ha recomendado como eficaz para reducir la incidencia de la descomposición interna en suelos de bajo pH ( $\approx 3,7$ ) y muy pobre contenido en Ca (Pinto et al., 1994).

#### Magnesio. -

Un estudio reciente realizado por el autor para el National Mango Board (Galán Saúco, 2018) permite comentar el efecto de este nutriente en mayor profundidad que el de otros macronutrientes. El principal papel del Mg es la regulación de más de 300 enzimas. El magnesio tiene además la función esencial de actuar como un elemento agregante de las unidades de ribosomas, un proceso necesario para la síntesis de proteínas. Una nutrición adecuada en magnesio aumenta a su vez el crecimiento y la superficie radicular ayudando a la absorción de agua y nutrientes, afectando además a la absorción de otros cationes como el calcio y el potasio. El Mg parece tener también una función protectora similar a la del Ca para mantener la integridad de los tejidos y proporcionar protección frente a condiciones ambientales adversas. La deficiencia de Mg es un desorden común en muchos cultivos y afecta a la productividad y calidad, ocurriendo particularmente en suelos ácidos o sobre abonados con Ca y/o K. La deficiencia de Mg puede también ocurrir bajo condiciones de estrés hídrico del suelo, incluso en aquellos en que el contenido de Mg disponible sea el adecuado. De acuerdo con Marchal (1991) existe un claro antagonismo entre el Ca y el Mg, señalando que un alto contenido de Mg en el suelo y en la planta reduce la absorción del Ca pero no la del K.

Las primeras indicaciones de la deficiencia de Mg en muchas especies consisten en un deterioro de la partición de carbohidratos dando lugar a la acumulación de almidón y al reforzamiento de la actividad antioxidante, previo a sus efectos notables en la actividad fotosintética. La absorción de Mg<sup>+2</sup> puede verse notablemente reducida por otros cationes como K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e incluso H<sup>+</sup>, esto es por un pH bajo, declinando notablemente la absorción de Mg a valores de pH menores de 5,4. Los síntomas de deficiencia de Mg ocurren primero en las hojas más viejas, progresando sistemáticamente hacia las hojas más jóvenes. De hecho, debido a la buena movilidad de este elemento las plantas movilizan el Mg de las hojas viejas a las hojas más jóvenes. La deficiencia de Mg puede confundirse con la de K y sus síntomas típicos son una clorosis de hojas que comienza en los bordes y progresa entre las venas hacia el interior de la hoja, pero permaneciendo de color verde el área adyacente a las venas central y primarias. Las áreas afectadas entre las venas pueden volverse blancas, desarrollando posteriormente manchas necróticas en las zonas blanquecinas. No hay evidencia disponible acerca de un efecto directo de un exceso de Mg sobre el metabolismo de la planta.

La conclusión del citado estudio para el NMB acerca de la acción del magnesio en mango indica que una apropiada fertilización con este elemento tiene los siguientes efectos en la producción del mango:

- 1) Mejora del rendimiento. y crecimiento general de la planta.
- 2) Un efecto sobre el color de la piel, positivo o negativo dependiendo del cultivar causando fenómenos de reverdecimiento en algunos de ellos. Dentro de límites

razonables no parecen existir problemas para 'Tommy Atkins' o 'Keitt', cuyo color puede incluso verse mejorado.

3) Aumento del tamaño del fruto, contenido en azúcar y Vitamina C, no suficientemente probado para distintos cultivares y emplazamientos.

4) Un efecto variable sobre la descomposición interna (IFB), positivo o negativo, dependiendo probablemente de la interacción con otros elementos, fundamentalmente con el Ca

5) Mejora de la tolerancia de los árboles a la elevada radiación solar

6) Un impacto beneficioso sobre la tolerancia al frío.

7) Un efecto positivo sobre la reducción del problema del quemado de la piel durante el proceso de tratamiento hidrotérmico (HWT).

Aunque no ha habido experimentos al respecto para el mango, un adecuado contenido de Mg en otros cultivos, bien equilibrado con otros elementos minerales tiene un claro impacto en la resistencia a enfermedades.

Sin embargo, a pesar del efecto beneficioso de aumentar la fertilización con Mg es difícil hacer recomendaciones precisas sobre los niveles apropiados para este elemento debido a los siguientes hechos:

1) La existencia de una clara interacción cultivar/medio ambiente, particularmente en lo que respecta al tipo de suelo.

2) La fuerte interacción de la absorción del Mg principalmente con  $K^+$  y  $Ca^{+2}$ , pero también con N y otros elementos, lo que explica que no sea posible tampoco establecer un rango preciso para las relaciones Ca/Mg y K/Mg, que también dependen del tipo de suelo.

En cualquier caso, es recomendable mantener el nivel foliar del Mg entre 0,25 y 1,0 % y no pueden hacerse claras recomendaciones acerca del nivel de Mg en suelo que depende mucho del tipo de suelo.

#### Azufre. -

La disponibilidad de azufre en cantidades importantes es necesaria para el buen desarrollo de los árboles debido a su papel como componente esencial de algunos aminoácidos que forman las proteínas fotosintéticas y también como componente de distintas enzimas que están involucradas en la síntesis y descomposición de ácidos grasos (Salisbury y Ross, 1992). El azufre presenta gran movilidad en el suelo, pero no en la planta. La mayoría del azufre se encuentra presente en los suelos como componente de la materia orgánica (Marschner, 1995) y es fácilmente lavado de los suelos (Bally, 2009). Sin embargo, la deficiencia de azufre no es habitual en el cultivo del mango ya que este elemento forma parte de numerosos fertilizantes, fungicidas y pesticidas. Además, en lugares como Florida se aplica azufre 1 o 2 veces por año para controlar el oidio.

Los síntomas de deficiencia de este elemento se manifiestan como machas necróticas que aparecen en los haces vasculares y en la lámina foliar que aparecen en una hoja de color verde muy intenso y que dan lugar a una prematura defoliación (Smith y Scudder, 1951). Los mangos tienen una gran tolerancia para la presencia de azufre en el suelo y en la atmósfera sin que se hayan descrito síntomas específicos de toxicidad para este cultivo. El azufre presenta una gran movilidad en el suelo, pero no es móvil dentro de la planta y su papel en el crecimiento del árbol y en la calidad de la fruta no se entiende muy bien, aunque se ha señalado que los bajos niveles de este elemento limitan la absorción de nitrógeno (QDAF,2015).

## Micronutrientes

Estos microelementos se aplican generalmente por aspersión foliar, especialmente en los suelos calcáreos en los que las aplicaciones al suelo no son eficaces debido a su alto contenido en Ca y elevado pH. Aunque pueden ser aplicados de forma individual existen numerosas formulaciones comerciales de uso habitual en mangos conteniendo Mn, Zn, Cu, Mo, S y B. Aunque las aspersiones de micronutrientes generalmente aumentan el rendimiento (Young y Sauls, 1979.; Ghosh *et al.*, 1995) la absorción de nutrientes por los brotes maduros y por el fruto en desarrollo es casi nula por lo que las aspersiones foliares de nutrientes deben ser aplicadas solamente a los brotes jóvenes o a las inflorescencias en desarrollo.

### Boro. -

Este elemento juega importante papel en la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas y de su papel en el transporte de carbohidratos (Salisbury y Ross, 1992; Gupta *et al.*, 1985), El boro es también necesario para los procesos de nuevos crecimientos y, juega un papel esencial en los procesos de germinación del polen y crecimiento del tubo polínico por lo que es un nutriente crucial para la floración y el cuajado del mango.

El boro es absorbido por las raíces principalmente como ácido bórico no desintegrado. Los suelos arenosos ligeros derivados de rocas graníticas tienen la menor concentración de este elemento, siendo también escaso su contenido en suelos altamente lavados con elevado pH y alto contenido en Ca (varios autores citados por Bally, 2009). De acuerdo con la información proporcionada por la compañía de fertilizantes (K+S (Kumar, sin fecha) el boro es el único micronutriente que se pierde por lixiviación. Como consecuencia de la pasiva captación de B por el xilema las condiciones de elevada humedad reducen la absorción de este elemento desde la solución del suelo. El Boro es además uno de los micronutrientes de menor movilidad dentro de la plana tanto que da lugar a que su suministro a la planta del mango deba hacerse de forma continua.

La deficiencia de boro, cuyos síntomas han sido claramente descritos por Bally (2009), causa una pobre floración y una reducción del cuajado. Se manifiesta por hojas distorsionadas con agujeros rodeados por un halo verde-ligero y márgenes irregulares. Otros síntomas de esta deficiencia son la pérdida de la dominancia apical y el engrosamiento de los entrenudos, el rajado de la corteza y la gomosis, los frutos deformados con bultos y el rajado de frutos con una decoloración marrón del mesocarpo. Una alta concentración de N puede incluso empeorar esta deficiencia (Ram *et al.*, 1989; Raja *et al.*, 2005). También se ha indicado que el límite entre deficiencia y toxicidad del B es muy reducido (QDAF, 2015) lo que explica que en muchos huertos de mango se produzcan fenómenos de toxicidad de B por la excesiva aplicación de fertilizantes conteniendo este elemento. Los síntomas típicos de toxicidad del B consisten en la aparición de manchas oscuras coalescentes en los bordes de las hojas, que en casos severos dan lugar a una necrosis de los márgenes de la hoja.

La influencia del B en el rendimiento, calidad y vida comercial de la fruta ha sido claramente demostrada en numerosos trabajos. Así, de acuerdo con un experimento en Pakistán con el cultivar Sufaid Chaunsa (Ahmad *et al.*, 2018a), las aplicaciones de sacarosa o citrato de potasio son igualmente efectivas en relación al aumento del rendimiento cuando se aplican conjuntamente con el ácido bórico, señalando que la aplicación foliar de ácido bórico (0,2%) + sacaros (10%) origina un aumento del rendimiento (19%), de los sólidos solubles totales (29%) y una reducción de la acidez del

fruto (37%). A su vez, también recomiendan la aplicación foliar de citrato potásico (0,4%) + ácido bórico (0,2%) para mejorar la vida comercial del mango. Estos autores también encontraron que las aspersiones foliares de sacarosa (10%) + ácido bórico (0,2%), aplicadas en el estado de prefloración y en el momento que los frutos alcanzan el tamaño de una canica son de gran eficacia para una mejora significativa del cuajado y del contenido en, sólidos solubles totales (SST) así como una reducción de la acidez. En otro experimento también realizado en Pakistán (Bibi et al., 2019) con el cultivar Summer Bahisht Chaunsa se observó que la efectividad de las aplicaciones foliares de  $\text{KNO}_3$  (1.0%) + BA (0.2%) en prefloración aumentaban la calidad y el rendimiento. También se ha indicado que un gran desequilibrio de nutrientes, y especialmente la deficiencia de B podría ser la causa de la aparición de la descomposición interna del mango (Ma et al., 2018). Kumar (sin fecha) también menciona la influencia del Boro en el cultivo del mango indicando que las aplicaciones al suelo cada 2 años de bórax a la dosis de 150 g/árbol reduce la incidencia de la pulpa gelatinosa del 40–60 % a un 10 %, mejorando también el tamaño y el color de la fruta.

En la encuesta de China continental se indica la importancia de un contenido adecuado de B para la reducción de la descomposición interna (IFB) y en la de Ecuador también se señala que un aumento del B disminuye la incidencia del problema de ‘Corte negro’ (un problema muy relacionado con la IFB). Otros países también señalan la importancia del B en los procesos de inducción floral, polinización y cuajado, así como en la vida comercial y en el aumento del rendimiento (véase anejo 5).

Los fertilizantes conteniendo boro más usados en mango son el borato sódico (bórax o solubor), el ácido bórico, el borato de calcio y el borato sódico cálcico. De acuerdo con la revisión bibliográfica de Bally (2009) tanto las aplicaciones de boro al suelo como foliares aumentan el rendimiento y la calidad de fruta del mango, pero la respuesta varía según cultivares. De hecho, se ha señalado que las aplicaciones al suelo de 20-25g/m<sup>2</sup> de bórax (11%) durante la estación húmeda de verano fueron eficaces para el control de los síntomas de gomosis típicos de la deficiencia de boro, pero su efecto y el tiempo de respuesta era variable según cultivares (Nartvaranant et al., 2002). Pese a que, como se ha indicado, la respuesta del mango a la aplicación al suelo de abonos con boro es variable según cultivares se ha indicado que un contenido foliar de 27 ppm es satisfactorio para los cultivares Haden 2hH, Tommy Atkins, Winter y Van Dyke siendo 10 ppm un valor crítico para la mayoría de ellos (Rosseto et al., 2000). También se ha señalado que las aplicaciones foliares de boro en los estados de prefloración y floración (Dutta, 2004; Coetzer et al., 1991) son más eficaces que la aplicación al suelo. Tanto Silva et al. (2002) como Oldoni et al., (2018) en Brasil consideran que las aspersiones foliares de ácido bórico al 0,2-0,3 % son la fuente más apropiada para incorporar B al mango. Sin embargo, también se ha señalado que las aplicaciones foliares deben hacerse solo sobre los tejidos blandos durante la floración ya que la absorción a través de las hojas es muy pobre (QDAF, 2015). Pese a lo expuesto hay autores que recomiendan la aplicación combinada de B y Zn al suelo como la práctica más eficiente para mitigar las deficiencias minerales y aumentar el rendimiento del mango, prefiriendo esta práctica a cualquier otro tratamiento individual o conjunto foliar y/o de suelo (Ahmad, 2018b).

## Zinc

Entre otras funciones este elemento es esencial para la síntesis de proteínas y hormonas, para la fotosíntesis (Salisbury y Ross, 1992; Marschner, 1995; Weir y Cresswell, 1995) y para la regulación hídrica (QDAF, 2015). Debido a su rápida

absorción por las hojas, el Zn es generalmente aplicado por vía foliar, no recomendándose en la mayoría de los casos su aportación al suelo. Varios autores citados por Bally (2009) indican que las aspersiones foliares de diferentes fertilizantes conteniendo Zn, aumentan el rendimiento y la calidad de la fruta de mango, aunque solo en las encuestas de Pakistán y Sudáfrica se indica un efecto positivo del Zn sobre la inducción floral, polinización cuajado y rendimiento (véase Anejo 5).

El Zn es importante para la expansión foliar y su deficiencia es fácilmente reconocible por la aparición de una roseta de hojas gruesas y no totalmente expandidas que no alcanzan su tamaño normal y que generalmente están dobladas en uno de las dos partes del limbo. Frecuentemente se denomina en inglés a esta deficiencia como ‘little leaf’ (hoja pequeña) y está asociada generalmente en los suelos de elevado pH a una deficiencia de hierro. La deficiencia de Zn resulta agravada en los casos de excesiva aplicación de calcio o fosfatos (Rhuele y Ledin, 1955). La toxicidad por exceso de este elemento no se ha descrito para el caso del mango.

El sulfato de zinc es el fertilizante más comúnmente empleado para corregir las deficiencias de este elemento (Galán Saúco, 2008; Silva et al., 2002). La dosis recomendada en Israel para las aplicaciones foliares de  $\text{SO}_4 \text{Zn}$  es del 1%, preferentemente aplicada en primavera (Gazit, 1970) mientras que en Florida en suelos de elevado pH se recomienda una dosis de 0,9-1,8 kg de sulfato de zinc en 378-945 litros de agua, bien aplicado aisladamente o en combinación con otros microelementos (Crane, 2019). La información proporcionada por K+S (Kumar, sin fecha) para corregir esta deficiencia consiste en realizar 2 aspersiones de  $\text{ZnSO}_4$  a la dosis de 3 g/L de agua, una antes de la floración y la otra coincidiendo con el cuajado,

Hierro. -

El hierro es un componente de la clorofila y de varias enzimas y, al igual que el Zn, juega un papel en la regulación hídrica de la planta. Aunque el Fe se absorbe fácilmente por las hojas, se aplica normalmente en forma quelatada, particularmente en suelos alcalinos, bien a través del sistema de goteo o en forma de zanjas en el suelo (Galán Saúco, 2008). Las dos formulaciones que han sido efectivas para este cultivo son la Fe-EDDHA y el Fe-EDDTA, la primera para suelos calcáreos o de elevado pH y la segunda para suelos ácidos. Cuando estos quelatos se apliquen en zanjas en el suelo es preciso regar abundantemente antes y después de su aplicación para facilitar el movimiento del quelato de hierro dentro de la zona radicular (Crane, 2019).

La deficiencia de hierro se muestra primero en las hojas jóvenes que se vuelven de color amarillo desarrollando síntomas típicos de clorosis que, a medida que la deficiencia avanza, se extienden por la totalidad de la hoja causando una posterior necrosis y la formación de terminales compactos muy característicos que quedan sin desarrollarse.

Manganeso. -

Este elemento actúa como cofactor de muchas enzimas y juega un papel esencial para la biosíntesis de proteínas, carbohidratos y lípidos, Como activador del proceso oxidativo juega un importante papel en los procesos de la fotosíntesis y de la respiración (Marschner 1995). Aunque el efecto directo del Mn en mango no ha sido estudiado, Schaffer (1994) indica que los nutrientes más eficientes en los huertos de mango con árboles mostrando el problema conocido en inglés como ‘tree decline’ son el Mn, el Fe

o una combinación de ambos. De los países encuestados solo Brasil indica una influencia positiva del Mn sobre la calidad de la fruta (véase Anejo 5).

La deficiencia de Mn afecta a las hojas de cualquier edad. Sus síntomas se manifiestan más frecuentemente en suelos de elevado pH y se inician como ligeras necrosis intervenales en hojas jóvenes e inmaduras que posteriormente coalescen en manchas necróticas y terminan por caer. Estos síntomas pueden confundirse con los de la deficiencia de Fe, pero en el caso del Mn las áreas del limbo alejadas de las venas permanecen verdes. Los síntomas de deficiencia de este elemento se han observado también en plantas jóvenes o en brotes nuevos de plantas adultas sobreabonadas con N que muestran terminales de tamaño reducido perdiendo sus hojas y mostrando una típica forma de 'S'. La deficiencia de Mn puede verse agravada por las excesivas aplicaciones de Ca y fosfatos (Rhuele y Ledin, 1955). La necrosis puede iniciarse en el ápice de la hoja extendiéndose hacia el resto de la hoja (Smith and Scudder, 1951; Agarwala, 1988).

De acuerdo con las observaciones realizadas en Florida (Crane, 2019) las aplicaciones de manganeso a suelos neutros o ácidos son efectivas, pero no sucede lo mismo en suelos calcáreos. En estos últimos suelos se recomienda las aplicaciones foliares de 1.4-2.3 kg de sulfato de manganeso en 378-945 litros de agua, bien solas o mezcladas con otros microelementos. Kumar (sin fecha) indica que la deficiencia de Mn es frecuente en árboles viejos en suelos de alto pH y que el uso de tortas líquidas de neem o las aspersiones foliares al 0,5% de sulfato de manganeso pueden aumentar el tamaño de los frutos y reducir la alternancia. Debe, no obstante mencionarse que muchos de los fungicidas cúpricos habitualmente usados en muchos huertos de mango contienen Mn y satisfacen suficientemente las necesidades de este elemento.

**Molibdeno. -**

Este elemento es necesario para una buena absorción y asimilación de N y también para una buena absorción de, K Ca y Fe y su deficiencia afecta al crecimiento y rendimiento. El molibdeno no es móvil en el interior de la planta y las hojas nuevas requieren un suministro constante del mismo durante su desarrollo. Sin embargo, se necesita solo en muy pequeñas cantidades y si está en exceso reduce la disponibilidad del Fe. El molibdeno forma parte usualmente de muchas mezclas de micronutrientes aplicadas por aspersión foliar al mango. Pese a ello Crane (2019) recomienda en Florida la aplicación foliar de 70 g de molibdato de sodio disueltos en 378 litros en los casos en que se sospeche una deficiencia de este elemento.

**Cobre. -**

El cobre es necesario para la activación de varias enzimas y para la regulación de la fotosíntesis y ayuda también a la producción de lignina y al reforzamiento de las paredes celulares.

Los ensayos realizados en mango muestran una pequeña influencia positiva de este elemento en el aumento del rendimiento y también un aumento de la relación azúcar:acidez del fruto (Yara, undated). Como se ha indicado anteriormente muchos de los fungicidas usados para el mango contienen Cu por lo que su deficiencia no es frecuente en las plantaciones de mango.

### **Momento para la aplicación de fertilizantes**

El modo más racional de aplicar los nutrientes, tal como fue señalado por Cull (1987) es en base al ciclo fenológico. De forma general Huete and Arias (2007)

recomiendan aportar el 50% de todos los macroelementos requeridos inmediatamente tras la recolección y el resto durante el cuajado y los microelementos en 3 momentos, 40% tras la poda, 30% 2 meses más tarde y el restante 30%, 4 meses tras la poda. También recomiendan que, si fuera posible se aplicaran todos los microelementos durante la estación lluviosa. No se han publicado muchas otras recomendaciones generales al respecto, pero es de especial importancia la programación de la aportación de N dado su papel específico en relación al crecimiento vegetativo y la floración (véase Sección **Papel específico de los nutrientes en el mango**). Teóricamente pueden considerarse mínimas las necesidades de N durante el periodo de latencia que precede a la floración porque podrían estimular la brotación vegetativa en detrimento de la floración pero no es lo mismo en los trópicos, en ausencia de temperaturas por debajo de 20° C, que en los subtrópicos, donde las temperaturas normales del invierno son suficientemente bajas para inducir la floración, y la aportaciones de nitrógeno ayudan al crecimiento vegetativo sin que se vea afectada la floración. Sin embargo, en los trópicos puede ser necesario una posterior aplicación de nitratos para provocar la floración en los brotes maduros (Davenport, 2009). Una adecuada aplicación de nitrógeno tanto durante la fase de rápido desarrollo del fruto (Samra *et al.*, 1977; Guzmán Estrada *et al.*, 1997) como inmediatamente antes de la recolección para permitir un rápido reemplazamiento de los carbohidratos consumidos durante el desarrollo del fruto ha mostrado su eficacia para un aumento del rendimiento (Robberts y Wolstenholme, 1993). Precisamente estos últimos autores (Wolstenholme y Robberts, 1991), y también Oosthuysen, (1997), recomiendan la aplicación de nitrato de potasio al 2-4% durante la fase de crecimiento del fruto. Se ha indicado también que las aspersiones foliares con urea al 2-4% durante la floración aumentan el rendimiento (Whiley, 1984). Debe, sin embargo, tenerse especial cuidado de no pasarse con la fertilización N cerca del momento de la cosecha no solo porque algunos cultivares como 'Kent' y 'Keitt' no desarrollan buen color cuando el contenido en N es elevado (McKenzie, 1993), sino especialmente para evitar el problema ya comentado de la descomposición interna de la fruta (IFB) debido al desequilibrio entre Ca y N. De hecho, como se ha indicado anteriormente hay un consenso generalizado acerca de que el mantenimiento de un nivel de N en hoja inferior al 1,2% y un nivel foliar de Ca mayor del 2,5% se minimiza el número de frutos afectados por IFB (Galán Saúco, 2009). Se recomienda, a su vez, aumentar la aplicación de N inmediatamente tras la recolección para estimular el crecimiento vegetativo.

Silva *et al.*, (2002) en Brasil solo indican que el fósforo debe ser aplicado antes de la floración y que el mejor momento para aplicar Ca es durante la aparición del flujo vegetativo inmediatamente posterior a la recolección. Los mismos autores no especifican el mejor momento para aplicar otros nutrientes salvo en el caso del boro, señalando que éste debe ser aportado durante el periodo de emisión de nuevos flujos vegetativos o durante la floración. Sin embargo, otros autores (Singh, 1960; Robberts *et al.*, 1988; Goguet, 1993) señalan que como el boro solo es demandado durante la floración por lo que debe ser aplicado por vía foliar durante el estado de crecimiento vegetativo y antes de que la floración comience.

Una información más completa es la aportada por Stassen *et al.*, (1997b) para Sudáfrica que indica lo siguiente:

Nitrógeno.- Los mejores momentos para su aplicación son el comienzo de la primavera (fases de cuajado y rápido desarrollo del fruto), inmediatamente tras la cosecha y en otoño durante la fase de crecimiento vegetativo.

Fósforo.- En el caso de que el análisis foliar mostrara una deficiencia de este elemento se recomienda incorporar el fósforo en invierno y primavera, esto es durante el periodo de crecimiento de las raíces (fase de crecimiento vegetativo) y al comienzo de la fase de floración y rápido crecimiento del fruto.

Potasio.- Es mejor aplicar este elemento durante la floración para satisfacer la elevada demanda de este nutriente durante la fase de crecimiento del fruto .

El boro, el azufre y el magnesio deben ser incorporados antes de la floración y el resto de micronutrientes durante la misma.

Las recomendaciones para Australia (QDAF, 2015) para los 4 nutrientes más importantes para el mango son las siguientes:

Nitrógeno: 60-70% en el momento de la brotación, 20-30% al final del periodo de dormancia anterior a la floración y el 10% (si se necesitara) en la fase de desarrollo del fruto.

Potasio: 20%, en el momento de la brotación, 20% en la floración y 60%. en la fase de desarrollo del fruto.

Calcio: 50% en el momento de la brotación, 20% al comienzo de la floración y 30% en el cuajado.

Boro: 20% en el momento de la brotación, 40% en la floración y and 20% en la fase de desarrollo del fruto.

Según recomendaciones previas de este mismo país (Anon.,1999) los otros micronutrientes deben aplicarse por aspersión foliar en el momento de la aparición de la brotación vegetativa, con la excepción del magnesio cuyo mejor momento de aplicación es tras la cosecha, durante el estado vegetativo y/o inmediatamente antes de la brotación.

Las recomendaciones para la aplicación de aspersiones foliares de microelementos varían mucho según países y emplazamientos. Por ejemplo, en Costa Rica, Ríos y Corella (1999) recomiendan la aplicación de un fertilizante foliar específico con la siguiente composición: quelato de calcio 1L/ha más un quelato complejo (Mg 5,8%, Fe 0.5%, Cu 0,12%, Zn 4,2%, B 2,5% and Mo 0,02%) e debe aplicarse en cuatro momentos: el primero durante la fase de crecimiento vegetativo (mayo-junio), el segundo durante la fase de prefloración (octubre), el tercero en la floración (diciembre- enero) y el cuarto durante la fase de llenado del fruto (febrero - marzo).

En el caso de Filipinas donde los fertilizantes principales se aplican a través del suelo de acuerdo con la estación (véase sección **Recomendaciones Generales para la fertilización del mango**), las aportaciones de abonos foliares con microelementos se aplican en 4 momentos, la primera y la segunda aplicación, muy necesarias para el aumento de la longitud de la panícula y preparación de un buen cuajado deben realizarse 14 a 18 y 22 a 25 días respectivamente tras la inducción floral. La tercera, debe aplicarse entre 35 y 40 días tras la inducción floral para favorecer el cuajado y la retención mientras que la cuarta aplicación debe aplicarse entre 50 a 55 días tras la inducción para favorecer el crecimiento de la fruta.

En Pakistán (Bibi, 2018) se recomienda aplicar los abonos según el siguiente esquema:

Inmediatamente tras la recolección: 60-70% del N. 80-100% del P, 50% del K y 50% de los micronutrientes (B, Zn, Fe, Mn, Cu)

En la floración: 30-40% del N, 0-20% del P 50% del K y el 50% de los micronutrientes (B, Zn, Fe, Mn, Cu).

No obstante, todas las consideraciones anteriores, resulta evidente que en las plantaciones sin riego el momento de aplicar los abonos al suelo debe coincidir con el comienzo de la estación lluviosa para poder incorporar a la planta la máxima cantidad de nutrientes requeridos para la floración, fructificación y crecimiento vegetativo.

Los resultados de la encuesta realizada (véase Anejo 9) indican que prácticamente en todos los países los fertilizantes se aplican de acuerdo al calendario fenológico, pero solo unos pocos dan información precisa y, como en el caso de la revisión bibliográfica existen claras diferencias en sus recomendaciones. Israel, por ejemplo, señala que la mayoría de los nutrientes se aplican tras la cosecha, Omán dice que se debe evitar la aplicación de abonos durante a floración, mientras que Japón señala que los fertilizantes se aplican tres veces al año en los siguientes estados: post-floración/cuajado, desarrollo del fruto y postcosecha (antes de la poda). En la encuesta de México se indica que ellos incorporan N, P; K y Ca al suelo al final de la recolección para estimular el crecimiento y posteriormente aportan más abonos conteniendo N y K, así como microelementos al comienzo de la floración y durante el cuajado, aplicando también K, Ca e incluso Mg durante la fase de crecimiento del fruto. En la isla de La Reunión los nutrientes se aplican tras la cosecha para favorecer el crecimiento vegetativo, durante la floración para favorecer el cuajado y tras el cuajado para favorecer el crecimiento del fruto, pero en este último momento no se aporta N a fin de evitar el efecto negativo de este nutriente en la calidad y maduración del fruto. La respuesta de Pakistán coincide prácticamente con las recomendaciones indicadas en la revisión bibliográfica anteriormente comentada, (Bibi, 2018), excepto en que se indica que el boro debe aplicarse antes de la floración y el zinc solamente a los nuevos brotes vegetativos

Digamos finalmente que la compañía de fertilizantes K+S (Kumar, sin fecha) indica las siguientes recomendaciones para la India en cuanto al tiempo de aplicación de nutrientes :

Huertos con riego. Aportar todo el estiércol de granja y 50 % de N, P y K tras la recolección y el restante N, P y K cuando el fruto tenga un tamaño de un guisante.

Huertos no regados. Aportar todo el estiércol de granja y 50 % de N, P y K al comienzo de la estación del monzón y el restante N, P y K al final de dicha estación.

### **Fertiirrigación**

En las plantaciones modernas de mango en las que se ha generalizado el uso del riego localizado (microaspersión o goteo) se incorporan los macronutrientes por fertiirrigación, esto es disueltos en el agua de riego, lo que tiene un valor especial en suelos con baja capacidad de cambio  $\leq 2\text{meq}$ , tales como los suelos arenosos con bajo contenido de materia orgánica y  $\text{pH} \leq 6$  que poseen una baja capacidad de retención de agua y nutrientes y un bajo potencial tampón. Otra ventaja adicional para el goteo, es que la aplicación de los abonos en combinación con el riego cuando se utiliza el acolchado con plástico es la mejor conservación de la humedad del suelo en la zona de crecimiento radical, aumentando la masa radicular, al tiempo que se regula la temperatura, disminuyendo la variación de la misma, se mejora la fertilidad del suelo y se contribuye a controlar la erosión y las malas hierbas. La práctica del mulching, experimentos realizados en Australia con el cultivar Kensington (Dickinson et al., 2019) indican que esta práctica puede además de aumentar el tamaño del fruto y el rendimiento contribuir también a la retención del carbono orgánico del suelo.

Los abonos más comúnmente usados en fertiirrigación son sulfato de amónico, urea, ácido fosfórico, nitrato potásico y sulfato potásico (Crane et al., 2009). Debe tenerse

especial cuidado al preparar las mezclas de fertilizantes para la fertiirrigación para evitar precipitaciones que podrían bloquear el sistema de riego. Para evitar este problema Vásquez Hernández et al., (2011) recomiendan el uso de dos tanques diferentes, el primero conteniendo fertilizantes sin Ca como urea, nitrato amónico, sulfato potásico, ácido fosfórico, sulfato de magnesio y micronutrientes quelatados, y el otro tanque solamente fertilizantes sin fosfatos o sulfatos como urea, nitratos de amonio, calcio y magnesio y ácido fosfórico. Generalmente, el único micronutriente aportado en la fertiirrigación es el hierro, normalmente aplicado en forma quelatada en pequeñas dosis en cada riego, aplicándose los restantes micronutrientes por aspersión foliar.

Las dosis de fertilizantes varían según emplazamientos dependiendo del tipo de suelo, calidad el agua y material vegetal (cultivar y patrón). Se afirma generalmente y algunos experimentos así lo prueban que la fertiirrigación promueve un uso más eficiente de nutrientes que el abonado en superficie de la misma cantidad de fertilizante. Esto se explica ya que los fertilizantes líquidos usados en fertiirrigación se ponen en contacto directo con las raíces lo que resulta en una más rápida absorción de nutrientes y en una menor pérdida por lixiviación. Existen numerosos ejemplos de este mayor beneficio que se refleja en un mayor peso de la fruta, número de frutos por árbol, calidad del fruto y rendimiento (Panwar et al., 2007; Prasittikhet et al., 2000; Kumar, sin fecha). Un ejemplo de la aplicación de macronutrientes a través de la fertiirrigación tal y como recomienda la compañía K+S para las zonas productoras de mango del sur de la India puede verse en la tabla 14.

Como puede verse en las respuestas a las encuesta de nutrición de mango (véase Anejo 10), la aportación de fertilizantes a través de la fertiirrigación es una práctica común en muchos de los países y, a pesar de que en la respuesta de varios países asiáticos no se indica su uso, la fertiirrigación es un sistema comúnmente usada en muchas de las plantaciones visitadas por el autor de este informe en India, Malaysia, Indonesia, Tailandia, Filipinas, Omán y Australia y prácticamente en la mayoría de las modernas plantaciones de mango en casi todo el mundo. Señalemos también que los microelementos se aplican generalmente a través de aspersiones foliares y los fertilizantes orgánicos directamente al suelo e incluso en algunos casos a través de la fertiirrigación

Table 14.- Recomendaciones para la aplicación de macronutrientes para las zonas productoras de mango del sur de La India de acuerdo a lo indicado por la compañía K+S (Kumar, sin fecha). (\*)

Elemento	Inmediatamente tras la poda	Prefloración	Floración cuajado	-	Desarrollo del fruto
N (%)	25	40	20		15
P (%)	40	30	20		10
K (%)	25	20	25		30

(\*) El riego y, por ello, también la fertiirrigación se debe suprimir en diciembre para favorecer la aparición de la floración en enero.

### Fertilización orgánica

Los resultados de varios experimentos realizados en México (Medina Urrutia, 2011; Peralta-Antonio et al. (2014, 2015) no han mostrado claras diferencias de rendimiento entre plantaciones de mango abonadas por sistema convencional con abonos químicos y otras abonadas con fertilización orgánica.). Incluso en uno de ellos ( Peralta-

Antonio et al. 2015) en el que se comparaba la aportación de vermicompost, bocashi y estiércol de pollo a las dosis de 5 y 10 t ha<sup>-1</sup> (equivalente a 7,5 y 15 kg árbol<sup>-1</sup>) y 2 dosis minerales: 230-0-300 g de NPK árbol<sup>-1</sup> y 230-0-0 g de NPK árbol<sup>-1</sup> y un tratamiento control en los cultivares Ataulfo, Tommy Atkins y ‘Manila Cotaxtla 2’ (‘MC2’) no se detectaron diferencias en la absorción de la mayoría de los nutrientes entre las fuentes orgánica y química. Sin embargo, como se puso de manifiesto en este mismo experimento las plantas fueron capaces de extraer nutrientes también directamente del suelo por lo que no se pudieron derivar claras consecuencias del mismo. Esta carencia de diferencias apreciables entre los resultados del abonado orgánico explica el hecho de que tanto en México como en otras partes del mundo la nutrición orgánica se realice en base a una diversidad de formulaciones locales preparadas por los agricultores usando los recursos naturales y como resultado de su propia experiencia acumulada por lo que no pueden darse recomendaciones de tipo general. Sin embargo, los fertilizantes más usados en el cultivo orgánico del mango son: compost, vermicompost, biofertilizantes, estiércol de pollo y de otros animales, residuos vegetales y cultivos de cobertera. Los biofertilizantes, en especial, constituyen una clara alternativa para incorporar una importante cantidad de nitrógeno atmosférico permitiendo también aumentar la disponibilidad de fósforo desde las raíces (Medina-Urrutia et al. 2011; Iyer, 2004; Guzmán-Estrada, 2004). Debe, no obstante, indicarse que en la respuesta a la encuesta de nutrición recibida de la empresa Dominus desde Perú se indica que un exceso de materia orgánica en el suelo puede causar una deficiencia de cobre (véase Anejo 7).

Es interesante también mencionar el interés potencial del uso como enmienda del suelo de Biochar, un derivado carbonado estable producido a partir de biomasa vegetal y/o animal, que se recomienda como enmienda del suelo especialmente para suelos ácidos pobres en nutrientes (Sohi et al., 2009), con el objetivo de compensar las emisiones antropogénicas de carbono, a la par que mejorar las condiciones del suelo y el crecimiento de la planta. Aunque aún existen pocas experiencias con respecto a su uso en el cultivo del mango, pero la aportación a un medio de enraizado conteniendo una mezcla de suelo, arena y Biochar a la dosis de 2:1:1 mejoró el porcentaje de germinación y el vigor de las plántulas (Jasmitha et al, 2018). Sin embargo, por el momento, aun no se ha estudiado la interacción del Biochar con otros fertilizantes, ni su efecto en la biota del suelo y por ello debe investigarse más sobre el uso del Biochar antes de recomendarlo para el cultivo del mango. De hecho, Pakistán es el único país que menciona interés acerca del impacto del fósforo y el Biochar en el crecimiento de plantas jóvenes de mango (véase Anejo 11).

Debe por último indicarse como recomendación general para evitar una posible contaminación la conveniencia de colocar tanto el estiércol como las pilas de compost lejos de los cursos de agua, así como de reducir la fertilización orgánica cerca del momento de la recolección.

### **Posibilidades de futuros proyectos de investigación sobre nutrición y fertilización del mango**

En el momento de escribir este informe no existe ningún proyecto cooperativo de **investigación** entre países sobre la nutrición y fertilización del mango, pero muchos países, particularmente Brasil, Perú, India, Pakistán y Vietnam están realizando diversos experimentos sobre distintos aspectos de la fertilización del mango. Muchos de los países consultados indican también el interés de la investigación en diferentes temas relacionados con la nutrición del mango y la gran mayoría de ellos indican su disponibilidad para realizar proyectos cooperativos sobre nutrición del mango siempre

que existan los fondos necesarios para su realización, aunque la diversidad de temas mencionados por los diversos países (véase Anejo 11) haría difícil probablemente la realización de futuros proyectos cooperativos al respecto

### **Resumen de hallazgos, discusión general y conclusión**

Debido a los numerosos factores que influyen sobre la nutrición y fertilización del mango (principalmente consideraciones climáticas, tipo de suelo, calidad del agua de riego, cultivar y patrón, interacciones entre nutrientes, estado fenológico y producción esperada), no puede establecerse una fórmula de abonado estándar que sirva para diseñar un programa de abonado de validez general y debiendo este establecerse, en consecuencia, para cada plantación en particular. El establecimiento de dicho programa debe comenzar por la realización de un análisis de suelo antes de la plantación que indique las características fisicoquímicas del suelo donde el mango se va a cultivar y que nos sirva de base para realizar un abonado inicial y las enmiendas necesarias. La realización periódica de análisis de suelo al menos una vez al año será de gran utilidad para observar la evolución de los nutrientes en el suelo lo que junto con el análisis foliar nos sirva de orientación para determinar el tipo y la dosis de abonos a aportar a la plantación. En el apartado de **Análisis de suelo** se indican tanto los valores apropiados para los nutrientes en el suelo como las recomendaciones generales al respecto.

En el apartado **Recomendaciones generales para la fertilización del mango** se reseñan algunos ejemplos de tipo general de programas de mango recomendados en diferentes países que pueden ser de utilidad tanto para los primeros años de una plantación como para árboles adultos en pequeñas explotaciones sin acceso a laboratorios de análisis.

A pesar de que el contenido de nutrientes en hoja varía no solo entre cultivares sino también dependiendo de diversos factores relacionados con la propia hoja (edad, posición, orientación), con el tipo de suelo y con el estado fenológico el análisis foliar es la herramienta más útil para el establecimiento de un programa adecuado de abonado del mango. En el apartado **Análisis foliar** se realiza una revisión de los valores recomendados por diferentes autores, así como una discusión sobre las técnicas de muestreo. Pero, como también se reseña en dicho apartado, la mayoría de los países que están usando el análisis foliar como principal herramienta para el establecimiento de sus programas de abonado indican como adecuados niveles de nutrientes en hoja dentro del rango de los recomendados por Quaggio en 1996 (véase tabla 5). Sin embargo, no hay siempre una buena correlación entre un nutriente en particular y el rendimiento por lo que resulta de mayor valor el balance y las relaciones cuantitativas entre nutrientes. Lo importante de estas relaciones y especialmente de la relación N/Ca que debe permanecer por debajo de 0,5 para la obtención de fruta de buena calidad y mayor vida comercial se discute en el subapartado Interpretación del análisis foliar. Un método alternativo comentado en dicho subapartado para interpretar el análisis foliar evaluando el estado nutricional según el equilibrio entre nutrientes es el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendaciones - DRIS (*Diagnosis and Recommendations Integrated System*). De acuerdo con los resultados de la encuesta sobre nutrición Brasil, India e Indonesia son los países en los que este sistema es más usado. Este sistema tiene, sin embargo, algunos problemas ya que las normas DRIS varían también entre cultivares y entre emplazamientos y no son totalmente independientes de la edad del tejido muestreado, en especial, dado el gran número de análisis foliares y cálculos necesarios para una interpretación correcta que no

resultan siempre posibles de realizar para muchas plantaciones, sobre todo para las de pequeño tamaño. Este último problema es menor, especialmente en Brasil, donde esta compañía tiene su sede, por la existencia de una compañía llamada ‘Nutrição de Plantas Ciência e Tecnologia (NPCT)’ (<https://www.npct.com.br/>), recientemente creada por ex. directores y miembros del International Plant Nutrition Institute (IPNI) que ofrece a cualquier plantación de mango de cualquier país sus servicios a unos costes razonables para la correcta interpretación y uso de las normas DRIS.

Como se indica en el apartado **Extracciones de nutrientes**, la reposición de las pérdidas de macro y micronutrientes debido a la producción de fruta, frutos caídos, hojas y ramas eliminadas por la poda, así como aquellos perdidos por lixiviación, volatilización, fijación al suelo y escorrentía es esencial para un apropiado programa de fertilización. Queda también claro en esta revisión la existencia de importantes diferencias de los valores de esta extracción dependiendo de los cultivares y emplazamientos (condiciones climáticas y de suelo, particularmente temperatura), prácticas culturales y edad del árbol. Como consecuencia, las cantidades de nutrientes extraídas deben ser obtenidas para cada plantación y cultivar. No obstante, como también se indica en este apartado, un ejemplo del uso de las extracciones de cosecha para el establecimiento de un programa de abonado puede verse en el Anejo 4.

El papel de los macro y micronutrientes y su efecto en momentos diferentes del ciclo fenológico del mango se revisa en el apartado **Papel de nutrientes específicos y formas de aplicación de los mismos**. La casi totalidad de los trabajos revisados indican que el modo más racional de aplicar los nutrientes es teniendo en cuenta el ciclo fenológico y, de hecho, prácticamente todas las respuestas a nuestra encuesta recibidas de los diferentes países indican que la incorporación de abonos se efectúa en base a dicho ciclo, pero solo unas pocas dan información precisa y, como en el caso de la revisión bibliográfica, hay grandes diferencias entre ellas (véase el apartado **Momento de aplicación de fertilizantes**). Por ello, resulta difícil extraer conclusiones claras al respecto, pero parece evidente que la mayoría de los macronutrientes, y particularmente el Nitrógeno deben ser aplicados inmediatamente tras la recolección para estimular el nuevo crecimiento vegetativo, parando su aportación al final del invierno para favorecer el estrés necesario para la inducción floral (aplicando luego nitratos si así fueran requeridos para conseguir la floración). La aportación de nitrógeno debe ser también reducida o incluso debe pararse su incorporación durante la fase de crecimiento del fruto, en la que es también importante incorporar Ca, Mg y K para evitar los problemas de descomposición interna de la fruta y mejorar su calidad y vida comercial. La mayoría de los micronutrientes, por contra, deben ser preferentemente aplicados durante la floración por medio de aspersión foliar.

La mayoría de los macronutrientes, y también el hierro, se aplican en las plantaciones modernas de mango incorporados al agua de riego (fertiirrigación) mientras que el resto de los micronutrientes como ya indicamos se aportan por aspersión foliar y los fertilizantes orgánicos directamente al suelo o, en algunos casos, también por fertiirrigación. Los efectos beneficiosos de la incorporación de nutrientes a través del sistema de riego se ven incrementados cuando se practica también el mulchíng o acolchado. Como se comentó en el apartado **Fertiirrigación**, los beneficios de la aportación de abonos a través del sistema de riego derivan del hecho de que los fertilizantes líquidos usados en este sistema se colocan en contacto directo con el sistema radical lo que resulta en una mayor absorción de nutrientes y una disminución de las

pérdidas por lixiviación y los derivados del mulching, aparte de los normalmente asociados con esta práctica, tales como un mejor control de la humedad y temperatura del suelo, debido a la captura del carbono orgánico del suelo, de importancia esto último para la lucha contra el calentamiento global

Dada la demanda creciente de productos orgánicos el abonado orgánico está tomando un gran interés para el cultivo del mango. Los experimentos realizados en este cultivo comparando las fuentes orgánicas e inorgánicas de fertilizantes no han mostrado diferencias claras en relación a la absorción de nutrientes ni en cuanto al rendimiento. Aunque, como se indica en el apartado **Fertilización orgánica**, los fertilizantes más utilizados en el cultivo orgánico del mango son el compost, el vermicompost, los biofertilizantes, el estiércol de gallina o de otros animales, los residuos vegetales y los cultivos de cobertura, los fertilizantes orgánicos usados en este cultivo se escogen generalmente según una variedad de formulaciones locales y no pueden darse recomendaciones de tipo general.

La gran variabilidad de intereses en diferentes temas de la nutrición del mango expresada por los distintos países consultados hace muy difícil la posibilidad de realización de futuros ensayos cooperativos sobre nutrición y abonado del mango, pero alguno de los ensayos en curso en estos países puede proporcionar nuevos hallazgos a corto y medio plazo acerca de la nutrición y fertilización de este cultivo (véase apartado **Posibilidades para el establecimiento de futuros proyectos de investigación en nutrición y fertilización de mangos**)

Como **conclusión**, puede decirse que las numerosas variables que influyen sobre la nutrición y fertilización del mango comentadas en este estudio hacen imposible obtener recomendaciones de tipo general para el establecimiento de un programa de abonado que debe ser hecho para cada plantación particular e incluso para cada cultivar en cada plantación en base a una interpretación correcta de los análisis de suelo y foliares y de las extracciones de cosecha esperadas. En esta revisión se proporcionan las directrices a seguir para realizar dicha interpretación que pueden servir a los productores de mango para obtener la máxima productividad derivada de un programa de abonado adecuado para este cultivo.

## **Bibliografía**

- Abercrombie, R.A. 1998. Leaf and soil analysis. En: de Villiers, E.A. (ed.). The cultivation of mangoes. Institute for Tropical and Subtropical Crops. ARC. LNR. Nelspruit. Sudáfrica: 104-107.
- Agarwal, S.C., Nautiyal, B.D., Chatterjee, C. y Sharma, C.P. 1988. Manganese, Zinc and boron deficiency in mangoes. *Scientia Horticulturae*, 35:99-107.
- Ahmad, I., Bibi, F., Bakhsh, A.D., Ullah, H., Danish, S. y Asif-ur-Rehman. 2018. Assessment of various levels of potassium citrate and sucrose along with boric acid on quality and yield of Sufaid Chaunsa. *International Journal of Biosciences*. 13 (1): 188-195, <http://www.innspub.net>.
- Ahmad, I., Bibi, F., Ullah, H. y Munir, T.M. 2018 b. Mango Fruit Yield and Critical Quality Parameters Respond to Foliar and Soil Applications of Zinc and Boron. *Plants* 2018, 7, 97; doi:10.3390/plants7040097
- Anon 1999. Mango Information Kit. Queensland Department of Primary Industries
- Anon. 1975. Seasonal guide for subtropical fruits. Citrus and Subtropical Fruits Research Institute. *Inf. Bull.*, 36: 5.

- Anon. 2009. Recomendaciones prácticas para la fertilización del cultivo de mango. FHIA - La Lima, Cortés, Honduras, C.A. • Hoja Técnica No. 3 • August, 2009.
- Anon. 2017. Understanding crop nutrition. A guide for Australian mango growers. <https://www.industry.mangoes.net.au/resource/collection/2017/1/27/understanding-crop-nutrition-a-guide-for-australian-mango-growers>. Downloaded 16/08/2019
- Bally, I.S.E. 2009. Crop Production: Mineral Nutrition. En: Litz, R.E (ed.). The Mango, Botany, Production and Uses. 2<sup>nd</sup> edition- CAB International. Wallingford. U.K.: 404-431.
- Bally, I.S.E., Hofman, P.J., Irving, D.E., Coates, L.M. y Dann, E.K..2009. The Effects of Nitrogen on Postharvest Disease in Mango (*Mangifera Indica* L. 'Keitt'). Acta Hort. 820. 365-370.
- Bandopadhyay, B. 2009. Effect of organic and inorganic nutrients on improving flowering. Acta Horticulturae 820:371-380.
- Bibi, F. 2018. Mango Nutrition: A presentation made at "Mango Seminar", 20th February, 2018, Mango Research Institute, Multan, Pakistán.
- Bibi, F., Ahmad, I., Bakhsh, A., Kiran, S., Danish, S., Ullah, H. and Asif-ur-Rehman. 2019. Effect of Foliar Application of Boron with Calcium and Potassium on Quality and Yield of Mango cv. Summer Bahisht (SB) Chaunsa. Open Agriculture, 4:98-106.
- Bondad, N.D. and Linsangan, E. 1979. Flowering in mango induced with potassium nitrate. HorstScience, 14: 527-528.
- Bhargava, B.S. y Chadha, K.L. 1988. Leaf nutrient guide for fruit and plantation crops. Fertilizer News, 33: 21-29.
- Bhupal Raj, G. y Prasad Rao, A. 2006. Identification of Yield-Limiting Nutrients in Mango through DRIS Indices. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 37:11-12, 1761-1774, DOI: [10.1080/00103620600710587](https://doi.org/10.1080/00103620600710587)
- Biswas, P.P., Joshie, O.P. y Rajput, M.S. 1987. Establishment of critical leaf nutrient concentrations of mango cultivar Dashehari based on soil test. Journal of the Indian Society of Soil Sciences, 35: 331-334.
- Burdon, J.N., Moore, K.G. y Wainwright, H. 1991. Mineral distribution in mango fruit susceptible to the physiological disorder soft -nose. Scientia Horticulturae, 48: 329-336.
- Burdon, J.N., Moore, K.G. y Wainwright, H. 1992. A preliminary observation of the mango disorder soft-nose in mango fruit. Acta Horticulturae, 296: 15-22.
- Campbell, T. y Mohr, M. 1991. Fertilizer for mangoes. Mango Care Newsletter, 2:6-7.
- Catchpole, D.W y Bally, I.S.E. 1995. Nutrition of mango trees: a study of the relationships between applied fertiliser leaf elemental composition and tree performance (flowering and fruit yield). In: Mango 2000. Proceedings of Marketing Seminar and Production Workshop. Townsville. Queensland. Conference and Workshop Series QC 95006): 91 – 104.
- Cavalcante, I.H.L, Lima, A.M.N., Carneiro, M.A., Rodriguez, M.S., y Silva, R. L. 2016. Potassium doses on fruit production and nutrition of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2016, 33: 418-432. October-December.
- Coelho, E.F. y Borges, A.L. 2004. Irrigation and Fertirrigation of Mango. Acta Horticulturae, 645: 119-128.
- Coetzer, L.A., Robbertse, P-J. y de Wet, E. 1991. The influence of boron application on fruit production and cold storage of mangoes. South African Mango growers Association Yearbook, 11: 29-31.

- Cull, B.W. 1987. A whole plant approach to productivity research for mango. Mango – A review. Prensley, R.T. y Tucker, G. (ed.). Commonwealth Science Council. London.
- Cull, B.W: 1991. Mango crop management. *Acta Horticulturae*, 291: 154-173.
- Cracknell Torres, A., Cid Ballarín, M.C., Socorro Monzón, A.R., Fernández Galván, D., Rosell García, P. y Galán Saúco, V. 2003. Effects of nitrogen and calcium supply on the incidence of internal fruit breakdown in ‘Tommy Atkins’ mangoes (*Mangifera indica* L.) grown in a soilless system. *Acta Horticulturae*, 645, 387-394.
- Crane, J.H. 2019. Fertilizer Recommendations for Florida Mangos Mango Plant Nutrition and Leaf Analysis. (c://ext/factsheets/mango/mango fertilizer recs revised 2-15-19.doc).
- Crane, J.H.; Bally, I.S.E.; Mosqueda Vázquez, R.V. y Tomer, E. 1997. Crop production. En: The Mango, Botany, Production and Uses. CAB International. Wallingford. U.K.: 203-256.
- Crane, J. H., Salazar-García, S. Lin, T.S., de Queiroz Pinto, A.C. y Shu, Z.H. 2009. Chapter 13. Crop Production: management. En: Litz, R. E.(ed.). The Mango, Botany, Production and Uses. 2<sup>nd</sup> edition- CAB International. Wallingford. U.K.: 432-483.
- Cruz-Barrón, V., Bugarín-Montoya, R., Alejo-Santiago, G., Luna-Esquivel, G. y Juárez-López, P. 2014. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5 (2): 229-239.
- Chadha, K.L., Samra, J.S. y Thakur, R.S. 1980. Standardisation of leaf sampling. technique for mineral composition of leaves of mango cultivar ‘Chausa’. *Scientia Horticulturae*, 13: 323-329.
- Davenport, T.L. 2009. Reproductive Biology. In: Litz, R.E. (ed.) The Mango, Botany, Production and Uses. 2<sup>nd</sup> edition- CAB International. Wallingford. U.K.: 97-169.
- De Carvalho, P.J. y de Queiros Pinto. A.C. (Eds.). 2002. A Cultura da Mangueira. Embrapa Informaçao Tecnológica. Brasília. 452 pp.
- Deewan, N., Lertpanit, K. y Popan, A. 2015. Comparison of soil properties and physical structure in Good Agricultural Practice (GAP) and conventional mango orchards at Pongtalong Sub-district, Pak Chong District, Nakhon Ratchasima Province. *King Mongkut's Agricultural Journal*: 33(2):1-8. (in Thai).
- Dickinson, G.R., O’Farrell, P.J., Ridgway, K.J., Bally, I.S.E., Masters, B., Nelson, P. y Patisson, A. 2019. Nitrogen and carbon management in Australian mango orchards to improve productivity and reduce greenhouse gas emissions. *Acta Horticulturae* 1244: 49-60.
- Dutta, P. 2004. Effect of foliar boron application on panicle growth, fruit retention and physio-chemical characters of mango cv. Himsagar. *Indian Journal of Horticulture* 61:265-266.
- Espinosa A.J., Arías S.J.F., Rico P.H.R., Miranda S.M.A., Javier M.J., López A.A., Vargas G.E. y Teniente, O.R. 2006. Manejo y protección de la floración para cosecha temprana de mango cv Haden en Michoacán, México. *Publicación Científica No. 1. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Valle de Apatzingán, México*. 46p.
- Fallas, R., Bertsch, F., Miranda, E. y Henríquez, C. 2010. Análisis de Crecimiento y Absorción de Nutrientes de Frutos de Mango, cultivares Tommy Atkins y Keith. *Agronomía Costarricense* 34(1): 1-15.
- Ferguson, I.B.1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Plant Cell and Environment* 7: 477-489.
- Galán Saúco, V. 2008. *El Cultivo del Mango* (2<sup>nd</sup> ed.). MundiPrensa. Madrid. 340 pp.

- Galán Saúco, V. 2009. Physiological disorders. En: Litz, R.E. (ed.). The Mango, Botany, Production and Uses. 2<sup>nd</sup> edition- CAB International. Wallingford. U.K.: 303-316.
- Galán Saúco, V. 2016. Mango Rootstocks. Literature Review and Interviews. <https://www.mango.org/research-resources>.
- Galán Saúco, V. 2018a. Magnesium fertilization in mango. <https://www.mango.org/research-resources>.
- Galán Saúco, V. y Lu, P. (eds). 2017. Achieving sustainable cultivation of mangoes Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK. 549 pp.
- Gazit, S. 1970. C. Mango, 3. Nutritional Problems. In: The Division of Subtropical Horticulture. The Volcani Institute of Agricultural Research, 1960-1969: 101-104.
- Genú, P.J.C. y Pinto, A. C. Q. A cultura da mangueira. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 454p.
- Goguey, T. 1993a. Principales causas de la faible productivité du manguier (*Mangifera indica* L.). En: Journées FLHOR vergers tropicaux, CIRAD-FLHOR Montpellier: 111.
- Goguey, T. 1993b. Study of the effect of three flower-inducing substances on 'Kent' and 'Zill' mangoes- Acta Horticulturae, 341, 216-224.
- Gupta, U.C., Jame, Y.W., Campbell, C.A., Leyshon, A.J. y Nicholaichuk, W. 1985. Boron toxicity and deficiency: a review: Canadian Journal of Soil Science 65: 318-409.
- Guzman-Estrada, C. 2004. Evaluation of a biofertilizer, clearing and fruit bagging in mango Kent. Acta Horticulturae. 645:217-221.
- Guzmán Estrada, C.; Mosqueda Vázquez, R. y Alcalde-Blanco, S. 1997. Content and extraction of several nutrients by mango fruits of Manila cultivar. Acta Horticulturae, 455: 465-471.
- Haifa, Undated. Mango fertilizer: a fertilization program for mango trees. <https://www.haifa-group.com/mango-fertilizer-fertilization-program-mango-trees>. Downloaded 15/07/2019
- Hiroce, R., Piza Júnior, C.T., Kakuta, I. y Scalopi, E.J. 1986. Teor des nutrientes das folhas de mangueira do Estado de Sao Paulo, Brazil. En Anais Congresso Brasileiro. De Fruticultura, 8 Brasilia, DF. Brasilia, SBF: 371-379.
- Huete, M. and Salvador, S. 2007. Manual para la Producción de Mango. Proyecto de Diversificación Económica Rural. USAID-RED.
- Hundal, H.S., Singh, D. Y Brar, J.S. 2005. Diagnosis and Recommendation Integrated System for Monitoring Nutrient Status of Mango Trees in Submountainous Area of Punjab, India. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 36: 2085–2099.
- Isarangkool Na Ayutthaya, S., R. Taepongsorat, A. Dongsansuk y Techawongsatian, S. 2006. Growth and development and nitrogen, phosphorus, and potassium quantity in leaves of 'Mahachanok' mango after planting in 1 to 2 years. Agricultural Science Journal 37(6 special): 513-516. (in Thai).
- Iyer, C.P.A. 2004. Growing Mango Under Organic System. Acta Horticulturae, 645: 71-84.
- Jasmitha, B.G., Honnabyraiah, M.K. Anil Kumar S., Swamy G.S.K., Patil SV y Jayappa J. 2018. Effect of enriched biochar on growth of mango seedlings in nursery. International Journal of Chemical Studies; 6(6): 415-417.
- Kadman, A. y Gazit, S. 1984. The problem of iron deficiency in mango trees and experiments to cure it in Israel. Journal of Plant Nutrition, 7: 283-290.
- Kirkby, E.A. y Pilbeam, D.J. 1984. Calcium as a plant nutrient. Plant Cell and Environment, 7:397-405.

- Koo, R.C.J. y Young, T.W. 1972. Effects of age and position on mineral composition of mango leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 97(6): 792-794.
- Kostermans, A.J.G.H. y Bompard, J.M. 1993. The mangoes, their Botany, Nomenclature, Horticulture and Utilization. Academic Press. London. 233 pp.
- Kumar, N. Mango in India. Maximising yield and quality through adequate cultivation and nutrient management. Sulphate of Potash Information Board. [www.sopib.com](http://www.sopib.com).
- Kumar, S. y Nauriyal, J.P. 1977. Nutritional studies on mango – tentative leaf analysis standards. *Indian Journal of Horticulture*, 34: 100-106.
- Laborem, G.E., Avilán, L.R. y Figueroa, M. 1979. Extracción de nutrientes por una cosecha de mango (*Mangifera indica* L.). *Agron. Trop.*, 29 (1): 3-15.
- Leigh, R.A. y Wyn Jones, R.G. 1984. A hypothesis relating critical potassium concentrations for growth to the distribution and functions of this ion in the plant cell. *New Phytologist* 97:1-13.
- Levin, A. 2017. Ch. 10 Improving fertilizer and water-use efficiency in mango cultivation. *En Achieving sustainable cultivation of mangoes* (Galán Saúco, V. and Lu, P. (eds.) Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK: 269-312.
- Littlemore, J.; Winston, E.C.; Howitt, C.J.; O'Farrell, P. y Wiffen, D.C. 1991. Improved methods for zinc and boron applications to mango (*Mangifera indica* L.) cv. Kensington Pride in the Mareeba-Dimbulah district of North Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 31: 117-121.
- Litz, R.E. 2009. The Mango, Botany, Production and Uses. 2<sup>nd</sup> edition- CAB International. Wallingford. U.K.
- Mango Production Guide. Undated. Department of Agriculture. Bureau of Plant industry, Manila. The Philippines. <https://www.bdi.da.gov.ph>. Downloaded 15/11/2019
- Ma, X., Yao, Q., Ma, H., Wu, H., Zhou, Y. y Wang, S: 2018. Relationship between Internal Breakdown and Mineral Nutrition in the flesh of 'Keitt' mango. *Acta Horticultura*, 1217: 351-355.
- Marchal. J. 1991. Détermination des besoins en engrais du manguier dans le Nord de la Côte d'Ivoire. Bilan mineral du manguier cultivar Amélie. Rapport d'étude IRFA/CIRAD, 19 avril 1991. CIRAD Montpellier. 20 p.
- McKenzie, C.B. 1995. Field survey method for determining mango leaf norms. *South African Mango Growers' Association Yearbook*, 15: 48-53.
- Majunder, P.K. y Sharma, D.K. 1985. Mango. *In*: Bose, T.K. and Mitra, S.K. (eds.). *Fruits: Tropical and Subtropical*. Naya Prokash. Calcuta: 1-62.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher plants. 2<sup>a</sup> edn. Academic Press. London.
- McKenzie, C.B. 1993. The background skin colours of exported mango fruit in relation to tree nitrogen status. *South African Mango Growers' Association Yearbook*, 14: 20-28.
- McKenzie, C.B. 1995. Field survey method for determining mango leaf norms. *South African Mango Growers' Association Yearbook*, 15: 48-53.
- Medina-Méndez, J., Volke-Halle, V., Cortés-Flores, J. I., Galvis-Spínola, A., González-Ríos, J. y Santiago-Cruz, J. 2014. Estado Nutricional y Producción de Fruto de Mango (*Mangifera indica* L.), cv. Tommy Atkins en Suelos Luvisoles del Estado de Campeche, México. *Chapingo Serie Horticultura* 20(3): 253-268.
- Medina Urrutia, V.M. 1994. Poda and aspersion de nitrato de amonio para adelantar la cosecha de mango en Colima. 11<sup>o</sup> Congreso Latinoamericano de Genética y XV Congreso de Fitogenética Memorias. Sociedad Mejicana de Fitogenética A.C.: 209.

- Medina-Urrutia, V. M., Vázquez-García, M. y Virgen-Calleros, G. 2011. Organic Mango Production in Mexico: Status of Orchard Management. *Acta Horticulturae* 894: 255-263.
- Meurant, N.; Holmes, R.; MacLeod, N.; Fullelove, G., Bally., I.S.E: y Kernot, I. 1998. Mango Information Kit. Agrilink Series Queensland Department of Primary Industries. Nambour. Australia.
- Mosqueda-Vázquez, R. y de los Santos de la Rosa, F. 1981. Aspersiones de nitrato de potasio para adelantar e inducir la floración del mango cv. Manila en México. *Proceedings of the Tropical Region of the American Society for Horticultural Science*, 25: 311-316.
- Mostert, P.G. y Abercrombie, R.A. 1998. Soil requirements and soil preparation. *In*: E.A. de Villiers (ed.). *The Cultivation of Mangoes*. Institute for Tropical and Subtropical Crops ACR. LNR.: 19-26.
- Narwadkar, P.R. y Pandey, R.M. 1989. Studies on the Phosphorous translocation in Mango with special reference to alternate bearing. *Acta Horticulturae*. 231: 440-447.
- Nartvaranant, P., Subharabandhu, S. y Whiley, AW. 2002. Effect of soil boron appication on gummosis and leaf boron content of mango (*Mangifera indica* L) cvs. Khieo Sawoei and Nan Dok Mai. *Acta Horticulturae*. 575: 875-879.
- Nguyen, H., Hofman,P., Holmes, R., Bally, I.S.E., Stubbins,B. y McConchie, R. 2004. Effect of nitrogen on the skin colour and other quality attributes of ripe 'Kensington Pride' mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 79(2). DOI: 10.1080/14620316.2004.11511749.
- Ningning, C., Dian, L., Zhiqi L., Heli, H. y Xi, Y. 2010. Research on the Rules of Nutrition Content in Jinhuang Mango Leaves in Hainan. *Chinese Agricultural Science Bulletin* 26(8): 305-309. In Chinese with English abstract.
- Ningning,C.Dian, L., Heli, H., Xi, Y., Jie, X y Jianming, L. 2011. Research on the Annual Accumulation of Dry Matter and Nutrient in 'Jinhuang' Mango in Hainan. *Chinese Agricultural Science Bulletin* 27(22):243-246. In Chinese with English abstract.
- Núñez-Elisea, R. 1986. Producción temprana de mango 'Haden' y 'Manila' con aspersiones de nitrato de potasio. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro Estatal de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Campo Agrícola Experimental de Tecomán. Tecomán. Colima. México. Folleto para productores, 8: 9 pp.
- Núñez-Elisea, R. 1988. Nitrato de amonio: nueva alternativa para adelantar la floración y cosecha del mango. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro Estatal de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Campo Agrícola Experimental de Tecomán. Colima. México. Desplegable para productores, 8: 1 p.
- Oldoni, F.C.A, Lima, A.M.N., Cavalcante, I.H.L., de Sousa, K. dos S.M., Carneiro, M.A. y de Carvalho, I.R.B. 2018, *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal*, 2018, 40 (3): (e-622). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018622>.
- Oosthuysen, S.A. 1997a. Effect of KNO<sub>3</sub> sprays to flowering mango trees on fruit retention, fruit size and fruit quality. *Acta Horticulturae* 455: 359-366.
- Oosthuysen, S.A. 1997b. relationship between leaf nutrient concentration and cropping on fruit quality in mango. *South African Mango Growers' Association Yearbook* 17: 1-15.

- Oosthuysen, S.A. 1998. Effect of fertiliser applications to the soil after harvest on leaf nutrient concentrations in mango. S.A. Mango Growers Assoc. Yearbook 18:10-14.
- Oosthuysen, S.A, 2000 a. Cost reduction of powdery mildew control in mango with mono potassium phosphate. *Acta Horticulturae* 509:719-723.
- Oosthuysen, S.A, 2000 a. Determinations of Optimum Leaf Nutrient Concentrations Norms for a number of mango cultivars. South African Mango Growers' Association Yearbook 19 20: 8-13
- Oosthuysen, S.A. 2000 b. Use of the Remedial Measures Techniques to enhance Fruit Quality in Mango. South African Mango Growers' Association Yearbook 19-20: 27-29.
- Oosthuysen, S.A, 2006. CropKit. Special Plant Nutrition Guide. Mango. SQM Europe N. V. Belgium. [www.sqm.com](http://www.sqm.com)
- Panwar, R. Singh, S.K., Singh, C.P. y Singh, P.K. 2007. Mango fruit yield and quality improvement through fertigation along with mulch. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 77 (10): 680-684.
- Peralta-Antonio, Rebolledo-Martínez, N.A., Becerril-Román, A.E., Jaén-Contreras, D. y del Ángel-Pérez, A.L. 2014. Response to organic fertilization in mango cultivars: Manila, Tommy Atkins and Ataulfo. *J. Soil Sci. Plant Nutr* 14 (3) Epub 02-Ago-2014. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162014005000055>.
- Peralta-Antonio, N., Becerril-Román, A., Rebolledo-Martínez, A. y Jaén-Contreras. D. 2015. Estado nutricional foliar de tres cultivares de mango fertilizados con abonos orgánicos. *Idesia (online)* 33 (3): 65-72. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292015000300010>.
- Pinto, P.A. da C. Avaliação do estado nutricional da mangueira Tommy Atkins pelo DRIS e da qualidade pós-colheita de frutos no Submédio São Francisco. 2002. 124p. Dissertação (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brazil.
- Pinto, A. C, de Q., Ramos, V.H.V., Junqueira, N.V., Lobato, E. y de Souza, D. M. 1994. Relação Ca/N nas folhas e seu efeito na produção e qualidade da manga 'Tommy Atkins' sob condições de Cerrados. Abstract Congresso Brasileiro de Fruticultura 13, Salvador, Bahia. Brazil: 763
- Prakash, K., Vijayakumar, R.M., Balamohan, T.N. y Sundhar Singh, S.D. 2015. Effect of Drip Irrigation Regimes and Fertigation Levels on Yield and Quality of Mango Cultivar 'Alphonso' under Ultra High-Density Planting. *Acta Horticulturae* 1066: 147-150.
- Prasittikhet, D., Ruencharoen, S., Hinthao, U. y Luksanawimol, P. 2000. Preliminary study of Fertigation of Khiew Sawoey Mango. *Acta Horticulturae* 509:315-320.
- QDAF. 2015. Food for Fruit – Nutrition management in mangoes. AMIA. Part 1 – General Mango Nutrition and Part 2 – Designing a mango fertiliser program. [www.industry.mangoes.net.au/resource-collection/food-for-fruit-nutrition](http://www.industry.mangoes.net.au/resource-collection/food-for-fruit-nutrition).
- Quaggio, J.A. Adubação e calagem para a mangueira e qualidade dos frutos. In: São José, A.R.; Souza, I.V.B.; Martins Filho, J.; Morais, O.M. (ed.) Manga, tecnologia de produção e mercado. Vitória da Conquista: DBZ/UESB, 1996. p.106-135.
- Radanachalee, T. y Tiyyon, C. 2017. Good Agricultural Practices for Mango, Community Version 2, Chiang Mai Mango Growers Group Community Enterprise. 2<sup>nd</sup> edition. Center for Agricultural Resource System Research, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. 93 p. (in Thai).

- Raghupathi, H.B., Reddy, Y.T.N, Kurian Reju, M. y Bhargava, B.S. 2004. Diagnosis of Nutrient Imbalance in Mango by DRIS and PCA Approaches. *Journal of Plant Nutrition*, 27:7, 1131-1148.
- Rajput, M.S., Chadha, K.L. y Thakur, R.S. 1985. Standardization of leaf sample size for nutrient analysis in mango. *Indian Journal of Horticulture*, 42: 210-212.
- Raj, G.P. y Rao, A.P. 2006. Identification of Yield-Limiting Nutrients in Mango through DRIS Indices. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37: 1761–1774.
- Raja, M.E., Kumar, S: C: A. y Raju, S.Y. 2005. Boron deficiency in mango (*Mangifera indica* L.) a cause delineation study in acidic soils of Maharashtra. India. *Soil Science and Plant Nutrition* 51:751-754.
- Ram, S., Bist, I.D. y Sirohi, S.C. 1989. Internal fruit necrosis of mango and its control. *Acta Horticulturae* 231: 805-813.
- Reuter, D.J. y Robinson, J. B. 1986. *Plant Analysis – an Interpretation Manual*. Iakarta Press. Melbourne.
- Reuveni, M. Harpaz, M. y Reuveni, R. 1998. Integrated control of powdery mildew on field grown mango trees by foliar sprays of mono-potassium phosphate fertilizer, sterol inhibitor fungicides and the strobilurin kresosym-methyl. *European Journal of Plant Pathology* 104: 853-860.
- Rhuele, G.D. y Ledin, R.B. 1955. *Manga growing in Florida*. Florida Agriculture Experiment Station. Bull 574.
- Ríos, R. y Corella, F. 1999. Manejo de la nutrición y fertilización del mango en Costa Rica. Conferencia 83. XI Congreso Nacional Agronómico / III Congreso Nacional de Suelos: 277-290.  
[www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_xi/a50-6907-III\\_277.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_277.pdf) Downloaded at 05/08/2019
- Robbert, J.P. y Wolstenholme, B.N. 1993. Phenological cycles and seasonal carbohydrate fluctuations of three mango cultivars: An update on current research in the Nkwalini Valley, Natal. *South African Mango Growers' Association Yearbook*, 13: 2-10.
- Robbert, J.P., De Wet, E. y Coetzer, L.A. 1988. The influence of temperature and boron on pollen tube growth in mango. *South African Mango Growers' Association Yearbook*, 8: 4-6.
- Rossetto, C.I., Furlani, P.R., Bortoleto, N., Quaggio, J.A. y Igue, T. 2000. Differential response of mango varieties to boron. *Acta Horticulturae* 509. 259-264.
- Salazar-García, S., Medina-Torres, R., Ibarra Estrada, M. E., & González-Valdivia, J. (2018). Appropriate leaf sampling period for nutrient diagnosis in three mango cultivars. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 24(3), 167-179. doi: 10.5154/r.rchsh.2017.09.035
- Salisbury, F B. y Ross, C.W. 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth. Belmont. California.
- Samra, J.S. y Arora, Y.K. 1997. Mineral nutrition. In Litz, R.E. (ed.). *The Mango, Botany, Production and Uses*. CAB International. Wallingford. U.K: 175-201.
- Samra, J.S.; Thakur, R.S. y Chadha, K.L. 1977. Effect of foliar application of urea on yield and yield parameters of mango. *Indian Journal of Horticulture*, 234 (1): 26-29.
- Santasup, C. 2013. Nutrient Management. p. 227-238. In Radanachalee, T., Kampuan, W. and Jaroenkit, T. *Mango: Production and Postharvest Technology*. Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Chiang Mai. (in Thai).

- Schaffer, B.; Larson, K.D.; Snyder, G.H. y Sánchez, C.A. 1988. Identification of mineral deficiencies associated with mango decline by DRIS. *HortScience*, 23: 617-619.
- Schaffer, B.; Whiley, A. W. y. Crane, J.H. 1994. Mango. En: Schaffer, B. and Andersen. P. (eds.). *Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops*. Library of Congress. United States of America: 165-198.
- Scholefield, P.B., Oag, D.R. y Sedgley, M, 1986. The relationship between vegetative and reproductive development in the mango in Northern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 37:425-433.
- Sen, P.K., Roy, P.K. and De, B.N. 1947. Hunger signs on mango: *Indian Journal of Horticulture* 5: 35-44.
- Sergent, E. y Leal, F. 1989. Flowering induction in mango (*Mangifera indica*, L.) with KNO<sub>3</sub>. *Revista de la Facultad de Agronomía*. Universidad central de Venezuela 16:17-32.
- Sergent, E., Ferrari, D. y Leal, F. 1996. Effects potassium nitrate and paclobutrazol on flowering induction and yield of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden. *Acta Horticulturae* 455:180-187.
- Shinde, A. K., Dabke, D: J., Jadhav, B.B., Landalkar, M.P. y Burondkar, M.M. 2006. Effect of dose and source of potassium on yield and quality of Alphonso mango (*Mangifera indica* L.). *Indian Journal of Agricultural Science* 76: 213-217.
- Silva, D. J.; Pereira, J. R.; Mouco, M.A. do C., Albuquerque, J.A. de; Raij, B, Silva, C. A. 2004. Nutrição mineral e adubação da mangueira em condições irrigadas. Petrolina: Embrapa Semi-Árido. 13 p. (Embrapa Semi-Árido, Circular Técnica, 77).
- Silva, D. J., Quaggio, J. A., Pinto, P. A. da C.; Pinto, A.C. de Q. y Magalhaes, A: F. de J. 2002. Capítulo 10. Nutrição e Adubação. En: Genú, P. J. C. y Pinto. A. C. Q: (eds.) . *A Cultura da Mangueira*. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília: 191-222.
- Silva, D. J., Wadt, P.G.S. y Mouco, M.A. do C. 2012. Diagnose foliar da cultura da manga En: Prado, R., de M, (ed.). *Nutrição de plantas: diagnose foliar em frutíferas*. Jaboticabal. UNESP. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Zh.12:311-342.
- Singh, L. B. 1959. Biennial bearing in mango related to the chemical composition of shoots. *Hort. Adv.*, 3 : 50-75.
- Singh, L.B. 1960. The mango, botany, cultivation and utilisation. *World Crops Books*. Interscience Publishers. Nueva York: 438 p.
- Singh, R. 1969. Biennial bearing in mango (*Mangifera indica* L.). *Studies on apical dominance, flowering and fruit growth*. Ph.D. thesis, IARI, New Delhi.
- Smith, P.F. y Scudder, J.R. 1951. Some studies of mineral deficiency symptoms in mango. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 64: 243-248.
- Sohi, S., Loez-Capel, E., Krull, E. y Bol, R. 2009. Biochar's roles in soil and climate change: A review of research needs". *CSIRO Land and Water Science Report* 05/09, 64pp.
- Stanley, R. G. y Lichtenberg, E.A. 1963. The effect of various boron compounds on *in vitro* germination of pollen. *Physiologia Plantarum* 16:337-346.
- Stassen, P.J.C.; Janse Van Vuuren y Davie, J.S. 1997a. Macroelements in mango trees. Requirements Guidelines. *South African Mango Growers' Association Yearbook*, 17: 20-24.
- Stassen, P.J.C., Janse Van Vuuren y Davie, J.S. 1997c. Uptake, distribution and requirements of macro elements in Sensation mango. *South African Mango Growers' Association Yearbook* 17: 16-19.

- Stassen, P.J.C., Mostert, P.G. y Smith, B.L. 1999. Mango tree nutrition. A crop perspective. *Neltropika Bulletin* 303:41-51.
- Stassen, P.J.C.; Grove, H.G. y Davie. J.S. 2000. Macroelements in mango trees. *Acta Horticulturae*,509(1): 365-374.
- Suktamrong, A., O. Surayapan, P. Laksanawimol, J. Prasitket, R. Khamlert y Fuangchan, S. 2002. Plant nutrition management for mango yield increase and quality control. Final report. The Thailand Research Fund (TRF), Bangkok. 282 p. (in Thai).
- Tiwari, J.P. y Rajpit, C.B.S. 1975. Significance of nitrogen on the growth, flowering and fruiting of mango cultivars. *Acta Horticulturae*, 57:29-36.
- Tomlinson, I.R. y Smith, B.L. 1998. Principles of liming and fertilization. **En:** E.A. de Villiers (Ed.). *The cultivation of Mangoes*. Institute for Tropical and Subtropical Crops. Nelspruit. South Africa: 91-103.
- Tong Kwee. L. y Khay Chong, K. 1985. *Diseases and Disorders of Mango in Malaysia*. Tropical Press SDN. BHD. Kuala Lumpur. Malaysia
- Tongumpai, P., Charnwichit, S., Srisuchon, S., Subhadrabandhu, S. y Ogata, R. 1997. Effect of thiourea on terminal bud break of mango. *Acta Horticulturae*, 455:71-75.
- Vásquez Hernández, A., Meneses Márquez, I. y Cabrera Mireles. H. 2011. Nutrición en Mango. En Memoria IV Jornada de transferencia de tecnología en el cultivo del mango. Fundación Produce Sinaloa, A.C: 43-56.
- Vincenot D., 2003. Elaboration et développement d'un programme de lutte intégrée en vergers d'agrumes et de manguiers à l'île de La Réunion. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, France, 67 p. + annexes.
- Vincenot D. (ed) y Normand F. (ed) 2009. Guide de production intégrée de mangues à La Réunion. CIRAD et Chambre d'Agriculture de la Réunion, Saint-Pierre, Ile de la Réunion, 122 p.
- Wolstenholme, B.N. y Robbert, J.P. 1991. Some horticultural aspects of the mango yield. Problems and opportunities for research. *South African Mango Growers' Association Yearbook*, **11**: 11-16.
- Wadt, P.G.S. 1996. Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto. 1996. 99p. Dissertação (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Walworth, J.L y Sumner, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Adv. Soil Sci.*, 6, 149–188.
- Whiley, A.W. 1984. Crop Management – A review. *Proceedings First Australian Mango Research Workshop*. Cairns. Queensland. 26-30 November 1984: 186-195.
- Whiley, A.W. y Schaffers, B. 1997. Stress Physiology. En: Litz, R.E. (ed.). *The Mango, Botany, Production and Uses*. CAB International. Wallingford. UK.: 147-176.
- Xiao- Tian, L., Dian, L., Hua-dong, L. y Zheng, Y. 2013, The rules of nutrition contend of N P K in Tainong mango. *China Academic Journal Electronic publishing office* (<http://www.cnki.net>) doi: 10. 11838/sfsc. 20130613. In Chinese with English abstract.
- Yara. Undated. Tropical Fruit Tree Plant Master. **www.yara.com**. Downloaded 25/05/2018.
- Young, T.W. y Koo, R.C.J. 1969. Mineral composition of Florida mango leaves. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 82: 324-328.
- Young, T.W. Koo, R.C.J. y Miner, J.T. (1962). Effects of Nitrogen, Potassium and Calcium Fertilization on Kent Mangos on Deep, Acid, Sandy Soil. *Florida State Horticultural Society*: 364-371.

- Young, T.W. y Koo, R.C.J. 1974. Increasing mango yield of 'Parvin' and 'Kent' mangoes on Lakewoods sands by increased nitrogen and potassium fertilisation. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 87: 380-384.
- Young, T.W. y Sauls, J.W. 1979. The mango industry in Florida. Florida Cooperative Extension Service Bull, 189: 70 pp.

**ANEJO 1. LISTA DE PERSONAS ENTREVISTADAS** (incluye no solo a aquellas que han contestado a la encuesta sino también otras que han aportado información valiosa para este informe)

**Australia**

Joanne Tilbrook  
Plant Industries Development  
Department of Primary Industry and Resources  
[joanne.tilbrook@nt.gov.au](mailto:joanne.tilbrook@nt.gov.au)  
Teléfono: +61 8 89992306  
[www.dpif.nt.gov.a](http://www.dpif.nt.gov.a)

**Brasil**

Francisco Pinheiro Lima Neto  
EMBRAPA Semiárido  
[pinheiro.neto@embrapa.br](mailto:pinheiro.neto@embrapa.br)  
Teléfono (oficina y móvil): +55 (87) 3866-3600 | + 55 (74) 3617-7117  
+ 55 (74) 9-9121-9227

Davi José Silva  
EMBRAPA Semiárido  
[davi.jose@embrapa.br](mailto:davi.jose@embrapa.br)  
Teléfono (oficina y móvil): +55.87.3866.3644

Altamir Guilherme Martins  
Finobrasa Agroindustrial S/A  
[altamir@finoagro.com.br](mailto:altamir@finoagro.com.br)  
Teléfono (oficina y móvil): +55 84 3335 22 16 y +55 84 99138 42 93

Italo Herbert Lucena Cavalcante  
Federal University of São Francisco Valley  
[italo.cavalcante@univasf.edu.br](mailto:italo.cavalcante@univasf.edu.br)  
Teléfono (oficina y móvil): +55 87 21014865 / +55 87 996798734

**Colombia**

Diego Miranda Lasprilla  
Universidad Nacional de Colombia  
[dmirandal@unal.edu.co](mailto:dmirandal@unal.edu.co)  
Teléfono (oficina) 57-1-3165000 (ext. 19051) móvil 57-1-3166259668.

**Costa de Marfil**

Achille Aimé N'da Adopo.  
National Agronomic Research Center (CNRA)  
([Achille\\_adopo@yahoo.fr](mailto:Achille_adopo@yahoo.fr))  
Teléfonos: oficina = 00 (225) 36 86 09 71 y móvil= 00 (225) 07 09 02 60/02 00 86 46

**Costa Rica**

Jimmy Roberto Gamboa Porras  
Consultor privado y jubilado del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA)  
[jimgamp@gmail.com](mailto:jimgamp@gmail.com)  
Teléfono móvil: 506-83769773; casa: 506-22754816.

**Chile**

Consultor privado

Jorge Alache González.  
([j-alache@hotmail.com](mailto:j-alache@hotmail.com))  
Teléfono oficina 56-58-2214500 móvl: 56-999056617

### **China**

Hongxia Wu  
South Subtropical Crops Research Institute Guangdong Province  
([whx1106@163.com](mailto:whx1106@163.com))  
Teléfono +86 0759-2859312

### **Repuública Dominican a**

Carlos José Jiménez  
Ministerio de Agricultura  
[carlosjimenez21033@hotmail.com](mailto:carlosjimenez21033@hotmail.com)  
Teléfono (oficina y móvil) (1) 809-547-3888 ext 080/809-714-3832

### **Egipto**

Adel Ahmed Aboul-Saud  
Horticulture Research Institute. Cairo  
[adelaboelsoaud@gmail.com](mailto:adelaboelsoaud@gmail.com)

### **Ecuador**

Diego F. Salvador. G.  
Manager of plantings from Durexporta Mango Group  
([dsalvador@guitrان.com](mailto:dsalvador@guitrان.com))  
Teléfonos (oficina y móvil): 593-999401420/593-993735685

### **España**

Pedro Modesto Hernández Delgado. Departamento de Fruticultura Tropical. Instituto Canario de Investigaciones. Islas Canarias  
([pmherdel@gmail.com](mailto:pmherdel@gmail.com)) ([pmdelgado@icia.es](mailto:pmdelgado@icia.es))  
Teléfono 34 922923307

José Jorge González Fernández/Ignacio Hormaza Urroz  
IHSM La Mayora, CSic. Málaga  
[ihormaza@eelm.csic.es](mailto:ihormaza@eelm.csic.es)

### **Francia**

Frédéric Normand  
CIRAD. Reunion Island  
[normand@cirad.fr](mailto:normand@cirad.fr)  
Teléfonos (oficina y móvil) (+262) 262969364 / (+262) 692201882

### **Filipinas**

Pablito M. Magdalita  
Institute of Crop Science, UPLB  
[pabsmagdalita@gmail.com](mailto:pabsmagdalita@gmail.com)  
Teléfono 639217648938

### **Guatemala**

.Carmelino García / Alan Pérez  
Departamento de Fruticultura y Agroindustria –DEFRUTA-Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA. Suchitepéquez  
[alanmangos@yahoo.com](mailto:alanmangos@yahoo.com)

Teléfono (móvil) 32140541

Santos Marroquin  
Comunidad Agraria La Verde. Chmpanico. Retalhuleu  
Teléfono 41841951

Salvin Yac  
Finca El Mango.  
Comunidad Agraria El Mango. Chmpanico. Retalhuleu  
Teléfono :49432427

### **India**

P. M. Haldankar  
Secretary General & Director of Research  
Balasaheb Sawant Konkan Krishi Vidyapeeth, Dapoli  
[dorbskkv@rediffmail.com](mailto:dorbskkv@rediffmail.com)  
Teléfonos (oficina y móvil) 02358-282417/ 9421809721

### **Indonesia**

Sri Yuliati  
Indonesian Tropical Fruit Research Institute  
[sriyuliati\\_balitbu@yahoo.com](mailto:sriyuliati_balitbu@yahoo.com)  
Teléfonos (oficina y móvil): +62 755-20137/+62 82169924559

### **Israel**

Micky Noy.  
Ministry of agriculture. Extension Service. Israel.  
[mazorknoy@gmail.com](mailto:mazorknoy@gmail.com)  
Teléfono 972-506241605

Nurit ben Hagai  
Director of the Soil Laboratory for the North East of Israel  
[nuritgamla@gmail.com](mailto:nuritgamla@gmail.com)

### **Japón**

Chitose Honsho  
University of Miyazaki  
[chitose@cc.miyazaki-u.ac.jp](mailto:chitose@cc.miyazaki-u.ac.jp)

### **México**

Víctor Manuel Medina Urrutia. CUCBA-Universidad de Guadalajara  
([muv20099@cucba.udg.mx](mailto:muv20099@cucba.udg.mx)) ([vmmedinau@gmail.com](mailto:vmmedinau@gmail.com))  
Teléfonos (oficina y móvil): +52-3337771150 ext.33128/3316054252

Samuel Salazar  
INIFAP. Nayarit  
[samuelsalazar@prodigy.net.mx](mailto:samuelsalazar@prodigy.net.mx)  
[salazar.avocado@gmail.com](mailto:salazar.avocado@gmail.com)

### **Omán**

Rashid Al Yahyai  
Sultan Qaboos University

[alyahyai@gmail.com](mailto:alyahyai@gmail.com)  
Teléfono +968-24141201

### **Pakistán**

Aman Ullah Malik  
Director, Institute of Horticultural Sciences  
University of Agriculture, Faisalabad  
[malikaman1@gmail.com](mailto:malikaman1@gmail.com)  
Teléfonos (oficina y móvil): +92-41-9200161-69/2941/2944

Hameed Ullah  
Director Mango Research Institute, Multan  
[mrimultan@yahoo.com](mailto:mrimultan@yahoo.com)  
Teléfono 92-614423535

### **Perú**

Angel Gamarra Condori  
PROMANGO  
[angeldiga@promango.org](mailto:angeldiga@promango.org)  
Teléfonos (oficina y móvil): +51 073 311054 +51 969686129

Fernando Ché Hidalgo  
Dominus SAC  
[fche@dominus.com.pe](mailto:fche@dominus.com.pe)  
Teléfono [+51 945131092](tel:+51945131092)

### **Portugal**

Luís Dantas  
Centro de Experimentação de Fruticultura das Quebradas. Madaira  
[luis.dantas@madeira.gov.pt](mailto:luis.dantas@madeira.gov.pt)  
Teléfono +351 291 761211

### **Puerto Rico**

Yair Aron  
Martex Farms  
[yairaron@martexfarms.com](mailto:yairaron@martexfarms.com)  
Teléfonos (oficina y móvil): 1-787-845-4909/1-787-385-8901

### **Sri Lanka**

H.M.S. Heenkenda  
Secretario adicional jubilado (Agriculture Technology) to the Ministry of Agriculture  
[subhahkn@yahoo.com](mailto:subhahkn@yahoo.com)  
Teléfonos (oficina y móvil): 0094812420890; Mobile: 0094714455690

### **Sudáfrica**

Pieter Buys  
Nyalani Estates (Pty) Ltd. / South African Mango Growers Association.  
[buyspb@gmail.com](mailto:buyspb@gmail.com)  
Teléfono: +27 82 577 6431

Steve Oosthuysen

Hort Research SA  
[hortres@pixie.co.za](mailto:hortres@pixie.co.za)

**Tailandia**

Daruni Naphrom/Chantalak Tiyyon  
Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University  
[dnaphrom@gmail.com](mailto:dnaphrom@gmail.com)/ [chantalak@gmail.com](mailto:chantalak@gmail.com)  
Teléfonos (oficina y móvil): 66-53-944-040-1 66-85-036-5649

**Taiwán**

Chang, Chin-Hsing  
Institution: Tainan District Agricultural Improvement Station  
[cschang@mail.tndais.gov.tw](mailto:cschang@mail.tndais.gov.tw)  
Teléfono: oficina +886-6-5912901; móvil +886-933299047

**USA**

Jonathan H. Crane  
University of Florida, IFAS, Tropical Research and Education Center  
[jhcr@ufl.edu](mailto:jhcr@ufl.edu)  
Teléfonos (oficina y móvil): 786-217-9271, 786-255-5878

**Vietnam**

Tran Van Hau.  
College of Agriculture and Applied Biology, Can Tho University  
[tvhau@ctu.edu.vn](mailto:tvhau@ctu.edu.vn)  
Teléfono móvil: 84918 240259

## ANEJO 2. ENCUESTA SOBRE NUTRICIÓN y FERTILIZACIÓN DEL MANGO

Nombre:

Centro de trabajo:

País:

Dirección postal: Teléfonos (oficina y móvil):

1) ¿Cómo establece usted un PROGRAMA DE ABONADO para una plantación de mangos?

- A) Basado en análisis de suelo
- B) Basado en análisis foliar
- C) Basado en ambos
- D) En base a extracciones de cosecha
- E) Teniendo en cuenta A), B) y C)
- F) Siguiendo recomendaciones tradicionales en su país
- G) Siguiendo recomendaciones generales de la bibliografía de otros países
- H) Por algún otro medio

2) EXTRACCIONES DE COSECHA

Si tiene datos no publicados para su zona de cultivo rellene por favor la siguiente tabla. Si dispone del dato indique el cultivar, patrón y tipo de suelo al que se refieren estos valores. Si estos valores están publicados indique pf. la cita bibliográfica y/o envíeme pf. la publicación

Elemento	Extracciones de cosecha por tonelada producida (kg/ha) (*)
N	
P	
K	
Ca	
Mg	
Fe	
Cu	
Mn	
Zn	
B	

(\*) Puede indicarlo en otras unidades (P.ej. ton/acre)

3) ANÁLISIS DE SUELO

Si tiene datos no publicados para su zona de cultivo rellene por favor la siguiente tabla. Si dispone del dato indique el cultivar, patrón y tipo de suelo al que se refieren estos valores. Si estos valores están publicados indique pf. la cita bibliográfica y/o envíeme .la publicación

Elemento	Nivel en suelo (mg/kg) (*)		
	Bajo	Medio	Alto
N			
P			
K			
Ca			
Mg			
Fe			
Cu			
Mn			
Zn			
B			

(\*) Puede indicarlo en otras unidades (p. ej. % o cmol/kg)  
Indique también la técnica de extracción

#### 4) ANÁLISIS FOLIAR

Si tiene datos no publicados para su zona de cultivo rellene pf. la siguiente tabla. Si dispone del dato indique el cultivar, patrón y tipo de suelo al que se refieren estos valores. Si están publicados indique la cita y/o envíeme pf. la publicación.

Elemento	Nivel foliar (%) (*)		
	Mínimo	Apropiado	Alto
N			
P			
K			
Ca			
Mg			
Fe			
Cu			
Mn			
Zn			
B			

- (\*) Puede indicarlo en otras unidades (p. ej. ppm). Indique pf. si los valores son para árboles jóvenes o adultos y cuáles son sus normas y estación de muestreo.
- 5) Si en su zona/país existe un programa de abonado recomendado de forma general para una plantación de mangos detállelo pf. a continuación, y/o indique la cita bibliográfica y/o envíeme la publicación
- 6) ¿Cómo aportan uds. los nutrientes al mango?
- A) Vía foliar
  - B) Al suelo
  - C) A través de fertiirrigación
  - D) Por vía foliar y al suelo
  - E) Por vía foliar y a través de fertiirrigación
- 7) Digan pf. Si tienen en cuenta el estado fenológico a la hora de aplicar los nutrientes
- 8) Digan pf. si han encontrado relación directa entre la aplicación de un nutriente o abono o la relación entre los mismos (p.ej. Ca/N) sobre:
- A) Aumento del rendimiento
  - B) Inducción de la floración
  - C) Cuajado del fruto
  - D) Calidad de la fruta (tamaño, forma, contenido en azúcar o acidez...)
  - E) Tolerancia al frío.
  - F) Tolerancia a la descomposición interna
  - G) Tolerancia a plagas y enfermedades (Indique a cuáles por favor)
  - H) Vida de anaquel
  - I) Alguna otra influencia
- 9) Sí Tiene Ud, información específica no publicada sobre valores de las relaciones Ca/N, Ca/K, Mg/K, o cualquier otra relación entre nutrientes consideradas idóneas para mangos en suelo o en hoja le agradecería que me la hiciera saber,. Si está publicada indique pf. la cita bibliográfica y/o envíeme la publicación.
- 10) Utiliza ud. abonos químicos, orgánicos o ambos. Por favor indique cuáles y si los aporta por vía foliar o al suelo bien directamente o a través de fertiriego.
- 11) Indique por favor si tiene Ud. alguna publicación (científica, de extensión u otra) y/ o conferencia o power point específica sobre fertilización en mangos en su país. Si está agradecería me la enviaran por email o me indicaran si no la referencia para poderla obtener.
- 12) Si trabaja en un Centro de Investigación (público o privado) o Universidad, conteste por favor a las siguientes preguntas
- A) Indique, por favor, si está trabajando en alguna investigación sobre abonado en el cultivo del mango o incluso sobre otro frutal. Caso positivo especifíquela por favor
  - B) Díganos, por favor, si está Ud. o alguien de su institución interesado en alguna línea de investigación sobre fertilización en mango. Por favor especifíquela.
  - C) Díganos si está interesado en ensayos futuros de cooperación sobre fertilización del mango
- 13) Añada algún otro comentario que desee

### ANEJO 3. ANÁLISIS DE SUELO INDICADOS EN LA ENCUESTA

**Pregunta:** Si tiene datos no publicados para su zona de cultivo rellene por favor la siguiente tabla. Si dispone del dato indique el cultivar, patrón y tipo de suelo al que se refieren estos valores. Si estos valores están publicados indique pf. la cita bibliográfica y/o envíeme pf. la publicación

Elemento	Nivel en suelo (mg/kg) (*)		
	Bajo	Adecudo	Alto
N			
P			
K			
Ca			
Mg			
Fe			
Cu			
Mn			
Zn			
B			

(\*) Puede indicarlo en otras unidades (p. ej. % o cmol/kg). Indique también la técnica de extracción

#### Respuesta:

**Ninguna información:** Francia (Isla de la Reunión), España (Málaga e Islas Canarias), Israel, Sri Lanka, Omán, Chile, Puerto Rico, Florida, Costa de Marfil, Guatemala, Japón, Colombia, India

#### Información de los países

México.- Cultivares Ataulfo, Manila y Tommy Atkins, sobre patrón criollo poliembriónico en un suelo de pH 6,5

Elemento	Nivel en suelo (experimental) (mg/kg) Bajo
N	17,1
P	18,4
K	303,1
Ca	2568,2
Mg	461,8
Fe	23,1
Cu	1,6
Mn	15,3
Zn	1,5
B	

Brasil.-

Universidade Federal do Vale do São Francisco

Elemento	Nivel ensuelo Adecuado
N	<10
P	60-80
K	0,25-0,4 meq/100 g
Ca	3 - 5 meq/100 g
Mg	0,75 – 1,25 meq/100 g
Fe	4 - 100 mg/kg
Cu	0.3 – 10 mg/kg
Mn	4 – 50 mg/kg
Zn	2 – 15 mg/kg
B	1 - 2 mg/kg

EMBRAPA

Elemento	Nivel en suelo (mg/kg)		
	Bajo	Adecuado	Alto
N			
P	< 10	10-40	> 40
K	< 62	62-175	> 175
Ca	<400.....		> 1000
Mg	< 96.....		> 180
Fe	< 8	19-30	> 45
Cu	0,3	0,8-1,2	1,8
Mn	2,0	6,0-8,0.....	12,0
Zn	0,4	1,0-1,5	2,2
B	0,15	0,36-0,60	0,90

Finobrasa Agroindustrial S.A

Element	Nivel en suelo		
	Bajo	Adecuado	Alto
N	-	-	-
P – ppm	<10	10 – 20	>20
K – mmolc/dc <sup>3</sup>	<30	30 – 60	>60
Ca – mmolc/dc <sup>3</sup>	<10	10 – 20	>20
Mg – mmolc/dc <sup>3</sup>	< 3	3 – 5	> 5
Fe – ppm	<20	20 – 80	>80
Cu			
Mn – ppm	< 1	1 – 2	> 2
Zn – ppm	< 5	5 – 8	> 8
B	-	-	-

Ecuador.-

Elemento	Nivel en suelo		
	Bajo	Adecuado	Alto
N (ppm)	< 20	20-40	>40
P (ppm)	<10	10-20	>20
K) (meq/100ml)	<0.2	0.2-0.4	>0.4
Ca(meq/100ml)	<4	4-8	>8
Mg(meq/100ml)	<1	1-2	>3
Fe (ppm)	< 20	20-40	>40
Cu (ppm)	<1.1	1-4	>4
Mn (ppm)	<5	5-15	>15
Zn (ppm)	>3	2-7	>7
B (ppm)	0.2	0,5-1	>0,49
Cl (ppm)	>17	17-34	>33
Al (meq/100ml)	<0,51	0,51-1,5	>1,5
Na (meq/100ml)	>0,31	0,31-1,0	>1,0
OM (Organic matter) (meq/100ml)	<3,1	3,1- 5,0	>5,0

Perú.-

(Dominus)

Elemento	Nivel en suelo		
	Bajo	Adecuado	Alto
N	1,15%		
P	26,1 mg/Kg		
K	172,56 ppm		
Ca	78%		
Mg	20%		
Fe	62,1 ppm		
Cu	13,2 ppm		
Mn	6,1 ppm		
Zn	16,4 ppm		
B	0,3 ppm		

(Promango)

Elemento	Nivel en suelo		
	Bajo	Medio	Alto
N %	0.01		
P ppm	9		
K ppm	173		
Ca meq	6.23		
Mg meq	1.3		
Fe			
Cu			
Mn			
Zn			
B			

República Dominicana.-

Elemento	Nivel en suelo (mg/kg)		
	Bajo	Medio	Alto
N (M.O.)	1,24		
P	0,3		
K	0,05		
Ca	70,3		
Mg	28		
Fe	0,9		
Cu	0,7		
Mn	0,7		
Zn	0,3		
B			

Costa Rica.-

Las determinaciones de K, P, Mn, Cu, Zn Fe fueron hechas con el método Olsen modificado (Olsen EDTA) 1:10.

Las determinaciones de Al, Ca y Mg y la acidez extractable fueron hechas con el extracto de solución de KCl 1N, 1:10. El valor del pH fue medido ag 1:2.5

Las determinaciones de S y B fueron hechas con con un extracto de  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$  en una proporción de 1:2,5. La determinación de N con el método de quemado de Dumas

Elemento	Nivel en suelo		
	Bajo	Adecuado	Alto
N	0,2-0,3%		
P	11-20 mg/l		
K	0,21-0,40 Cm(+)/l		
Ca	4-20 Cm(+)/l		
Mg	1-10 Cm(+)/l		
Fe	10-50 Mg/l		
Cu	1-20 Mg/l		
Mn	5-20 Mg/l		
Zn	3-15 Mg/l		
B	0,8 ppm		

China\_(continental).-

Elemento	Nivel en suelo (mg/kg)		
	Bajo	Adecuado	Alto
N	14,85	57,81	102,39
P	3,71	11,98	32,03
K	20,50	72,42	141,50
Ca	30,69	143,60	253,30
Mg	4,55	9,85	20,20
Fe	6,32	26,39	59,95
Cu	0,31	1,25	3,64
Mn	12,44	46,89	99,89
Zn	0,21	2,27	5,35
B	132,0	350,35	596,00

China (Taiwán).-

Elemento	Nivel en suelo (mg/kg)
N	-
P	<u>20~100</u>
K	<u>80~180</u>
Ca	<u>570~1145</u>
Mg	<u>48~97</u>
Fe	=
Cu	<u>&lt; 20</u>
Mn	=
Zn	<u>&lt;50</u>
B	-

Vietnam.-

Elemento	Nivel en suelo
N <sub>total</sub>	Bajo rendimiento: 0,11% Medio: 0,13% Alto: 0,22% Muy alto: 0,29%
P <sub>2</sub> O <sub>5total</sub>	Bajo rendimiento: 0,20% Medio: 0,17% Alto: 0,14% Muy alto: 0,18%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cambiable	Bajo rendimiento: 6,85 <sup>b</sup> mg/100 g Medio: 7,11 Alto: 7,73 Muy alto: 13,63
K <sub>total</sub>	Bajo rendimiento: 1,54% Medio: 1,46% Alto: 1,59% Muy alto: 1,63%
Ca cambiable	Bajo rendimiento: 10,32 meq/100 g Medio: 9,52 Alto: 11,44 Muy alto: 15,24
Mg cambiable	Bajo rendimiento 3,45 meq/100 g Medio 4,41 Alto: 4,71 Muy alto 5,85-

Tailandia.-

Datos de Deewan y Popan. (2015). Las muestras fueron recogidas a 0-30 cm de profundidad en huertos cultivados según las normas GAP. La técnica de extracción utilizada es la del método descrito en Soil Sciences Staff. 1998. Elementary Soil Sciences, 9ª edición. Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. (en Thai)

Elemento	Nivel en suelo (mg/kg)		
	Bajo	Adecuado	Alto
	Edad de la planta de mango		
	4-6 años	7-12 años	13-16 años
N	-	-	-
P	3,15	3,04	1,45
K	28,7	2,0	38,0
Ca	988,0	2189,0	1729,0
Mg	278,0	221,0	443,0
Fe	6,68	16,3	1,5
Cu	-	-	-
Mn	5,83	47,7	58,3
Zn	0,14	0,07	0,13
B	-	-	-

Indonesia.-

Ultisol deSitubondo, Este de Java

Elemento	Método	Nivel en suelo
N (%)	Kjeldhal	0,15 (bajo)
P (%)	Olsen	1,6 (bajo)
K (%)	Morgan	1,67 (bajo)
Ca (cmol/kg)	NH4-acetato 1 N pH 7	20,99 (adecuado)
Mg (cmol/kg)	NH4-acetato 1 N pH 7	6,31 (adecuado)
Fe (mg/kg)	DTPA	14,31 (alto)
Cu (mg/kg)	DTPA	1,8 (alto)
Mn(mg/kg)	DTPA	33 (alto)
Zn (mg/kg)	DTPA	1,0 (adecuado)
B (mg/kg)	DTPA	0,6(adecuado)

Pakistán

Elemento	Nivel en suelo (mg/kg)		
	bajo	Adecuado	Alto
N (Orgánica Materia %) Walkey-Black	< 0,86	1,29	>1,29
P (NaHCO <sub>3</sub> Method)	<8	8-15	> 15
K(NH <sub>4</sub> OAc)	<100	100-150	>150
Ca	-		
Mg	-		
Fe (DTPA)	<4,5	>4,5	
Cu (DTPA)	<0,2	0,2-0,5	>0,2
Mn (DTPA)	<1,0	1,0-2,0	>2,0
Zn (DTPA)	<0,5	0,5-1,0	>1,0
B (HCl)	<0,45	0,45-1,0	>1,0

Sudáfrica.-

Condiciones ideales de suelo

Elemento	Nivel en suelo		
	Bajo	Adecuado	Alto
N (M.O.)			
P (ppm)		30-60	
K (%)		7.5-9	
Ca (%)		65-70	
Mg (%)		15-20	
Fe (ppm)		10-20	
Cu (ppm)		1-2	
Mn (ppm)		6-10	
Zn (ppm)		4-10	
B (ppm)		0.5-2	
Na		<1	
S (ppm)		<20	

Capacidad de cambio catiónico (CEC) según tipo de suelo en c mol//kg:

Tipo de suelo	CEC
Arena	1.5-7
Limo	8-25
Suelo con high clay%	20-60
Arcilla caolinita	5-15
Arcilla iolita	15-40
Arcilla monmorillonita	40-120
Húmico	100-400

Madeira (Portugal)

Elemento	Nivel en suelo		
	Bajo	Adecuado	Alto
N			
P	183 ppm		
K	936 ppm		
Ca	18,4 meq/100g		
Mg	8,1 meq/100g		
Fe	150 ppm		
Cu	8 ppm		
Mn	260 ppm		
Zn	10 ppm		
B	0,7 ppm		

Egipto

Elemento	Nivel en suelo		
	Bajo	Adecuado	Alto
N (%)	<1	1-1,5	2,3-5
P (ppm)	<20	20-30	>40
K (ppm)	50-100	100-150	>300
Ca (ppm)	<1000	1000-1500	>2000
Fe (ppm)	<3,5	3,5-5,5	>7,5
Cu (ppm)	<0,5	0,5-1,0	>1,5
Mn (ppm)	<1	1-1,5	>30
Zn (ppm)	<0,5	0,5-1,0	>1,5
B (ppm)	0,25	0,25-0,50	>1,25

## ANEJO 4. PROGRAMAS DE ABONADO EN DIFERENTES PAÍSES

**Pregunta** ¿Cómo establece usted un PROGRAMA DE ABONADO para una plantación de mangos?

- A) Basado en análisis de suelo
- B) Basado en análisis foliar
- C) Basado en ambos
- D) En base a extracciones de cosecha
- E) Teniendo en cuenta A), B) y C)
- F) Siguiendo recomendaciones tradicionales en su país
- G) Siguiendo recomendaciones generales de la bibliografía de otros países
- H) Por algún otro medio

**Respuesta:**

Basado en análisis de suelo:

Sri Lanka, Madeira, Tailandia, Guatemala, Japón, Israel

Basado en análisis foliar

Málaga

Basado en ambos

Indonesia, México, Florida, Pakistán, República Dominicana, Costa de Marfil, Sudáfrica, Taiwán, Puerto Rico, Costa Rica, Vietnam, Egipto, Australia, Perú, Colombia, Brasil, Ecuador, Guatemala, Islas Canarias

Basado en las extracciones de cosecha

Costa Rica, Tailandia, Filipinas (1)

Teniendo en cuenta A), B) y D)

Costa Rica, Vietnam, Egipto, Australia, Perú, Colombia, Brasil, Ecuador, Filipinas

Siguiendo las recomendaciones tradicionales de su país,

Puerto Rico, Francia (Islas de la Reunión), Israel, Tailandia, India, Guatemala, Florida, Costa de Marfil, Japón, Taiwán, Filipinas

Siguiendo las recomendaciones de literatura

Costa Rica, Omán, Florida, Chile, China, Filipinas

De otra manera

Israel y Brasil (rendimiento esperado), Costa de Marfil (color y calidad de la pulpa)

(1) **Abonado basado en las extracciones de cosecha** para mango ‘Carabao’ (extraído de una conferencia del Dr. Calixto Protacio en Fisiología de cultivo aplicada a la producción de fruta fuera de estación)

Frutos de ‘Carabao’ conteniendo 0,3 – 0,15 – 3,0 kg de NPK / ton

### A) Extracción de nutrientes /ha

- Si el rendimiento es 6 tons/ ha, multiplique lo anterior por 6 = 1,8- 0,9- 18 kg de NPK extraído por ha.
- Si el rendimiento es 10 tons/ha, multiplique lo anterior por 10 = 3,0 – 1,5 – 30 kg de NPK extraído por ha.

### B) Cantidad de fertilizante necesario por árbol:

Divida las cifras anteriores por el número de árboles por ha

- Si hay 100 árboles por ha, = ,03 N - ,015 P – 0,3 K equivalente a 65 g urea – 70 g superfosfato- 500 g muriato de potasio/árbol
- Si su rendimiento es de 130 tons/ha, entonces hay que multiplicar por 3

Para árboles grandes:

- Si su densidad de plantación es 25 árboles /ha (a 20x20 m), entonces se necesitan las siguientes cantidades de abonos:

= 260 g urea + 280 g superfosfato + 2,000 g muriato de potasio/árbol

(Estas son también las cantidades a aplicar cuando un árbol produce 400kg de fruta)

## ANEJO 5. ANÁLISIS FOLIAR. RESULTADOS EXTRAÍDOS DE LA ENCUESTA.

### Pregunta

Si tiene datos no publicados para su zona de cultivo rellene la siguiente tabla. Si lo sabe indique el cultivar, patrón y tipo de suelo para estos valores. Si estos estuvieran publicados indique por favor la cita bibliográfica y/o envíeme la publicación

Elemento	Nivel foliar (%) (*)		
	Mínimo	Apropiado	Alto
N			
P			
K			
Ca			
Mg			
Fe			
Cu			
Mn			
Zn			
B			

(\*) Puede indicarlo en otras unidades (p. ej. ppm). Indique pf. si los valores son para árboles jóvenes o en plena producción y cuáles son sus normas y estación de muestreo.

### Respuesta:

No indicaron información: Madeira, Israel, Costa Rica, Sri Lanka, Omán, Japón. Indonesia, Guatemala, Chile, China. Algunos países como Sudáfrica solo indicaron análisis puntuales de alguna plantación en particular y no se incluyen aquí

### Costa de Marfil.-

Elemeno	Concentración foliar (% del elemento en materia seca)		
	Mínimo	Adecuado	Alto
N		0,75 – 1,40	
P		0,1 – 0,17	
K		0,61 – 1,19	
Ca		1,03 – 1,77	
Mg		0,09 – 0,22	
Fe		0,24 – 0,26	
Cu		0,0056 – 0,009	
Mn		0,017 – 0,037	
Zn		0,002 – 0,006	
B		0,00056 – 0,00085	

Datos de MARCHAL. (1991). Cv. Amelie, árboles de 5 años de edad recolectada l afrurta en abril de 1990, producción = 22.2 kg/árbol/ en el 5º año (año de la 1ª producción importante) lo que a la densidad habitual en Costa de Marfil de 100 árboles/ha supuso 2,222 kg / ha. Los análisis se llevaron a cabo en noviembre de 1990 (antes de la floración).

Tabla 1. Contenido foliar de nutrientes para diferentes países latinoamericanos y España (Valores en % for N; P, K, Ca y Mg y en ppm para Fe, Cu, Mn, Zn and B salvo especificación en contra

	Brasil (1) Adec.	Brazil. (2) Mín. Adec. High	Brasi l (3) Min Max Adec	Mex (4) Adec	Perú (5) Min.	Perú (6)	Ec..	PR (7)	RD Adec
N	1,2-1,4	<0,8 1,2-,.6 >1,8	<1 1,4 >1,6	1,25- 1,39	1,1	1-1,2 Min.	1,2- 1,6	1,4	1,28
P	0,08- 0,16	<0,05 0,08-0,15 >0,25	- 0,12 -		0,08	0,12 Adec.	0,1- 0,25	1,25	0,10
K	0,5-1,0	<0,25 0,6-1,00 >1,20	- 1,2 -	0,84- 1,45	0,8	.,17 Max.	0,4- 1,2	0,6	0,88
Ca	2 – 3,5	<1,5 2,2-3,5 >5,0	- 3,5 -	0,62- 0,72	0,91	4,1 Max.	2-5	2,5	2,54
Mg	0,25- 0,5	<1 2-4 >8	- 0,3 -	0,07- 0,10	0,51	0,2 Adec.	0,2- 0,5	0,25	0,30
Fe	5 – 20	<15 10-200	<85 85- 120 >150	68,6- 117.	142	74 Min.	50- 200		68
Cu		<5 20-45 >100	- 30 -	15,0- 19,4	7	7 Adec	10- 50		10
Mn	5 – 10	<10 50-100	<150 600 >800	71,7- 8.,0	92	16,5 Max.	50- 250	100	96
Zn	2 – 4	<10 30-60 >100	<60 80 >100	24,1- 33,5	34	22 Min.	20- 50	75	22
B	> 250	10 40-70 >150	<60 80 >100		143	134 Adec	25- 100	50	44,3

Abreviaturas. Mala= Málaga (España); Ec. = Ecuador; PR = Puerto rico; RD = República Dominicana  
Adec = Adecuado; Min = Mínimo; Max= Máximo;

(1). Universidad Federal del Valle del Río e do San Francisco. Se trata de valores generales, pero hay diferencias dependiendo de cultivares y fases fenológicas

2) EMBRAPA. Valores para árboles en plena producción para todos los cultivares

(3) Finobrasa Agroindustrial S.A

(4) Universidad de Guadalajara. Una información detallada para el análisis foliar de diferentes áreas de producción de mangos en México puede verse en <http://cesix.inifap.gob.mx/tienda.html>

(5) Promango;

(6) Dominus. Muestras de hojas de 5-6 meses de edad tomadas uniformemente del os 4 puntos cardinales del tercio medio de la copa

(7) 1,4% of N en las condiciones de Puerto Rico tiene buenos resultados y 2,5% de Ca se recomienda para un abuna calidad interna y mayor vida comercial La mayoría de los suelos tiene un pH de 7-8, y en esas condiciones el Ca no es un problema. Les gustaría tener árboles con 200 ppm de Fe y 75 ppm de Zn. La deficiencia de estos dos elementos influye sobre el estado vegetativo. El mejor modo de corregirlos es su aplicación en forma de quelatos a través del agua de riego

Tailandia.-

Elemento	Concentración en hoja	
	'Namdokmai'	'Mahachanok'
N	1,22-1,46 %	1,04-1,46 %
P	0,23-0,38 %	0,11-0,22 %
K	0,62-0,91 %	0,88-1,25 %
Ca	1,47-2,19 %	N/A
Mg	0,30-0,37 %	N/A
Fe	48,3-124,9 mg/kg	N/A
Cu	4,14-8,96 mg/kg	N/A
Mn	211-379 mg/kg	N/A
Zn	14,7-3,4 mg/kg	N/A
B	18,8-42,9 mg/kg	N/A
Parte de la planta	Hojas de 3 a 4 meses de edad, 4ª hoja por debajo del ápice del brote, 8 hojas por planta alrededor de toda la copa de 15 plantas (1-2 años de edad)	Hojas maduras de un brote,, 3 hojs por planta
Referencia	Suktamrong et al. (2002)	Israngkoon na Ayuthaya et al. (2006)

Taiwán.-

Elemento	Concentración en hoja (%)	
	Adecuado	Alto
N	2,2~2,58	>3,5
P	0,12~0,18	>0,3
K	1,4~1,7	>,3
Ca	2,5~4,5	>6,0
Mg	0,26~0,5	>1,0
Fe	60~120	>250
Cu	5~16	>50
Mn	25~200	>300
Zn	25~100	>200
B	25~150	>200

Egipto.-

Elemento	Concentración foliar (%)		
	Mínimo	Adecuado	Alto
N	0,7-0,99	1-1,5	>1,5
P	0,05-0,07	0,08-0,25	>0,25
K	0,25-0,39	0,41-0,9	>0,9
Ca	1,0-1,99	2,0-5,0	>5,0
Mg	0,15-0,19	0,2-0,5	>0,5
Fe	25-49	50-250	>250
Cu	5-6	7-50	>50
Mn	25-49	50-250	>250
Zn	15-18	20-200	>200
B	20-24	25- 150	> 150

Vietnam.-

Elemento	Concentración en hoja (%)
N	Rendimientos: bajo: 0,66% <sup>b</sup> Medio: 0,64% <sup>b</sup> Alto: 1,49% <sup>a</sup> Muy alto: 2,0% <sup>a</sup>
P	0,2 0,3 0,21 0,19
K	0,68 0,78 0,62 0,74
Ca	1,45 1,27 3,21 4,68
Mg	0,14 <sup>c</sup> 0,13 <sup>d</sup> 0,24 <sup>b</sup> 0,35 <sup>a</sup>

India.- Los datos de concentración foliar de nutrientes para diferentes estados de crecimiento en diferentes lugares pueden verse en el anejo 6.

Isla de la Reunión. -

Elemento	Concentración en hoja	
	Mínimo	Alto
N (% Materia seca, MS)	1,06	2,32
P (% MS)	0,10	0,31
K (% MS)	0,42	1,29
Ca (% MS)	1,15	3,38
Mg (% MS)	0,18	0,46
Fe (ppm)	58	224
Cu (ppm)	4	33
Mn (ppm)	65	95
Zn (ppm)	13	42

Datos de Vincenot (2003). Estudio del estado nutricional de 26 plantaciones de mango no abonadas de más de 10 años de edad llevado a cabo en la Isla de la Reunión en 2000. Se trataba de suelos ferralíticos, generalmente ácidos con pH entre 3,5 y 7,5. Cultivares. 'Cogshall' y 'José. Hojas de 6 meses de edad del crecimiento terminal (4 hojas por planta, 10 árboles en cada plantación). No se indica la época de muestreo. Se concluyó que el estado nutricional de los árboles era satisfactorio y que no hacía falta abonar las plantaciones

## ANEJO 6. DIFERENCIAS EN EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN DIFERENTES EMPLAZAMIENTOS Y SEGÚN LA FASE FENOLÓGICA

India.-. concentración foliar de nutrientes para diferentes estados de crecimiento en diferentes lugares y según la fase fenológica.

1. L-1 Distrito Ratnagiri. Maharashtra. Tipo de suelo. Laterítico

Elemento	Prefloración	Plena floración	Fruto tamaño de un huevo	Recolección
N (total) (%)	1,37 (1,00-1,62)	0,82 (0,67-1,06)	1,43 (0,95-1,93)	1,06 (0,75-1,51)
P (total) (%)	0,15 (0,12-0,25)	0,10 (0,06-0,15)	0,10 (0,06-0,13)	0,14 (0,11-0,24)
K (total) (%)	0,33 (0,18-0,55)	0,37 (0,28-0,49)	0,43 (0,27- 0,85)	0,41 (0,12-0,61)
Ca (%)	1,37 (0,84-2,00)	1,43 (1,04-1,88)	1,53 (1,20-2,24)	1,22 (0,68-1,60)
Mg (%)	1,62 (0,62-2,56)	0,94 (0,21-0,95)	0,75 (0,31-1,14)	0,74 (0,21-1,33)
S (total) (%)	0,52 (0,31-0,4)	0,61 (0,33-0,88)	0,66 (0,39-0,75)	0,65 (0,44-1,00)
Fe(total) (ppm)	246,47 (140,1-333,2)	297,35 (105,0-408,1)	392,64 (124,8- 645,3)	235,83 (165,5-362,1)
Mn (total) (ppm)	452,58 (215,9-579,8)	480,98 (292,4-628,7)	464,37 (118,0-643,8)	437,37 (297,8-582,0)
Zn (total) (ppm)	23,93 (13,1-52,5)	17,99 (9,0-22,2)	24,38 (18,7-25,5)	15,83 (12,5-18,2)
Cu(total) (ppm)	16,65 (8,3-31,1)	19,07 (13,1-23,6)	28,72 (19,9-69,1)	37,50 (21,8-59, 8)

2. L-2 Distrito Ratnagiri. Maharashtra. Tipo de suelo. Laterítico

Element	Prefloración	Plena floración	Fruto tamaño de un huevo	Recolección
N (total) (%)	1,14 (1,00- 1,26)	0,83 (0,67-1,12)	1,18 (0,92-1,37)	0,88 (0,53-1,23)
P (total) (%)	0,16 (0,13-0,19)	0,14 (0,09-0,20)	0,12 (0,09-0,17)	0,15 (0,12-0,18)
K (total) (%)	0,43 (0,32-0,62)	0,49 (0,22-0,65)	0,52 (0,31-0,79)	0,43 (0,34-0,85)
Ca (%)	1,66 (,00-2,16)	1,87 (1,56-2,20)	1,91 (1,44-2,60)	2,04 (1,12-2,64)
Mg (%)	1,47 (0,20-2,15)	0,83 (0,29-,41)	0,53 (0,12-0,85)	0,47 (0,07-121)
S (total) (%)	0,65 (0,56-0,84)	0,70 (0,51. 1,36)	0,75 (0,49-0,91)	0,71 (0,54-0,88)
Fe(total) (ppm)	202,57 (172,1-263,1)	306,34 (235,2-372,2)	294,69 (200,4- 443,1)	312,40 (108,9-622,3)
Mn (total) (ppm)	392,51 (245,7-478,7)	433,46 (367,8-508,3)	45,69 (322,1-643,8)	429,43 (267,1-560,1)
Zn (total) (ppm)	2,04 (19,2-26,4)	30,41 (20,7-95,3)	21,43 (16,4-25,1)	15,19 (10,5-20,2)
Cu(total) (ppm)	20,31 (15,1-2,85)	24,01 (18,2-42,1)	9,64 (6,8-14,5)	15,19 (17,8-34,5)

3. L-3 Distrito Ratnagiri. Maharashtra. Tipo de suelo. Laterítico

Element	Prefloración	Plena floración	Fruto tamaño de un huevo	Recolección
N (total) (%)	1,10 (0,78- 1,28)	0,89 (0,67-1,12)	1,53 (1,34-1,87)	1,12 (0,78-1,68)
P (total) (%)	0,17 (0,13-0,20)	0,15 (0,05-0,20)	0,14 (0,10-0,15)	0,15 (0,12-0,19)
K (total) (%)	0,43 (0,31-0,77)	0,50 (0,24-0,67)	0,49 (0,29-0,69)	0,32 (0,19-0,58)
Ca (%)	1,87 (1,12-3,16)	1,76 (0,64-2,48)	2,02 (1,56-2,36)	1,89 (1,28-2,64)
Mg (%)	0,94 (0,28-1,52)	0,67 (0,31-0,99)	0,72 (0,19- 1,14)	0,39 (0,09-0,85)
S (total) (%)	0,43 (0,28-0,61)	0,49 (0,31-0,66)	0,67 (0,49-0,87)	0,55 (0,47-0,65)
Fe(total) (ppm)	210,13 (127,2-244,9)	268,35 (183,3-497,2)	311,97 (212,5- 563,5)	237,63 (202,3-314,3)
Mn (total) (ppm)	471,82 (361,3-478,7)	536,15 (367,8-508,3)	560,86 (462,3-643,8)	484,05 (292,4-638,4)
Zn (total) (ppm)	23,1 (176-30,0)	24,04 (16,5-37,9)	22,19 (16,6-34,1)	14,6 (8,2-28,2)
Cu(total) (ppm)	20,98 (15,4-30,8)	198 (16,6-23,3)	11,0 (8,4-11,9)	95,0 (63,1-119,1)

4.. L-4 Distrito Ratnagiri. Maharashtra. Tipo de suelo. Laterítico

Element	Prefloración	Plena floración	Fruto tamaño de un huevo	Recolección
N (total) (%)	1,15 (0,78-1,37)	0,88 (0,67- 1,09)	1,65 (1,44-1,87)	1,34 (0,86-1,93)
P (total) (%)	0,18 (0,13-0,24)	0,17 (0,10-0,22)	0,15 (0,11-0,19)	0,16 (0,12-0,18)
K (total) (%)	0,33 (0,27-0,47)	0,47 (0,32-0,62)	0,49 (0,34-0,71)	0,29 (0,14-0,44)
Ca (%)	1,55 (1,24-1,96)	1,55 (1,32-2,12)	1,84 (1,24-2,20)	1,49 (0,80-2,32)
Mg (%)	1,41 (0,62-2,22)	0,70 (0,51- 1,36)	0,71 (0,12-1,33)	0,52 (0,2-1,14)
S (total) (%)	0,43 (0,27-0,55)	0,57 (0,37-0,87)	0,70 (0,61-0,97)	0,47 (0,34-0,64)
Fe(total) (ppm)	286,84 (50,4-412,9)	284,33 (204,5-338,3)	485,22 (328,4- 890,8)	295,85 (220,6-464,9)
Mn (total) (ppm)	315,34 (208,8-378,4)	391,17 (315,8-530,9)	379,23 (297,6-473,7)	328,04 (179,2-428,0)
Zn (total) (ppm)	39,1 (15,7-62,5)	30,71 (25,7-36,9)	26,33 (17,7-38,8)	19,05 (13,7-24,6)
Cu(total) (ppm)	27,95 (19,5-37,5)	23,67 (20,6-25,5)	16,07 (10,0-20,0)	91,65 (75,8-108,7)

## Anejo 7. Influencia de las relaciones de nutrientes en el mango

### Pregunta 1:

Digan pf. si han encontrado relación directa entre la aplicación de un nutriente o abono o la relación entre los mismos (p.ej. Ca/N) sobre:

- A) Aumento del rendimiento
- B) Inducción de la floración
- C) Cuajado del fruto
- D) Calidad de la fruta (tamaño, forma, contenido en azúcar o acidez...)
- E) Tolerancia al frío.
- F) Tolerancia a la descomposición interna
- G) Tolerancia a plagas y enfermedades (Indique a cuáles por favor)
- H) Vida de anaquel
- I) Alguna otra influencia

### Respuesta:

- A) Aumento del rendimiento. Madeira, Costa Rica, Sri Lanka, Vietnam, Tailandia, Brasil (4), Costa de Marfil, Taiwán, Egipto (6). India, Indonesia, México (8), Colombia, Chile, Puerto Rico (12), Pakistán (13), Filipinas
- B) Inducción floral (\*\*): Sri Lanka (2), Vietnam, Omán (3), Tailandia, Brasil (4), Egipto (6), India, Guatemala, México (8), Colombia, República Dominicana, Pakistán (13), Filipinas
- C) Cuajado: Sri Lanka (2), Tailandia, Brasil, Taiwán (5), México (8), Colombia, Sudáfrica (10), Pakistán (13), Filipinas
- D) Calidad de fruta (tamaño, forma, contenido en azúcar o acidez...): Isla de la Reunión (1), Tailandia, Brasil (4), Costa de Marfil, Taiwán, China (continental), Egipto (6), México (8), Colombia, Puerto Rico, Pakistán (13), Filipinas
- E) Tolerancia al frío, Brasil (4), Costa de Marfil, Chile, Sudáfrica (10)
- F) Tolerancia a la descomposición interna (Ca/N) (\*), España (Málaga e Islas Canarias), Israel, Sri Lanka; Tailandia, Brasil, Ivory Coast, Peru, Colombia, Ecuador (9), Chile, Puerto Rico,
- G) Tolerancia a plagas y enfermedades: Isla de la Reunión (1), Sri Lanka (2), Brasil (4)
- H) Vida de anaquel: Israel, Sri Lanka (2), Brazil (4), Costa de Marfil, Taiwán (5), Egipto (6), Guatemala (7), Puerto Rico, China (11), Pakistán (13)
- I) Alguna otra influencia
- J) Sin información: Japón

(\*) Cuanto mayor la relación menor la incidencia de la descomposición interna (IFB)

(\*\*) Esto está normalmente relacionado con el nivel foliar de N. Si excesivo favorece el crecimiento vegetativo en lugar de la floración o con la aplicación de nitratos para favorecer la floración.

(1) Un elevado contenido en N y bajo en Ca afecta generalmente a la calidad de la fruta (bajo contenido en azúcar, al color y a la madurez. En el cultivar José se produce una maduración heterogénea: un costado madura antes que el otro, y en el cultivar Cogshall el ápice madura antes que le resto del fruto. Además, los árboles con alto contenido en Nitrógeno son más susceptibles al ataque de las cochinillas (*Ceroplastes* sp).

(2) La aplicación de un fertilizante rico en K antes de la floración favorece la inducción floral y la aportación de B favorece el cuajado. La aplicación de un fertilizante rico en N hace que el flujo sea más sensible al ataque de plagas y enfermedades. La aspersión de Calcimore-Plus aumenta la vida de anaquel. La aportación de Ca al suelo es efectiva solo a largo plazo

(3) Se recomienda la aportación de potasio en otoño para favorecer la floración

(4) La aplicación de un fertilizante de potasio aumenta el rendimiento. Un bajo contenido foliar en N favorece la inducción floral. Las relaciones N/Ca y N/B influyen en la calidad del fruto y las aportaciones de K, Mg y Mn están, a su vez, positivamente relacionadas con la calidad de la fruta. Un alto contenido de Mg mejora la tolerancia al frío. Un bajo nivel foliar de Mn favorece la incidencia de la malformación. Se mejora la vida de anaquel con un alto contenido de Ca. De acuerdo con Quaggio (1996), la relación N/Ca no debe superar el valor de 0.5 para los cultivares de Florida (Tommy Atkins, Kent, Palmer...) porque si fuera mayor favorecería la incidencia de IFB, Se recomienda un equilibrio de la relación entre B y N pues un exceso de N dificulta la absorción del B, pero no se señal un límite específico.

(5) Influencia positiva de la relación Mg/B ratio sobre el cuajado. Influencia positiva de la relación Ca/N sobre la vida comercial.

(6) La aplicación de  $\text{NO}_3\text{K}$  en el momento de la plena floración aumenta el rendimiento y la calidad de la fruta. La aplicación de  $(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$  (2%) favorece la floración. Un nivel adecuado de B mejora la vida de anaquel.

(7) las relaciones Ca/N, Ca/K, N/Mg influyen positivamente sobre la inducción floral y la relación Ca/K sobre el aumento de la vida de anaquel.

(8) Varias combinaciones de nitrógeno y potasio estimulan una floración más temprana, La aplicación de N, K y microelementos favorece el cuajado. La aplicación de K, Ca y Mg durante la fructificación puede aumentar el rendimiento y la calidad de la fruta.

(9) Además de la influencia de la relación Ca/N un aumento del B reduce el problema del 'Corte negro'.

(10) El Zn y el B juegan un importante papel en la polinización y en el cuajado. Los niveles de K y Ca son importantes para una buena calidad interna.

(11) Un gran desequilibrio entre los nutrientes, especialmente la deficiencia de B puede ser la causa de la descomposición interna

(12) El N aumenta el crecimiento vegetativo, la floración y el rendimiento, pero en exceso reduce la calidad interna, el color y la vida de anaquel. 1.4% de N y 2.5% Ca es lo adecuado para la calidad de la fruta y para una buena vida de anaquel

(13) El N, P, K, Zn y el B tienen un impacto positivo en el aumento del rendimiento. El Zn y el B tienen un impacto positivo en el aumento de la inducción floral y en el cuajado. El K y el Ca tienen un impacto positivo en el aumento de la calidad y de la vida de anaquel

**Pregunta 2.** Indique por favor sí Tiene Ud. información específica no publicada sobre valores de las relaciones Ca/N, Ca/K, Mg/K, o cualquier otra relación entre nutrientes consideradas idóneas para mangos en suelo o en hoja.

### Respuesta

Ninguna información aportada: Madeira, Isla de la Reunión, España (Málaga e Islas Canarias, Japón, Taiwán, Tailandia, Vietnam, Guatemala, México, Pakistán, India, Puerto Rico, Ecuador, Chile, República Dominicana, Florida, Sudáfrica.

Costa Rica.

Consideran como óptimos los siguientes valores:

Ca +Mg /K: 10-40

Ca/Mg: 2-5.

Ca/K: 5-25.

Mg/K: 2.5-15

Costa de Marfil

Claro antagonismo entre Ca y Mg. Un alto contenido de Ca en el suelo y en la planta puede reducir la absorción de Mg, pero no afecta a la absorción de potasio (Marchal,1991)

Perú (Dominus S.A.C).

Un exceso de materia orgánica en el suelo puede causar deficiencia de cobre.

Egipto

La relación N/Ca debe ser <0.5

China (continental)

Indican que existe una relación entre la descomposición interna y la nutrición mineral para el mango 'Keitt'

Colombia

Relaciones Catiónica	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
Nivel adecuado	3.00-6.00	15.00-30.00	10.00-15.00	30.00-40.00

## ANEJO 8. EXTRACCIONES DE NUTRIENTES (KG/HA) POR TONELADA PRODUCIDA

### Pregunta

Si tiene datos no publicados para su zona de cultivo rellene la siguiente tabla. Si dispone del dato indique el cv, patrón y tipo de suelo.

Elemento	Extracciones de cosecha por ton. producida (kg/ha) (*)
N	
P	
K	
Ca	
Mg	
Fe	
Cu	
Mn	
Zn	
B	

(\*) Puede indicarlo en otras unidades (P.ej ton/acre)

### Respuesta:

Ninguna información aportada:

Isla de la Reunión, España (Málaga e Islas Canarias),  
Sri Lanka, Vietnam, Omán, Madeira, Japón, India,  
Guatemala, Indonesia, Florida, Sudáfrica,  
China (continental y Taiwán), Puerto Rico,  
República Dominicana, Costa de Marfil (\*)

(\*) Datos publicados en MARCHAL (1991).

Table 1. Extracciones de nutrientes en diferentes países

	Israel	Costa Rica (1)	Pak.	Brasil (2)	México (3)	Eg..	Thai (**)	Ecua	Perú (4)	Colombia (5)	Costa de Marfil (6)	Filip
N	25	24,62	64	1,02/1,0	4,19/1,28	44	5,78	4,25	6,75	100-105	50,12-66,28	0,3
P	5	1,99	16	0,14/0,13	0,79/0,18	8	0,86	0,89	81,5	12-15	42,72-54,91	0,15
K	40	16,99	70	1,7/2,0	7,19/1,97	60	5,56	5,75	70	100-110	42,72-54,51	3
Ca		3,56		0,5/0,25	3,67/0,18	12		7,65	46,8	50-55	90,06-103,95	
Mg		1,62		0,17/0,12	0,03/0,18	4		1,37	21,8	80-90	7,27-12,93	
Fe	50	0,45		/0,001	/0,004			0,42	0,4	10-13	16,15-27,28	
Cu		0,02		0,5/0,001	/0,001			0,46	1,75	12-15	0,38-0,80	
Mn		0,05		0,87/1,8	/0,003			0,42	0,9	25-30	1,03-3,02	
Zn		0,03		/2,7	/0,001			0,47	0,9	10-12	0,27-0,52	
B		0,03		0,66,1.2	/0,008			0,48	1,5	2-3	0,056-0,068	

(1) Tommy Atkins.; (2) Primer valor Cv Palmer; 2º valor cultivar no indicado, (3) Cv. Ataulfo: Primer valor en Veracruz; 2º valor en Sinaloa. También puede encontrarse una información detallada sobre extracción de nutrientes en distintas zonas productoras de mango en México <http://cesix.inifap.gob.mx/tienda.html>; (4) Cv. Kent, sobre patrón criollo de Cholucanas en suelo areno-limo-arcilloso; (5) Cultivares Tommy Atkins y Keitt en zonas cálidas con temperaturas promedio de 27°C

Espacios en blanco = datos no disponibles.

Abreviaturas de países: Pakistán (Pak); Egipto (Eg); Tailandia (Tai); Filipinas (Fhilip)

(\*\*) Datos de Suktamrong et al., (2002) citados por Santasup (2013)

## ANEJO 9. APLICACIÓN DE NUTRIENTES Y FENOLOGÍA

**Pregunta: Digan pf. si tienen en cuenta el estado fenológico a la hora de aplicar los nutrientes**

### Respuesta

Si: Isla de la Reunión (1), España (Málaga e Islas Canarias), Israel (2), Costa Rica, Sri Lanka, Vietnam, Omán (3), Japón (4), Florida, Pakistán, Perú, Guatemala, Indonesia, Ecuador, Sudáfrica Chile, Puerto Rico, República Dominicana, Taiwán, México (5), Tailandia, Costa de Marfil, (6), Madeira, Brasil, India, Egipto, Filipinas

(1) Los nutrientes se aplican tras la cosecha (enero -febrero) para favorecer el crecimiento vegetativo, durante la floración (julio to septiembre), para favorecer el cuajado y tras el cuajado para favorecer el crecimiento del fruto (no se aplica nitrógeno y si solo potasio en esta fase para evitar sus efectos negativos sobre la calidad de la fruta y sobre la maduración).

(2) La mayoría de los nutrientes se aplican tras la cosecha.

(3) Solo se evita aportar fertilizantes durante la floración.

(4) . Los abonos se aportan tres veces al año en post floración/cuajado, durante el desarrollo del fruto y en postcosecha (antes de la poda).

(5) El N, P; K y el Ca se incorporan al suelo al final de la recolección para estimular el crecimiento vegetativo. Al comienzo de la floración y durante el cuajado se abona con distintas formulaciones de N, K y microelementos, aportándose K, Ca and Mg durante el crecimiento del fruto.

(6) Consideran importante tanto el momento como el fraccionamiento del abonado pero son flexibles en función de la estación lluviosa en los huertos no regados (véase la tabla siguiente)

Fraccionamiento del abonado anual de los distintos nutrientes en%

Elemento	Porcentaje del abonado anual	Forma of aplicación	Momento de absorción
Nitrógeno	50	Al suelo	Tras la cosecha
Nitrógeno	30	Al suelo	En floración
Nitrógeno	20	Al suelo	Durante el cuajado
Potasio	50	Al suelo	Tras la cosecha
Potasio	50	Al suelo	En floración
Fósforo	100	Al suelo	Antes de la estación lluviosa
Boro	100	Aspersión foliar	Antes de la floración
Zinc	100	Aspersión foliar	Al comienzo de las brotaciones vegetativas j

No: China (continental)

## ANEJO 10. MODO DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTES

### Pregunta:

¿Utiliza ud. abonos químicos, orgánicos o ambos? Por favor indique cuáles y si los aporta por vía foliar o al suelo bien directamente o a través de fertiriego.

### Respuesta

(A) Por aspersión foliar (salvo especificación esto se refiere a microelementos):

Isla de la Reunión (2), Costa Rica (5). Sri Lanka (6), Brasil (8), China, Tailandia (9), Puerto Rico (10), Costa Rica, República Dominicana, Pakistán, Chile (14), Sudáfrica, Perú (16), Florida (17), México., India, Filipinas (23)

(B) Al suelo

Madeira (1) Isla de la Reunión (2), España (Málaga (3), Islas Canarias (4)), Sri Lanka (6), Vietnam, Omán (7), Brasil (8), Taiwán; China (continental), Tailandia (9), Costa Rica, Pakistán (11), Guatemala (12), Ecuador (13). Chile (14), Colombia (15), Sudáfrica, Indonesia, Florida (17), Japón (18), México (19). India (20), Egipto (21), Filipinas (23)

(C) Por fertirrigación

Isla de la Reunión (2), España (Málaga (3), Islas Canarias (4)), Sri Lanka (6), Brasil (8), Puerto Rico (10), República Dominicana. Ecuador (13), Sudáfrica, Perú (16), Florida (17), México, India (22), Filipinas (23)

(1) Madeira usa Dix 10, Fenix y fertilizantes orgánicos con una equivalencia 9-2.5-3 más microelementos y ácidos húmicos y fúlvicos

(2) Raramente aplican aspersiones foliares salvo para micronutrientes. Las aplicaciones al suelo es la forma más común de aportar fertilizantes. Generalmente se abona con fertilizantes químicos, salvo en huertos orgánicos e los que solo se aportan abonos orgánicos. Los abonos más utilizados contienen NPK con una equivalencia (15-12-24), pero recomiendan mejor el uso de fertilizantes con uno solo de estos 3 elementos, tales como urea, superfosfato y sulfato de potasio para un mejor ajuste de la cantidad a aplicar de cada elemento. Se usan diferentes tipos de fertilizantes orgánicos preparados a base de material vegetal o animal. Solo unos pocos productores utilizan fertirrigación empleando abonos solubles como el sulfato de potasio o la urea.

(3) Se aplican a través del sistema de riego los siguientes abonos; Nitratos de Potasio y de amonio fosfato monoamónico, sulfato de potasio, quelato de hierro, calcio complex y ácidos fúlvicos y húmicos. Solamente el sulfato de cinc se aplica directamente al suelo cerca de los emisores de goteo

(4) Los abonos químicos y orgánicos a través del sistema de riego, pero los orgánicos también directamente al suelo.

(5) Aspersiones foliares solamente de microelementos si fuera necesario Ellos usan fertilizantes químicos conteniendo NPK y también B y otros microelementos. en algunos casos. También abonan con K-Mag (sulfato de potasio y magnesio) y nitrato potásico, carbonato calcico y dolomita como enmienda cuando el suelo lo requiere. Se utilizan también abonos orgánicos cuando estos están disponibles, pero hay dificultades para obtenerlos por lo que no se usan mucho

(6) Por aspersión foliar: Fertilizantes químicos e inorgánicos. Al suelo Fertilizantes químicos e inorgánicos Por fertirrigación: Fertilizantes químicos.

(7) Tanto fertilizantes orgánicos como químicos.

- (8) Orgánicos al suelo, Los fertilizantes químicos (microelementos, S and K), bien si suelo por fertiirrigación, por aspersión foliar o también al suelo.
- (9) Los fertilizantes químicos por aspersión foliar o también al suelo. Los orgánicos al suelo.
- (10) Aspersiones foliares de microelementos. Vía fertiirrigación Sulfato amónico, nitrato potásico y ácido fosfórico.
- (11) EL estiércol fresco y la materia orgánica madura (estiércol de ganado, de pollo y de ave se incorporan directamente al suelo
- (12) Solo usan fertilizantes químicos generalmente de tipo complejo tales como 15-15-15, 20-20-20, 12-18-12, 0-46-0, o 18-46-0.
- (13) Los fertilizantes orgánicos (compost vegetal o animal) directamente al suelo. Los fertilizantes químicos tales como los nitratos, sulfatos y fosfato monoamónico también al suelo o por fertiirrigación.
- (14) Al suelo: Urea, fosfato monoamónico, nitrato potásico, nitrato cálcico, nitrato de magnesio. ácidos húmicos y fúlvicos, aminoácidos y quelatos de hierro.  
Foliar: Además de microelementos, nitrato potásico para la inducción floral después de la eliminación de la primera floración, extractos de algas y ocasionalmente nitrato cálcico u otra fuente de calcio.
- (15) Químicos: Urea, sulfato potásico, nitrato potásico, nitrato cálcico, microelementos, fosfato diamónico, (10-30-10)  
Orgánicos: Solo estiércol de pollo descompuesto
- (16) Por fertiirrigación: Nitrato amónico, nitrato cálcico, ácido fosfórico, ácido bórico, sulfato potásico, sulfato de magnesio, sulfato cúprico y quelatos de, Zn, Fe y Mn.  
Foliar. Los mismos que por fertiirrigación más nitrato potásico cristalizado para inducir floración.
- (17) Por aspersión foliar: Soluciones líquidas de muchos nutrientes previamente mezclados disueltos en agua  
Al suelo: Fertilizantes químicos, combinaciones de fertilizantes químicos y orgánicos (p.ej., lodo compostado), estiércol de pollo compostado, quelato de hierro (EDDHA) en zanjas.  
Por fertiirrigación: Quelato de hierro (EDDHA).
- (18) Principalmente fertilizantes químicos pero algunos productores también incorporan abonos orgánicos.
- (19) Tanto fertilizantes químicos como orgánicos tales como vermicompost 5-10 t ha<sup>-1</sup>; Bokashi 5-10 t ha<sup>-1</sup>, 5 estiércol de pollo a 10 t ha<sup>-1</sup>.
- (20) Tanto fertilizantes químicos como orgánicos.
- (21) Solo orgánicos.
- (22) No indicado en la respuesta a la encuesta, pero sí en la información de la compañía de fertilizantes K+S.
- (23) KNO<sub>3</sub> por aspersión foliar, Urea, superfosfato y muriato de potasio al suelo. Varios fertilizantes por fertiirrigación mezclados con paclobutrazol.

## **Anejo 11. Investigaciones en curso y/o interés en nutrición del mango**

**Pregunta: Si trabaja en un Centro de Investigación (público o privado) o Universidad, conteste por favor a las siguientes preguntas:**

**A) Indique, por favor, si está trabajando en alguna investigación sobre abonado en el cultivo del mango o incluso sobre otro frutal. Caso positivo especifíquela por favor**

**B) Díganos, por favor, si está Ud. o alguien de su institución interesado en alguna línea de investigación sobre fertilización en mango. Por favor especifíquela.**

**C) Díganos si está interesado en ensayos futuros de cooperación sobre fertilización del mango**

### **Respuesta**

A) Perú (Dominus): Ensayos para evaluar el efecto de distintas aspersiones foliares sobre el aumento del color externo de los frutos, consistencia y firmeza de la pulpa, uniformidad de la maduración y tamaño del fruto, protección contra el golpe de sol (sunburn), maduración de los brotes e inducción floral.

Indonesia: Manejo de fertilizantes orgánicos e inorgánicos basado en análisis de suelo y foliar.

Brasil

(Universidad Federal del Valle de San Francisco). Influencia del Ca, B y N en mango. (EMBRAPA). Uso del sistema DRIS para una mejor o fertilización del mango.

Pakistán: Impacto del Boro sobre el cuajado y retención de fruta. Impacto del fósforo y Biochar sobre el crecimiento de árboles jóvenes e impacto de la fertilización orgánica en mango

Israel: Abonado del mango.

Vietnam: Experimentos en campo sobre abonado del mango.

India: Experimentos en curso:

1. Efecto del manejo integrado de nutrientes en relación con los biofertilizantes sobre el rendimiento y la calidad del mango
2. Estudios sobre nutrición del mango en diferentes emplazamientos.
3. Evaluación de la dinámica de sustratos sobre el manejo de la nutrición integrada en mango (IPNM).
4. Programas de Fertiirrigación para la producción de fruta de calidad.
5. Desarrollo de un paquete tecnológico para la producción orgánico
6. Programas de fertilización para plantaciones a gran densidad
7. Efecto de los micronutrientes sobre el rendimiento y la calidad de la fruta.

B) Perú (Dominus): Cambios en la concentración y demanda de nutrientes durante todas las fases fenológicas.

Indonesia: Manejo apropiado de la fertiirrigación en plantaciones a gran densidad.

Guatemala: Relación ente la fertilización y la aparición de ‘mango niño’ (aborto de embrión).

Costa de Marfil: Efecto de la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta.

Florida: Use of más tipos de materiales “orgánicos” y otros productos mejorantes y metodología de la aplicación de FE por aspersión foliar.

Tailandia: Efecto de la fertilización sobre la calidad de la fruta

México (Universidad de Guadalajara): Efecto de de la fertiirrigación en plantaciones a gran densidad.

Brasil:

(Universidad Federal del Valle de San Francisco);

Bioestimulación, Poda y nutrición en relación con el fasis.

(EMBRAPA). Relación entre nutrientes y estado nutricional.

Pakistán: Biofortificación de mangos con Fe, Zn y Vitamina A. Relaciones entre nutrientes y calidad de la fruta.

Portugal (isla de la Madera). relación N/Ca.

Costa Rica. Relación entre extracciones de nutriente y necesidad total de la planta durante un ciclo productivo.

Vietnam: Correlación entre la concentración de nutrientes en suelo, hojas y frutos, y el rendimiento. Efecto de las cantidades de N, P y K sobre el rendimiento y calidad. Evaluación del sistema DRIS para plantas de diferente edad.

Colombia: Nutrición e inducción floral.

C) Si: Perú (Dominus), Indonesia, Guatemala, Ivory Costa de Marfil, Florida, Tailandia, México, Sudáfrica, Brasil, Pakistán. Portugal, España, Omán. India, Colombia, Filipinas.

D) No: Francia (CIRAD).