

FERTILIZACIÓN CON MAGNESIO EN MANGO. ASPECTOS GENERALES E INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO (REVISIÓN DE LITERATURA Y ENTREVISTAS)

Víctor Galán Saúco. Consultor en Fruticultura Tropical
email: vgalan46@gmail.com Teléfono: 34- 660331460

TABLA DE CONTENIDOS **ANTECEDENTES E INTRODUCCIÓN**

INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL PAPEL DEL MAGNESIO EN LAS PLANTAS

ABONADO CON MAGNESIO EN DIFERENTES LUGARES DE CULTIVO DEL MANGO EN EL MUNDO

Resumen de las entrevistas sobre la práctica de abonado del mango con magnesio y su efecto sobre el cultivo del mango

A) Productores e Investigadores de Mango

- 1.- Métodos de Determinación de la Cantidad de Magnesio a Incluir en un Programa de Abonado
- 2.- Niveles de Magnesio
- 3.- Relación del Magnesio con Otros Nutrientes
- 4.- Abonos Utilizados para Aportar Magnesio al Mango
- 5.- Modo de Aplicación de Magnesio en las Plantaciones de Mango
- 6.- Influencia del Abonado con Mg en Diferentes Características Cuantitativas y Cualitativas en el Cultivo del Mango.
- 7.- Posibilidades para Futuros Proyectos de Investigación

B) Compañías Productoras de Fertilizantes

B.1.- Información de Interés Obtenida de Yara

B.2. -Información de Interés Obtenida de K+S

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE EL IMPACTO DE LA FERTILIZACIÓN CON MAGNESIO EN MANGO Y OTROS FRUTALES

Influencia del Magnesio sobre el Peso y Tamaño del Fruto y sobre el Rendimiento

Influencia del Magnesio sobre la Calidad de la Fruta

Influencia del Magnesio sobre la Vida de Anaquel

Influencia del Magnesio sobre la Descomposición Interna (IFB)

Influencia del Magnesio sobre la Tolerancia a Estreses

Influencia del magnesio sobre la Tolerancia a Alta Intensidad Lumínica

Influencia del magnesio sobre la Tolerancia a Estrés Hídrico y Salinidad

Influencia del magnesio sobre la Tolerancia al Frio

Influencia del magnesio sobre la Tolerancia al Tratamiento Hidrotérmico

Influencia del Magnesio en la Resistencia a Enfermedades

RESUMEN DE HALLAZGOS SOBRE EL ABONADO CON MAGNESIO Y SUS EFECTOS EN EL MANGO

DISCUSIÓN GENERAL

CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A DESARROLLAR

FIGURAS

Fig.1 Variación del contenido en Mg en frutos de Tommy Atkins

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ANEJO 1. LISTA DE PERSONAS ENTREVISTADAS**
- ANEJO 2. ENCUESTA SOBRE FERTILIZACIÓN CON MAGNESIO EN MANGO**
- ANEJO 3. ‘YARA TROPICAL FRUIT TREE PLANT MASTER’**
- ANEJO 4. ‘KUMAR, N. MANGO IN INDIA MAXIMISING YIELD AND QUALITY THROUGH ADEQUATE CULTIVATION AND NUTRIENT MANAGEMENT’**
- ANEJO 5.- ‘INFORMACION MG-FRUTALES-MANGO’**
- ANEJO 6. ‘BALANCED NUTRIENT MANAGEMENT INCLUDING**
- ANEJO 7. ‘ESTA® KIESERITE A PRODUCT OF NATURE’**
- MAGNESIUM AND MICRONUTRIENTS’**

ANTECEDENTES E INTRODUCCIÓN

Pese a que el magnesio (Mg) es uno de los 9 macronutrientes esenciales para el crecimiento y éxito reproductivo de las plantas (Williams y Salt, 2009) y que los iones de magnesio (Mg^{+2}) sean los segundos cationes más abundantes en las células de las plantas (Tanoi y Kobayashi, 2015), la investigación realizada sobre el papel de la fertilización con magnesio en relación a la producción y calidad de la fruta resulta escasa en comparación con la realizada sobre otros nutrientes (Cakmak y Yazici, 2010). De hecho, solo se han presentado 13 artículos sobre el efecto de la fertilización con magnesio en los 12 simposios de la ISHS que tratan de aspectos nutricionales en plantas y solo 7 de ellos tratan de frutales, mayormente manzanas. Sin embargo, recientemente parece promoverse un creciente interés del mundo académico sobre el papel de este nutriente habiéndose celebrado en la Georg. August University de Gottingen. Alemania en 2013 el Primer Simposio Internacional sobre el Magnesio (Cakmak, 2013), aunque ninguno de los trabajos presentados tratara sobre mangos u otros frutales tropicales, excepto uno sobre cítricos.

La información existente sobre fertilización con magnesio en diversas fuentes bibliográficas es a su vez muy escasa como puede deducirse del contenido al respecto de los principales tratados de referencia sobre esta especie [(de Carvalho Genú y de Queiroz Pinto (2002), Galán Saúco (2008), Litz, 2009)]. Aunque se encuentran en ellos información sobre contenidos apropiados de magnesio en análisis foliar y de suelo no aportan en ninguno referencias específicas para la corrección de excesos o deficiencias de Mg. De hecho, la única referencia que aparece al respecto en Galán Saúco (2008) indica que en el programa general de abonado en Sudáfrica se aportan 0,8 g de Mg /kg de rendimiento y árbol. Crane et al (2009), en el citado libro de Litz, solo señala que la dolomita se usa comúnmente en Taiwán como suplemento de Mg y para corregir la acidez del suelo, siendo las dosis a aportar variables según el tipo de suelo desde 1 t/ha/año para los suelos arenosos, 1,5 t/ha/año para suelos limosos o salinos y 2 t/ha/año para suelos arcillosos. No se hace ninguna recomendación sobre abonado con magnesio en el libro de de Carvalho Genú y de Queiroz Pinto.

Existen unos pocos artículos específicos que tratan sobre la fertilización del mango, pero, incluso en ellos, la información sobre el magnesio es también escasa. Oosthuysen, (2006) en su 'Special Plant Nutrition Guide for Mango' (Guía especial sobre la nutrición del mango) solo indica que el sulfato de magnesio es apropiado tanto para suelos ácidos como alcalinos y que el magnesio debe ser incorporado al suelo durante el mes anterior a la floración. Xiuchong et al. (2012) en China indica una dosis de 40 g de Mg/planta/año para suelos areno-limosos con baja disponibilidad de N y deficientes niveles disponibles de P, K, Mg, S, y Zn. Prado et al., (2012) solo indica que los síntomas característicos de la deficiencia de magnesio en mango son la clorosis y la prematura caída de hojas y que la deficiencia de Mg aparece normalmente en suelos ácidos o altamente lixiviados debido a su baja capacidad de cambio o debido a un elevado contenido de Ca y K.

El principal objetivo de este proyecto es la revisión y puesta al día de la información existente sobre la fertilización con magnesio en el cultivo del mango y su influencia no solo sobre el rendimiento, sino también sobre la calidad del fruto (sólidos solubles totales, acidez, tamaño y peso del fruto), y vida de anaquel, así como su tolerancia a condiciones adversas, especialmente a bajas temperaturas. Dada la escasa información escrita existente sobre el abonado con magnesio en mango la revisión bibliográfica realizada cubre también aquella referente al efecto del magnesio sobre otras especies frutales. Como complemento de la información publicada tanto en fuentes impresas como electrónicas sobre el tema objeto de este proyecto, se realizaron

entrevistas (por email, telefónicas o en su caso directamente en persona) tanto a productores como investigadores involucrados en la industria del mango en diferentes países productores del mango en el mundo. Una importante fuente de información sobre el tema se ha obtenido de una encuesta elaborada sobre fertilización con magnesio obtenida través de estas entrevistas. Una información adicional que nos ha permitido contribuir a actualizar el conocimiento se ha obtenido a su vez de las más importantes compañías de fertilizantes productoras de magnesio

INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL PAPEL DEL MAGNESIO EN LAS PLANTAS

Los numerosos roles fisiológicos y bioquímicos que juega el magnesio en el metabolismo de las plantas han sido expuestos en varias revisiones bibliográficas (Barker y Pilbean, 1937, Wilkinson et al., 1990, Cakmak y Marschner, 1992, Mengel y Kirby, 2001, Hermans et al., 2004; Hermans y Verbruggen 2005, Ding et al. 2006, Cakmak y Kirby, 2008, Grzebisz, 2009, Cakmak, 2010, Römheld 2012, Hawkesford et al., 2012, Benton Jones, 2012, Cakmak, 2013, Verbruggen y Hermans, 2013, Gerendás y Führs, 2013, et passim).

El principal papel del Mg es en la regulación enzimática (de más de 300 enzimas, incluyendo carboxilasas, fosfatasa, kinasas, RNA polimerasas y ATPasas), y también en la regulación del pH celular y el balance catión-anión, pero la mayor función en las hojas verdes es por el hecho de ser el átomo central de las moléculas de las clorofilas a y b. Como consecuencia de ser una parte integral de estas moléculas e intervenir en la regulación de los procesos enzimáticos asociados con la fotosíntesis y la respiración, los procesos de asimilación de carbono y transformación de energía se ven directamente perjudicados por una deficiencia de magnesio. El magnesio juega también un papel esencial como elemento de enlace para la agregación de subunidades del ribosoma, un proceso necesario para la síntesis de proteínas. El magnesio tiene también un papel crítico en la estabilización de la conformación específica de los ácidos nucleicos requeridos para su síntesis y funciones y actúa como cofactor y modulador. El magnesio favorece también el crecimiento de las raíces con el consiguiente incremento de la superficie radical, aumentando así la capacidad de absorción de otros nutrientes lo que afecta a la disponibilidad de otros cationes como calcio o el potasio. Además, el Mg parece tener una función protectora similar a la del Ca para el mantenimiento de la integridad de los tejidos proporcionando protección frente a condiciones ambientales adversas.

A modo de resumen, el magnesio es un nutriente indispensable para el crecimiento de las plantas que juega un importante papel en varios procesos tales como:

- Formación de Clorofila
- Foto-Absorción del pigmento verde
- Captura de la energía solar y transformación de la misma en energía química
- Síntesis de compuestos orgánicos útiles para el crecimiento y buen funcionamiento de la planta (carbohidratos, lípidos, proteínas, aminoácidos)
- Absorción y transporte del fósforo en la planta
- Recarga y transporte a través del floema de fotoasimilados hacia los órganos sima (raíces, brotes, ápices y semillas)
- Resistencia a factores desfavorables

Las concentraciones de Mg requeridas para un crecimiento óptimo de las plantas varían generalmente entre 0,15 y 1,00 % del peso seco de hoja con un valor adecuado de 0,25%. Existe un mayor interés en las investigaciones sobre deficiencia de Mg que

sobre su exceso, probablemente porque los síntomas de toxicidad son difícilmente observables en plantas, incluso con concentraciones tan altas como 60 mM Mg^{+2} (Shaul et al., 1999). La corteza terrestre tiene una gran cantidad de magnesio, del orden de 20.000 ppm, lo que convierte al Mg en el 8° elemento más abundante. A pesar de ello, la deficiencia de magnesio es un desorden nutricional común que afecta al rendimiento y calidad de muchos cultivos y que ocurre especialmente en suelos ácidos o sobre fertilizados con Ca y/o K. La deficiencia de Mg puede también aparecer en condiciones de estrés hídrico del suelo e incluso en suelos con adecuados niveles disponibles de magnesio. En muchas especies la primera indicación de deficiencia de Mg consiste en un desequilibrio en la proporción de carbohidratos que trae consigo una acumulación de almidón y el favorecimiento de mecanismos antioxidativos, antes de que se produzca un efecto notable en la actividad fotosintética. La absorción de Mg^{+2} puede resultar notablemente disminuida por la presencia de otros cationes como K^+ , NH_4 e incluso de H^+ , o sea a bajo pH, reduciéndose significativamente la disponibilidad de Mg cuando el pH en agua del suelo es menor de 5.4. Según experimentos realizados en manzanas en cultivo en arena, la fertilización con Nitrógeno parece tener también un efecto positivo en la absorción del Mg (Forshey, 1963). Otro importante impacto de un adecuado suministro de Mg es su efecto en la disminución de la toxicidad del aluminio en las plantas, lo que constituye un factor común limitante para el crecimiento en suelos ácidos. Generalmente la concentración de Mg^{+2} en la solución del suelo es mayor que la del K^+ pero la tasa de absorción radical del Mg^{+2} es inferior a la del K^+ . La absorción de Mg^{+2} puede también resultar muy perjudicada por un exceso de K^+ y NH_4^+ lo que puede originar una deficiencia de magnesio en las plantas ya que no solo la absorción sino también el transporte de Mg^{+2} hacia las partes aéreas de la planta puede estar restringida por la presencia de K^+ and Ca^{+2} .

La deficiencia de magnesio puede impedir el crecimiento global de la planta o, más específicamente, el crecimiento de la parte aérea o del sistema radical, si bien la magnitud de este efecto está influida por la severidad de la deficiencia, el tipo de planta, su estado de desarrollo, las condiciones ambientales y el estado nutritivo general de la planta. Como consecuencia de la baja disponibilidad de Mg se produce una disminución del rendimiento en los cultivos agrícolas. La primera reacción de las plantas deficientes en Mg antes de que se produzcan efectos adversos de la actividad fotosintética es la acumulación de hasta 4 veces más sacarosa en las hojas que en las de las plantas con un adecuado suministro de Mg lo que indica una severa inhibición del transporte de sacarosa a las hojas deficientes a través del floema y limita el crecimiento de la planta, probablemente debido a una menor actividad fotosintética. Aunque los síntomas de deficiencia de magnesio son muy característicos en la parte aérea de la planta, los estudios realizados por Cakmak (1994 a and b) indican que lo primero que se produce en las plantas con deficiencia de Mg es una inhibición del crecimiento radical. Los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas más viejas y progresan hacia las hojas más jóvenes. El síntoma más característico es la clorosis intervenal que resulta acentuada en condiciones de alta intensidad lumínica que promueve la expansión de los síntomas de clorosis y posterior necrosis. De hecho, las plantas cultivadas bajo condiciones de alta intensidad lumínica parecen tener mayores requerimientos de Mg que las cultivadas a baja intensidad lumínica.

En condiciones adversas de suelos y rizosfera tales como sequía o disponibilidad irregular de agua, mal drenaje o excesivo lixiviado, bajo pH del suelo o bajas temperaturas pueden verse aumentados los síntomas de deficiencia de magnesio dado que o bien este elemento no está físicamente disponible bajo estas condiciones o las

raíces de la planta no son capaces de absorber una cantidad adecuada del mismo para mantener el crecimiento normal de la planta.

No hay evidencia de un efecto directo de un excesivo aporte de Mg sobre el metabolismo de las plantas y, dado que no se han observado síntomas de toxicidad directa del Mg (y no debería esperarse debido a sus variados papeles en la fisiología de las plantas) las alteraciones de la fisiología de la planta que se presentan ocasionalmente cuando el contenido en Mg es inusualmente elevado (contenidos en hoja > del 1,0%), y que especialmente ocurren en suelos serpentinos extremos (con alto contenido en magnesio y calcio) y en regiones semi-áridas bajo condiciones de severo estrés hídrico, podrían estar simplemente relacionadas con un desequilibrio nutricional de elementos como K, Ca, Mn e incluso Fe.

ABONADO CON MAGNESIO EN DIFERENTES LUGARES DE CULTIVO DEL MANGO EN EL MUNDO

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 41 personas, incluyendo investigadores, productores y/o asociaciones de productores de 32 de los principales países productores del mundo y, especialmente de los países exportadores de mango a Estados Unidos (Anejo 1) por medio del envío, en primera instancia por email, de una encuesta sobre este tema (Anejo 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 un trabajo previo hecho por el autor sobre patrones de mango para el National Mango Board (Galán Saúco, 2016).

Resumen de las entrevistas sobre la práctica de abonado del mango con magnesio y su efecto sobre el cultivo del mango

A) Productores e Investigadores de Mango

1.- Métodos de Determinación de la Cantidad de Magnesio a Incluir en un Programa de Abonado.

Una gran mayoría de países determinan la cantidad de magnesio a aplicar en base a análisis foliares y de suelo, complementado en ocasiones con las recomendaciones tradicionales existentes en su propio país o las de otros países obtenidas a través de revisiones bibliográficas. Solo en el caso de las encuestas de Ecuador y Costa Rica se indica el uso de estudios realizados en el propio país para determinar el programa de fertilización (véase tabla 1).

2.- Niveles de Magnesio

A) En Análisis Foliar

En casi todas las encuestas se señala como rango adecuado entre 0,15 y 0,60 % con 0,20-0,40 % como valores óptimos. Solo en el caso de India hay una mayor diferencia. En una de las dos encuestas se señalan niveles precisos de deficiencia, normales, óptimos y excesivos (véase tabla 2) que difieren de las restantes encuestas fundamentalmente en señalar como bajo el considerado como óptimo en otros países. La otra encuesta es menos precisa indicando un nivel foliar óptimo entre 0.19 and 0.90 %, prácticamente coincidente con el rango normal encontrado (0.12-0.89%).

Por contra, en una de las encuestas de Perú se señala que un valor de 0,5% debe ser considerado como alto. En una de las encuestas de Florida se señalan también pequeñas diferencias en los niveles adecuados de Mg en hojas dependiendo del tipo de suelo (suelos calcáreos, 0,15%-0,47%; suelos ácidos y arenosos 0,25%-0,38% y suelos

de turba 0,17%), mientras que en la encuesta de la empresa de Perú se indica un óptimo de 0,20-0,30% pero variable según la fase fenológica. Obsérvese que estos valores coinciden *grosso modo* con los indicados en la bibliografía como concentraciones óptimas requeridas para el crecimiento en numerosos cultivos agrícolas (véase el apartado anterior **Información general sobre el papel del magnesio en las plantas**).

Tabla 1. Métodos de determinación de la cantidad de magnesio a incluir en un programa de abonado. (Fuente: Encuesta de fertilización con magnesio en mango) (1)

Solo análisis foliar	Filipinas, Reunión (Francia), Florida (USA), Omán,
Solo análisis de suelo	Indonesia, Tailandia
Análisis foliar y de suelo	China, Martinica (Francia), Guatemala, Ecuador, Sudáfrica, Puerto Rico, Málaga (España), Taiwán, India, Perú, Sudán, Venezuela, Brasil, Australia (2), México, Chile, República Dominicana, Vietnam, Costa Rica, Costa de Marfil
Recomendaciones tradicionales del país	Filipinas, Martinica, Japón, China
Recomendaciones de bibliografía	Reunión, Venezuela, Florida, Tailandia, Vietnam, Brasil, Omán.
Estudios hechos en el país	Ecuador
Extracción de nutrientes	Ecuador, Costa Rica
No aplican Mg o solo lo hacen rara vez	Sri Lanka, Nueva Caledonia, (3), Islas Canarias (España) (2), Pakistán (4), Israel

(1) En muchos países solo se usa análisis foliar con fines experimentales; (2) Las aguas de riego son ricas en Mg y también en Ca en algunas zonas de Australia; 3) Los suelos son muy ricos en magnesio; (4) Ocasionalmente añadido como uno de los micronutrientes por aspersión foliar

2.- Niveles de Magnesio

Tabla 2. Niveles de Mg en India

Niveles en hoja	Deficiente	Bajo	Óptimo	Alto	Excesivo
Mg (g/100g)	< 0,21	0,21 – 0,39	0,40 – 0,65	0,65-0.87	> 0,90

B) En Análisis de Suelo

Las cifras más comúnmente señaladas para el contenido de Mg en el suelo indican, con pequeñas discrepancias según las encuestas, valores óptimos en el rango de 1,5-3 meq/100g (1-10 como valores extremos), entre 60 y 90 ppm (48-200 como extremos) o alrededor del 20% de la capacidad de cambio catiónica.

3.- Relación del Magnesio con Otros Nutrientes

La interacción del Mg con otros elementos se señala en muchas de las encuestas recopiladas. Coincidiendo con lo indicado en el anterior apartado de este informe '**Información general sobre el papel del magnesio en las plantas**', la absorción del Mg puede ser fuertemente inhibida por otros elementos minerales, principalmente Ca y K, pero también N, P, Mn, Fe, B, Zn e incluso Na, Aunque en la encuesta de Costa de Marfil se dice que un alto contenido de Ca en el suelo favorece la absorción de Mg.

algunos países, como por ejemplo Japón, señalan como valores óptimos para el cociente Ca/Mg entre 4 y 8 (en una de las encuestas recibidas de Costa Rica se dice que debe ser >1) y para Mg /K entre 2 y 5. Los valores señalados en la encuesta de Venezuela son incluso más precisos (véase tabla 3), aunque en una de las encuestas de Perú se señala que cada suelo es diferente y que no se puede indicar un valor preciso de forma general, lo que parece lógico y explica las diferencias entre las diferentes encuestas

Tabla 3. Valores adecuados para las relaciones entre nutrientes para Mg, Ca y K en Venezuela.

Mg/K	< 1 ⇒ Mg deficiente	3 normal	> 18 ⇒ K deficiente
Ca+Mg/ K	10 normal	> 40 ⇒ K deficiente	

4.- Abonos Utilizados para Aportar Magnesio al Mango

a) En Cultivo Convencional. La mayoría de los países abonan con sulfato de magnesio o dolomita. Como ejemplo puede verse en la tabla 4 los fertilizantes usados en varios de los principales países productores de mangos.

Tabla 4. Fertilizantes usados para aportar magnesio en cultivo convencional en varios países importantes productores de mango

Country	Fertilizante usado
México	Sulfato de magnesio, Nitrato de magnesio, Quelatos y Sales Epsom
Ecuador	Sulfato de magnesio, Nitrato de magnesio, Dolomita
Brasil	Óxido de magnesio y Dolomita (al suelo), Sulfato de magnesio (foliar y a través de fertiriego), Nitrato de magnesio (foliar). MgCl ₂ y bioestimulantes como Kamab or Versátil
Perú	Sulfato de magnesio, Dolomita, Nitrato de magnesio, Óxido de magnesio
Puerto Rico	Key-Plex 20:20:20
Australia	Nitrato de magnesio, Tiosulfato de magnesio, Quelato de magnesio (*)
India	Sulfato de magnesio, Dolomita, aspersión foliar de micronutrientes

Nota: La dolomita se usa normalmente como corrector de pH

b) En Cultivo Orgánico. Los fertilizantes más comunes son: Composts, Bokashi, Guanumus (abonado orgánico procedente de restos de pescados), humus y biofertilizantes. El contenido de magnesio de muchos de estos productos no es generalmente conocido, pero, particularmente, los mejores biofertilizantes usados en México contienen solo 200 ppm de magnesio. Algunos países también usan dolomita, sulfato de magnesio o el K-Mg (sulfato de potasio y magnesio, en aquellos casos en que están autorizados para el cultivo orgánico.

5.- Modo de Aplicación de Magnesio en las Plantaciones de Mango

En la mayoría de las encuestas recibidas se indica que el Mg se aplica directamente al suelo, pero en algunos países también se incorpora el Mg por aspersión foliar o a través de fertirrigación (véase tabla 5).

Tabla 5. Forma de aportación de magnesio a las plantaciones de mango en diferentes países

Modo de aportación	País
Aspersión foliar	India, Pakistán, Tailandia, Japón, Omán, Australia, México, Florida, Puerto Rico, República Dominicana, Brasil, Sudán, Ecuador, Costa Rica
Al suelo	India, China, Tailandia, Indonesia, Japón, Omán, Australia, Filipinas, México, Florida, República Dominicana, Guatemala, Martinica y Reunión, Venezuela, Ecuador, Brasil, Sudán, Taiwán, Costa Rica
A través de fertiriego	India, Omán, Australia, México, República Dominicana, Ecuador, Perú, Brasil, Chile, España (Málaga), Francia (Reunión), Sudáfrica, Costa Rica

6.- Influencia del Abonado con Mg en Diferentes Características Cuantitativas y Cualitativas en el Cultivo del Mango.

Como se indica en la tabla 6, doce (12) países han indicado que un correcto abonado con Mg mejora el rendimiento, pero en ninguna de las encuestas se aportan datos cuantitativos que acrediten esta afirmación.

Tabla 6. Influencia del abonado con magnesio en diferentes características cuantitativas y cualitativas del cultivo del mango.

Característica	País
Aumento del rendimiento	Brasil, Tailandia, República Dominicana, Omán, India, Chile, Florida, Indonesia, Vietnam, Ecuador, Guatemala, Sudán, Costa Rica, Costa de Marfil
Aumento de la calidad de la fruta	Omán, Martinica Ecuador, India, República Dominicana, Sudán, Brasil, Perú, Tailandia, Costa Rica
Aumento de la tolerancia a bajas temperaturas	Florida
Aumento de la tolerancia al tratamiento hidrotérmico	Ecuador, Brasil
Reducción de la descomposición Interna	Venezuela
Aumento de la vida de anaquel	Ecuador, Perú, Tailandia, Costa de Marfil
Aumento de la salud o vigor de la planta	Tailandia, Australia, Ecuador
Aumento de la floración	Filipinas

En las encuestas de 10 países se señala también la **influencia** del Mg **en la calidad de la fruta**. Las encuestas de India, Indonesia, República Dominicana y Ecuador indican un efecto positivo del magnesio, en la mejora del color de la piel, más concretamente, en el caso de las aspersiones foliares con magnesio un mes antes de la cosecha, para el caso del cultivar Kent en Ecuador, lo que hace al fruto más atractivo. En las encuestas de Brasil, Tailandia, Perú y Vietnam se indica también un aumento del

tamaño del fruto. En la encuesta de Omán se indica una mejora del sabor y mayor contenido en azúcares, esto último también indicado en las encuestas de Sudán, Perú y Costa Rica.

Tres países (Ecuador, Perú y Tailandia) señalan que mejorando el abonado con Mg se puede prolongar la vida de anaquel, si bien en el caso de Ecuador se precisa que son los niveles apropiados de calcio y magnesio conjuntamente y no por separado los que dan al fruto una mayor consistencia y en consecuencia mejoran la vida comercial del mango, pero no se aportan datos cuantitativos al respecto.

También 3 países (Tailandia, Australia y Ecuador) señalan que una adecuada fertilización con Mg **mejora la salud o el vigor del árbol**, mientras que en la encuesta recibida de Filipinas se indica un **efecto positivo sobre la intensidad de floración**, si bien, de nuevo, como en casos anteriores no se aportan datos cuantitativos al respecto.

La información recibida de Venezuela señala que un adecuado contenido de Mg **reduce la Descomposición Interna** del mango (usaremos a partir de aquí el término inglés IFB, Internal fruit Breakdown) La información alude a un experimento (Assis et al, 2004) en el que se observó que los frutos de ‘Tommy Atkins’ con alto contenido de magnesio y calcio fueron menos afectados por la IFB (véase tabla 7). Según observaciones realizadas en Brasil parece existir una clara relación entre contenido en Mg e IFB, pero no hay datos claros al respecto. En una de las encuestas de Ecuador se señala que tanto el Ca como el Mg deben estar a una adecuada concentración para dotar de una adecuada consistencia al fruto.

Tabla 7. Contenido mineral de frutos de mango Tommy Atkins con o sin síntomas de descomposición interna (fuente Assis et al., 2004)

Nutriente	Frutos con síntomas		Frutos sin síntomas	
	Pulpa	Piel	Pulpa	Piel
Magnesio (g.kg ⁻¹)	0,90	2,49	1,23	2,75
Calcio (g.kg ⁻¹)	0,33	1,90	0,51	2,30

Solo en tres países (Florida, Ecuador y Brasil) se indica que el abonado con Mg **mejora la resistencia al frío**. Es importante destacar que en la información enviada desde Florida por el Dr. Jonathan Crane (University of Florida. IFAS) se señala que de un modo general los árboles deficientes en nutrientes no toleran tan bien la exposición al frío y a las temperaturas bajo cero como los árboles con un contenido adecuado en nutrientes y que además no se recuperan tan rápidamente como estos y que, particularmente, la deficiencia de magnesio es muy común en su área de cultivo tanto en mango como en otros cultivos (ej. aguacate, lima y carambola) durante los meses de invierno en los que tanto la temperatura del suelo como la precipitación es menor. Continúa diciendo que a este problema se le llamó históricamente como ‘clorosis invernal y se atribuye a una falta de Mg soluble en la solución del suelo al estar el Mg ligado a los suelos de piedra caliza y a la reducida capacidad de las raíces par absorber Mg cuando las temperaturas son bajas. En el caso de los árboles cultivados en los suelos calcáreos del sur de Florida la deficiencia de Mg se corrige por vía foliar aplicando sulfato o nitrato de magnesio. En el caso de los árboles plantados en suelos arenosos o de turba se añade sulfato o nitrato de magnesio a una formulación NPK aplicados bien en forma granular al suelo o por vía foliar.

En cuanto a la **tolerancia al tratamiento hidrotérmico del mango** (usaremos a partir de aquí el término inglés HWT por Hot Water Treatment) la información obtenida desde Brasil indica que en el caso de deficiencia de Mg los frutos de ‘Tommy Atkins’

presentan problemas de quemado de la piel durante el HWT. Concretamente, cuando se habla de daños por frío se refieren a problemas de quema de frutos durante el enfriamiento en las cámaras frías (temperaturas de 9°C y duración de 6 horas en los túneles de enfriamiento) y también en los contenedores cargados con temperaturas de 8-9°C, especialmente en las capas de frutas situadas más al exterior expuestas a mayores corrientes de aire. De acuerdo con sus observaciones, un aumento del abonado con Mg, Cu, Fe and Mn y la corrección del desequilibrio nutritivo debido a un exceso de Ca y K en la solución del suelo permite evitar estos daños, indicando además que para evitar el quemado de la piel el contenido de Mg en la misma debe estar entre 2 y 2,5 g/kg, lo que a grandes rasgos coincide con lo preconizado por Assis et al (2004) para evitar problemas de IFB (véase tabla 7). Existen datos recientes en Brasil que indican que las concentraciones de Mg en pulpa y piel por debajo de 1,2 y 2,8 g/kg respectivamente, devienen en una pulpa más blanda y más susceptible a daño durante el tratamiento hidrotérmico y que las deficiencias en Mg se asocian con una coloración de la piel marrón oscura con chapa amarilla (I. H. L. Cavalcante. 2017. Federal University of São Francisco Valley. Petrolina, Brazil). De forma similar, en el caso de Ecuador se reporta que los frutos de ‘Tommy Atkins’ presentan una coloración rojo-amarillenta y son más sensibles al quemado por excesivo calor o frío durante el HWT. En ambos países se indica que una adecuada fertilización con Mg mejora la tolerancia del fruto de mango al HWT. El papel clave del Mg en la formación de clorofila (véase apartado anterior de este informe **‘Información general sobre el papel del magnesio en las plantas’**) respalda estos comentarios. Sin embargo, las observaciones hechas en ambos países se refieren casi exclusivamente a ‘Tommy Atkins’, un cultivar que, pese a su todavía gran importancia en el mercado, está en clara regresión en el comercio mundial del mango. Una de las encuestas recibidas desde Ecuador indica también, como señalamos anteriormente, que el color de ‘Kent’, el cultivar favorito del comercio mundial, se mejora, sin aportar datos cuantitativos, con una buena fertilización con magnesio.

7.- Posibilidades para Futuros Proyectos de Investigación.

En la actualidad no se está llevando a cabo ningún proyecto cooperativo entre países sobre la fertilización con Mg en mangos, aunque muchas instituciones o investigadores han expresado su interés en el mismo y su disponibilidad para una cooperación futura (véase tabla 8), aunque la mayoría de ellos no indican ningún tema específico al respecto. Debe destacarse que, con la única excepción de Brasil, ninguno de ellos está investigando o han expresado su interés en el efecto del Mg en la tolerancia al frío, principal tema de este informe, e incluso en dicho país no es el tema principal de investigación.

Tabla 8. Países interesados en estudios en relación al efecto de la fertilización con Mg en el cultivo del mango

País	Investigación en curso	Principal tema de interés
México	Ninguno	No indicado
Brasil	Efecto de bioestimulantes conteniendo Mg en la estimulación del crecimiento y maduración de ramas para acortar el momento para la aplicación del PBZ	Idem que la investigación en curso.
Guatemala	Ninguno	Dosis de Mg para aumentar el rendimiento
Ecuador	Ninguno	No indicado
Perú	Ninguno	No indicado
República Dominicana	Ninguno	No indicado
Venezuela	Ninguno	Efecto del Mg sobre la IFB
Florida	Ninguno	No indicado
Sudáfrica	Ninguno	Formas de lidiar con un excesivo contenido de Mg en el suelo.
Sudán	Proyecto general de abonado	Efecto de fertilizantes en el rendimiento
India	Ninguno	Uso del Mg en aplicaciones al suelo o foliar
China	Ninguno	No indicado
Filipinas	Ninguno	No indicado
Thailand	Proyecto general de abonado	No indicado
Indonesia	Ninguno	Manejo de la nutrición con Mg para aumentar el rendimiento
Vietnam	Ninguno	No indicado

B) Compañías Productoras de Fertilizantes

Se envió un email a las 11 mayores compañías productoras de fertilizantes del mundo (Roy, 2015) solicitándoles toda la información que pudieran tener en los siguientes temas:

1) Sobre abonado con magnesio en mango u otros cultivos frutales y su influencia sobre el rendimiento, la calidad del fruto y su tolerancia a condiciones adversas, particularmente tolerancia al frío

2) Sobre cualquier experimento en curso o finalizado sobre fertilización con magnesio

3) Cualquier artículo sobre el tema

Ninguna de ellas reportó ningún experimento en curso sobre abonado con magnesio en mango o en otro frutal tropical y solo 2 de ellas, Yara y K+S, enviaron información valiosa para este informe que expondremos a continuación, mientras que las restantes respondieron que o bien no utilizaban productos con magnesio o bien que no los usaban en el abonado de frutales.

B.1.- Información de Interés Obtenida de Yara

B.1.1.- Información general.

De acuerdo con lo expuesto en la página 43 del documento ‘Yara Tropical Fruit Tree Plant Master’ (Anejo 3) los elevados niveles de potasio y/o calcio pueden restringir la absorción de magnesio, recomendando que estos nutrientes estén siempre bien equilibrados en cualquier programa de abonado. Además, también se indica que los niveles reducidos de magnesio son más comunes en suelos ácidos, especialmente en aquellos en que hay una reducida absorción de calcio, siendo concretamente los suelos ácidos tipo Oxisol y Ultisol los que, sobre todo bajo condiciones de temperatura y precipitación elevadas, los más proclives a deficiencias de magnesio.

B.1.2.- Influencia del magnesio en aspectos cuantitativos y cualitativos sobre la producción del mango.

En la misma página del documento aportado como Anejo 3, se señala que se han encontrado en China respuestas positivas del abonado con magnesio sobre el rendimiento tanto en mango como en longan. En el caso del mango el experimento reportado se efectuó en una plantación a la densidad de 856 árboles/ha. Comparando la aportación de 40 g Mg/árbol frente a un tratamiento sin Mg se observó que los mangos en los que se aplicó Mg tenían 11,1 veces más frutos por planta, pesando 6g más por fruto, lo que se tradujo en un aumento significativo del rendimiento de 2.570 kg/ha (21,1 por ciento). Cada kg de Mg añadido produjo 64,3 kg de fruto. Este aumento obtenido con la aplicación de Mg supuso un aumento del beneficio neto de 7.790 Yuan/ha. Un aumento algo mayor de las aportaciones de Mg incrementó ligeramente el rendimiento, pero no supuso ningún beneficio económico, por lo que se concluyó que la aplicación recomendable de Mg debía ser de 40 g Mg/planta/año (Xiuchong et al., 2001).

En el caso del longan se señala que el abonado con Mg también se tradujo en una mejora de la calidad, obteniéndose frutos más grandes, más dulces y con un mayor contenido de vitamina C,

B.2.- Información de Interés Obtenida de K+S

B.2.1.- Información general.

En uno de los documentos recibidos de esta compañía ‘Kumar, N. Mango in India - Maximising yield and quality through adequate cultivation and nutrient management’ (Anejo 4), se indica que se produjo una extracción variable según cultivar y emplazamiento del orden de 1,11 kg/100 kg de fruta producida. Los abonos utilizados incluyen el sulfato de magnesio y el ‘Potassium schoenade’ (23% K₂O; 11% MgO), abono este último no indicado en la información recogida en la encuesta hindú (tabla 4). Debe señalarse además que en la publicación de Bhargava y Chadha, (1988), citada en este informe se señala un valor crítico de la concentración foliar de 0,91 % Mg, que es ligeramente superior al señalado como excesivo en la mencionada encuesta hindú (tabla 2).

En el documento denominado ‘Información Mg-Frutas-Mango’ (Bayon (05/09/2017), aportado como anejo 5, se indica la existencia de serias dificultades para la absorción de Mg a pHs <5,5 o >7,5 – el valor más bajo coincidiendo casi exactamente con lo señalado en la bibliografía (véase apartado **Información general sobre el papel del magnesio en las plantas**), así como la necesidad de equilibrar la relación K/Mg dado que el antagonismo K/Mg induce deficiencias nutricionales en el caso de desequilibrios entre estos 2 elementos, indicando los siguientes valores:

K/Mg = 8:1 → Alta probabilidad de deficiencia de Mg

K/Mg = 2:1 → Valor óptimo

K/Mg = 0.75:1 → Alta probabilidad de deficiencia de K

Estos valores son notablemente diferentes e incluso contradictorios con los señalados en las encuestas recibidas de diferentes países (véase apartado **Abonado con magnesio en diferentes lugares de cultivo del mango en el mundo**. 3) Relación del magnesio con otros nutrientes) en que se señalan como valores óptimos para la relación Mg/K entre 2 y 5 con valores <1 indicados como suelos deficientes en Mg

En los documentos de K+S Kali escritos por Gransee, A, denominado ‘Balanced Nutrient Management including Magnesium and Micronutrients’ (Anejo 6) y ‘ESTA® Kieserite A product of nature’ (Anejo 7), se describe, en base a una revisión de literatura efectuada por K+S Kali, el papel general del Mg en el metabolismo de las plantas. Dado que en general la misma no difiere mucho de lo descrito en en la sección previa de este informe (véase **Información general sobre el papel del magnesio en las plantas**) solo señalaremos la información complementaria aportada con relevancia para este informe que es la siguiente:

- Una descripción de los estreses abióticos que pueden ser aliviados por medio de una adecuada fertilización con Mg que incluyen sequía, elevada temperatura, excesiva iluminación, heladas, viento, lluvia y pH bajo.
- Que un adecuado abonado con K y Mg mejora la absorción de N. lo que explica la necesidad de una adecuada relación K/Mg ratio de cara a la obtención de un elevado rendimiento
- Que un adecuado suministro de Mg mejora la tolerancia al Aluminio
- Que, al mejorar el crecimiento radical, el Mg mejora la absorción de agua y nutrientes del suelo.
-

B.2.2.-. Influencia del magnesio en aspectos cuantitativos y cualitativos sobre la producción del mango.

La influencia del magnesio sobre estos aspectos se indica en el mencionado Anejo 5 en el que se reporta que el abonado con Mg aumenta el tamaño del fruto, el contenido en azúcar y en vitamina C y también el crecimiento radical. En el mismo documento, en base al trabajo de Tan et al. (1997) denominado ‘Effect of the SOP (K₂SO₄ and ESTA® Kieserite (MgSO₄ x H₂O) on the yield of mangos 4 years old in Tiandong, Guangxi (China)’, se señala un aumento de la vida de anaquel del mango cuando se incorpora el fertilizante magnésico Kieserite a un programa de abonado NPK.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE EL IMPACTO DE LA FERTILIZACIÓN CON MAGNESIO EN MANGO Y OTROS FRUTALES

Para una mejor comprensión de esta revisión de literatura, la misma se ha agrupado fundamentalmente en diferentes apartados relacionados con los posibles efectos del magnesio sobre los diferentes aspectos cuantitativos y cualitativos de la producción de mango, que fueron señalados en las entrevistas realizadas para este proyecto descritas en la primera parte de este informe.

Influencia del Magnesio sobre el Peso y Tamaño del Fruto y sobre el Rendimiento

Muchas de las afirmaciones señaladas en la mayoría de los libros y artículos que tratan del magnesio (véase apartado **INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL PAPEL DEL MAGNESIO EN LAS PLANTAS**) indican que un adecuado contenido de magnesio aumenta el rendimiento o que, al contrario, una baja disponibilidad de este elemento en el suelo trae consigo un bajo rendimiento)

Varios artículos indican una clara relación entre Mg y rendimiento en cultivos tales como cereales, hortalizas o uvas, pero no hay muchos trabajos experimentales sobre mango u otros frutales (Gerendás and Fühns, 2013, Brunetto et al., 2015) que cuantifiquen la relación entre diferentes niveles de Mg tanto en suelo como foliares y el rendimiento, salvo la ya comentada de Xiuchong et al., (2001) que señalaba un aumento significativo del rendimiento de 2.570 kg/ha (21,1%) en mango como resultado de una adecuada fertilización con magnesio (véase Apartado B_Compañías productoras de fertilizantes. Información de interés obtenida de Yara) lo que está de acuerdo con el experimento realizado en Sudáfrica por Oosthuyse (1997) con 5 cultivares de mango: Zill, Tommy Atkins, Sensation, Heidi y Kent en los que se encontró que el rendimiento del árbol de mango estaba positivamente relacionado con la concentración foliar de Mg, lo que parece indicar que la aplicación de Mg traerá generalmente como consecuencia un aumento del rendimiento. Sin embargo, otras observaciones de este mismo experimento también indican que la concentración foliar de Zn y Mg estaba negativamente correlacionada con el tamaño del fruto lo que parece contradictorio con el señalado efecto positivo del Mg sobre el rendimiento. La explicación podría estar en el efecto negativo, también señalado en este trabajo, del Zn sobre la retención de fruta. Señalemos también que en otro experimento con el mango ‘Dashehari’ (Pathak and Pandey (1977) se indica que una adecuada concentración de Ca y Mg mejora el cuajado y el tamaño del fruto.

Aparte de estos trabajos específicos sobre mangos merece la pena destacar aquí otros trabajos que relacionan la influencia del Mg sobre el rendimiento en varios frutales. En el caso del manzano los resultados de algunos experimentos que aplicaron aspersiones correctoras de $MgSO_4$ a árboles con síntomas de deficiencia de Mg no tuvieron influencia sobre el rendimiento, mientras que, por el contrario, en otros experimentos aspersiones en poscosecha de $MgSO_4$ aplicados a árboles con severas deficiencias de Mg aumentaron el rendimiento a través del aumento del cuajado y del tamaño del fruto y de la reducción de la caída estacional tardía de fruta (varios autores citados por Swietlik and Faust, 1984). Los trabajos experimentales realizados con manzano en Argentina (véase apartado posterior **Tolerancia a alta intensidad lumínica**) también mostraron un efecto beneficioso del Mg sobre el tamaño del fruto. En el caso de los cítricos, los resultados de un experimento con mandarinas (*Citrus reticulata*) en India (Ram y Bose (000) mostraron que, en los tratamientos con Mg y micronutrientes, except Cu se obtuvieron mayores rendimientos que en el control (sin aspersiones foliares de fertilizantes) y que el tratamiento en el que se aplicó Mg + Cu + Zn fue el que proporcionó el mejor rendimiento sin que se afectara la calidad de la fruta. En el experimento de Quaggio et al., (1992) realizado en Brasil con ‘Valencia’ sobre ‘Rangpur Lime’ se encontró que el máximo rendimiento se obtuvo en las parcelas en las que el Mg cambiable en el suelo y el contenido foliar en Mg eran mayores de 0,9 meq/100 cm³ y 0.35%, respectivamente, valores que, especialmente para el contenido en hoja son similares a aquellos indicados en las encuestas como valores óptimos para mangos (véase apartado de **ABONADO CON MAGNESIO EN DIFERENTES LUGARES DE CULTIVO DEL MANGO EN EL MUNDO**). Merece la pena destacarse aquí que según Zekri and Obreza (2016) la alternancia es un fenómeno común en cultivares de cítricos con semillas cultivados en condiciones de deficiencia de Mg.

Influencia del Magnesio sobre la Calidad de la Fruta

El número de estudios sobre la influencia del magnesio en la calidad de los productos agrícolas y hortícolas es muy reducido en relación con la influencia de otros

macroelementos. Según Wesler (2012) los caracteres cualitativos de las plantas están controladas fundamentalmente por factores genéticos y fisiológicos, variando según cultivares y partes de la planta. Pero, al margen de las limitaciones genéticas, los factores exógenos naturales (clima y fertilidad del suelo) o antropogénicos (método de cosecha, procesado, cultivo del suelo, abonado, riego, etc.) pueden modificar considerablemente la calidad. En relación al Mg, Bramlage et al., (1980) indican que hay escasa evidencia de que un exceso o deficiencia de Mg afecte directamente la calidad de la fruta, pese a que las plantas con deficiencia de Mg presenten un débil aspecto y sean poco productivas. Estos autores señalan que los resultados de la mayoría de los experimentos realizados con manzanas y otros frutales no han aportado ninguna clara influencia directa del Mg, pero sí de la interacción del Mg con otros elementos tales como el Ca y el K. Así, Gerendás y Fühns (2013) señalan que un aumento del Mg tiende a aumentar la calidad de la fruta, pero que las relaciones Mg/Ca and Mg/K son indicadores más fiables de la calidad que el contenido en Mg. Aún más, Bramlage et al. (op.cit.), señalan que las dosis de Mg superiores a aquellas requeridas para obtener un máximo rendimiento rara vez producen un aumento de la calidad. Un ejemplo de esta mencionada interacción son los resultados obtenidos por Fallali y Simons (1996) que en un experimento con dos cultivares de manzanas encontraron que los contenidos de magnesio y potasio en el fruto estaban negativamente y positivamente correlacionados respectivamente con el **color del fruto**.

Un efecto negativo del Mg en el color de la piel de la manzana fue señalado por Marcelle (1995) y también por Reay et al. (1998), quienes investigando el efecto de las aspersiones foliares de urea y $MgSO_4$ sobre las concentraciones de clorofila, carotenoides y antocianina en la piel de la manzana encontraron que el tratamiento de la copa con Mg aumentaba las concentraciones de clorofila y carotenoides en la cara posterior del fruto, variando de verde claro a amarillo pálido como consecuencia de un efecto de 'greening' (reverdecimiento) y en consecuencia aumentaba el color verde del fruto, ya que el efecto de 'reverdecimiento' causado por la aportación del Mg puede estar asociado con el aumento de la formación de clorofila o más exactamente con una disminución/retardo de su degradación lo que, como los autores indican, tiene un impacto negativo en la calidad entendida a los ojos del consumidor. Ello sucede, por ejemplo, en la clasificación por madurez de la fruta en lugares orientados a la exportación como Nueva Zelanda en los que un aumento del color verde trae consigo una reducción del número de frutos adecuados para la exportación dado que se considera que los frutos de color verde necesitan más tiempo para alcanzar el momento deseado de maduración.

Pese a que los resultados de un experimento hecho por Oosthuysen (1997) no indicaron ninguna relación entre el color de la piel del mango y el contenido foliar en nutrientes, informaciones procedentes de Australia (QDAF, 2015) indican un efecto del excesivo contenido de Mg (sin cuantificar) que produce aumento de color verde en hojas y frutos de mango. Similarmente Amin et al., (2004) señalaron un efecto negativo del Mg sobre el color en un ensayo con el cv. Samar Bahist Chausa en el cual las aspersiones foliares al 4% de $CaCl_2$ produjeron un significativamente mejor color mientras que las efectuadas con un 1% de $MgCl_2$ disminuyeron el color frente a las no tratadas. Sin embargo, un efecto positivo se observó en ensayos realizados en Brasil donde se produjo un aumento del color de la piel en el cv. Kent cuando se realizaron aspersiones al 1-1.5% de sulfato de magnesio 30-45 días antes de la cosecha (Estrada, 2002; Mouco et al., 2005).

Otros parámetros de la calidad del fruto tales como el **contenido en sólidos solubles totales (SST) o la acidez** pueden también estar influidos por el abonado con

magnesio. En el caso de los cítricos Quaggio et al. (1992) investigando el efecto del encalado en suelos ácidos y deficientes en Mg en Brasil encontraron que tanto la acidez como los SST aumentaban linealmente con las aportaciones de dolomita durante siete años, aumentos que estaban fuertemente correlacionados con las concentraciones foliares de Mg, como ya había sido indicado por Koo (1971). Moss y Higgins (1974) en un experimento de un solo año en cultivo en arena bajo invernadero concluyeron que el mayor nivel de Mg podría estar relacionado con un aumento de la relación K/Mg. Similarmente, Zekri y Obreza (2016) encontraron que los frutos cítricos de los árboles deficientes en Mg tenían menores contenidos en sólidos solubles totales, acidez y Vitamina C. Un efecto negativo del Mg en la calidad de la fruta en manzanas ha sido también señalado por Marcelle (1995) que encontró una correlación negativa entre la concentración de Mg en el fruto y el índice de Thiault que indica el contenido de SST y ácidos en el fruto y que se utiliza como un parámetro indicador de la calidad (Thiault, 1970). Si bien, este auto indica explícitamente que la correlación negativa entre la concentración de Mg en el fruto y el índice de Thiault no es consecuencia directa del alto contenido de Mg sino de un desequilibrio catiónico (i.e, contenido de Ca and K) poniendo de manifiesto la anteriormente descrita mayor importancia de las relaciones catiónicas sobre los contenidos individuales de los diversos elementos. Debe señalarse, sin embargo, que, en el caso del mango, los resultados del citado experimento de Oosthuysen (1997) no indicaron ninguna relación entre los contenidos en nutrientes y los SST, el pH o el sabor del mango, aunque Amin et al., (2007) señalaron que los tratamientos en poscosecha con 1% MgCl₂ y 4% de CaCl₂ tuvieron una influencia significativa en la mejora del sabor.

Influencia del Magnesio sobre la Vida de Anaquel

El único artículo encontrado que, en concordancia con lo indicado en las encuestas, señala un efecto positivo del Mg en el aumento de la vida de anaquel es el de Alcaraz López et al. (2003) que indica que las aspersiones foliares con magnesio mejoran la firmeza en ciruelas. Por contra, Marcelle (1995) reporta un impacto negativo en manzano. Este autor nos habla de una evaluación de niveles de concentración favorables de los macronutrientes N, P, K, Ca y Mg, dando una idea acerca de la complejidad del impacto del estatus de varios nutrientes en diversos parámetros de calidad e indicando que no se conoce bien el impacto del Mg en la 'buena calidad gustativa', salvo en lo que se refiere a su impacto negativo en la firmeza del fruto lo que conlleva un efecto negativo del Mg sobre la calidad de almacenamiento de las manzanas. El autor señala como causa de este efecto negativo del Mg en la firmeza del fruto el ya comentado efecto de la competencia entre los principales cationes básicos K, Ca and Mg. De acuerdo con sus observaciones el contenido óptimo de Mg debe ser relativamente bajo para conseguir una buena vida de anaquel. El fundamento fisiológico que subyace bajo esta recomendación fue anteriormente discutido en una revisión bibliográfica realizada por Bramlage et al. (1980) señalando que los efectos de varios nutrientes comúnmente descritos, tales como el N, P, K, Mg, y el B sobre la calidad de los frutos de manzanos son hasta cierto punto una consecuencia de su interacción con el Ca.

Un efecto positivo de la fertilización con Mg también fue, sin embargo, señalado por Garzón-Acosta et al. (2014) quienes, en un estudio con el alquejenque (*Physalis peruviana* L.) encontraron que el rajado de fruta era mayor en los frutos deficientes en Mg que en los frutos deficientes en Ca y P explicando este fenómeno por el hecho de que el Mg es muy importante, ciertamente más que el Ca para mantener la insolubilidad de los ácidos pécticos en las paredes celulares, lo que está de acuerdo con lo indicado

sobre el papel de estos dos elementos en el mantenimiento de la integridad de los tejidos de la planta (véase apartado **INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL PAPEL DEL MAGNESIO EN LAS PLANTAS**).

La única referencia encontrada sobre el impacto directo del abonado con magnesio en la vida de anaquel del mango es la ya mencionada (Oosthuysse, 1997) y en ella no se indica ninguna relación entre vida de anaquel y concentración de magnesio. Sin embargo, Wangchai et al., (2012) en un ensayo con el cultivar Nan Doc Mai encontraron una correlación positiva entre la relación Ca+Mg/K y la vida de anaquel señalando que los frutos procedentes de parcelas con valores 2,55 de este cociente tenían mayor firmeza, resistían mayor a los patógenos causantes de la podredumbre y tenían una mayor vida de anaquel que los procedentes de suelos con valores de 1,55 de este cociente. Los datos aportados en este estudio sobre la composición mineral de los frutos nos indican también que un mayor valor de este cociente en el fruto también está positivamente correlacionado con la vida de anaquel.

Influencia del Magnesio sobre la Descomposición Interna (IFB)

Aunque en el mencionado trabajo de Oosthuysse (1997) se señala una correlación positiva entre la incidencia de IFB y la concentración foliar de magnesio, Amin et al (2007) observaron una reducción significativa en la incidencia del 'soft nose' - una de las manifestaciones del fenómeno de la IFB (Galán Saúco, 2009) - en frutos de mango del cv. Samar Bahist Chausa tratados 15 días antes de la recolección con una aspersión foliar bien de CaCl₂ al 4% o también de MgCl₂ al 1%. Los resultados de otro experimento realizado en Brasil (Assis et al., 2004) pusieron también de manifiesto que los frutos de 'Tommy Atkins' afectados con IFB presentaban bajos niveles de Ca y Mg y elevadas relaciones N/Ca y K/Ca, tanto en la pulpa como en la piel. Similarmente a lo indicado para el impacto del Mg en la vida de anaquel, se ha encontrado que un aumento de la relación Ca+Mg/K tiene un efecto positivo en la reducción de la pulpa gelatinosa.

Influencia del Magnesio sobre la Tolerancia a Estreses

Muchos de los tratados fisiológicos indican que la mayoría de las plantas bajo condiciones de estrés ambiental causado por temperaturas demasiado altas o demasiado bajas, sequía o salinidad reciben más radiación solar que la que pueden usar para el transporte electrónico fotosintético y fijación de CO₂, causando un daño fotosintético que puede incluso llevar a la muerte celular. Por añadidura, algunas plantas o algunos cultivares de una especie dada tienen una especial sensibilidad al Mg hasta el punto de sufrir una deficiencia de Mg en condiciones de estrés hídrico o térmico, incluso aunque el Mg esté disponible a niveles suficientes (Benton Jones, 2012).

Como indican Barker y Pilbean (1937), citando a varios autores, las condiciones de sequía, disponibilidad irregular del agua, mal drenaje o excesivo lavado, elevada o baja temperatura y bajo pH en el suelo o en la rizosfera aumentan los síntomas de deficiencia de magnesio, dado que, o bien este elemento no resulta físicamente disponible en estas condiciones, o fisiológicamente, las raíces de la planta no son capaces de absorberlo en cantidades suficientes para mantener el crecimiento normal de la planta. El grado de impacto depende, sin embargo, del tipo de planta y del estadio de desarrollo de la planta.

Influencia del magnesio sobre la Tolerancia a Alta Intensidad Lumínica

De acuerdo con Cakmak y Yazici (2010) las plantas que crecen bajo condiciones de elevada intensidad lumínica parecen tener mayores necesidades de Mg que las que lo

hacen bajo condiciones de baja intensidad lumínica y, como consecuencia, una elevada intensidad lumínica favorece el desarrollo de deficiencias en Mg. La deficiencia de Mg, como las de K, Zn y N aumenta la sensibilidad de la planta al daño fotooxidativo causado por un mal transporte y acumulación de carbohidratos a través del floema. Consecuentemente se produce la aparición de clorosis y necrosis y un impacto negativo en el crecimiento, por lo que una nutrición apropiada resulta imprescindible bajo condiciones de estrés de cara a reducir estos daños (Cakmak, 2005; Engels et al, 2012).

Los ensayos experimentales realizados en manzano nos indican que una adecuada nutrición con Mg conlleva un mayor crecimiento foliar aumentando la tolerancia de los árboles a una elevada radiación solar como consecuencia del positivo papel del Mg en el proceso de descarga del floema y el consiguiente aumento del enfriamiento fotoquímico. En la práctica ello se traduce en una mejor calidad de la fruta (mayor tamaño y menores daños de golpe de sol (G Colavita.2017. Departamento de Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad Nacional del Comahue, Argentina. Comunicación personal. 2017). Los trabajos con judías, trigo y maíz indican también que asegurar un aporte suficiente de Mg es importante de cara a minimizar las pérdidas en producción originadas por calor y radiación (Cakmak, 2013).

Influencia del magnesio sobre la Tolerancia a Estrés Hídrico y Salinidad

Como en el caso de tolerancia a elevada intensidad lumínica no se han realizado experimentos específicos para evaluar el impacto del abonado con Mg en la tolerancia del mango u otras especies frutales al estrés hídrico o a la salinidad. Como en muchas otras plantas un adecuado contenido de este elemento en los tejidos de las plantas resulta beneficioso, pero debe señalarse que los resultados de un experimento con girasoles indican que valores foliares de Mg superiores al 1,5% pueden ser críticos debido a fenómenos de inhibición de la fosforilación y de la fotosíntesis (Rao *et al.* 1987). Pese a que este resultado no puede ser directamente trasladado al caso del mango merece la pena señalar que este valor es notablemente más elevado que el recomendado como adecuado tanto en las encuestas (0,15 a 0,60%) como en la revisión de literatura (0,35%).

Influencia del magnesio sobre la Tolerancia al Frío

Aunque hay autores que señalan que ‘No resulta claro las razones por las que el magnesio se ha asociado con la resistencia al frío; no está ciertamente basado en la evidencia científica disponible’, otros autores señalan una clara relación del Mg con la tolerancia a bajas temperaturas. Así, en el caso de los cítricos, Zekri y Obreza (2016) reportan que los árboles deficientes en Mg son más susceptibles a los daños por frío que los no deficientes en este elemento

Influencia del magnesio sobre la Tolerancia al Tratamiento Hidrotérmico

Pese a la existencia de varios trabajos sobre el tratamiento hidrotérmico en mangos [(Yimyong et al., (2011); Zhang et al, (2012) Angasu et al., (2014)] y también en otros frutales no se ha encontrado en ellos referencia alguna al papel del magnesio en relación a disminuir los posibles daños ocasionados por este tratamiento.

Influencia del Magnesio en la Resistencia a Enfermedades

El papel de la nutrición con magnesio y su impacto en la resistencia a enfermedades ha sido discutido por diversos autores, pero salvo en el ya mencionado trabajo de Wangchai et al. (2001) que indicaba un efecto positivo de la relación Ca+Mg/K en la resistencia a los organismos causantes de la pudrición de poscosecha (véase efecto sobre la vida de anaquel), no se han realizado estudios específicos para

el mango. Los resultados encontrados para otros frutos son a veces contradictorios. Así, Jones y Huber (2007) indican que altos niveles de Mg causan una reducción de enfermedades tales como la pudrición blanda bacteriana de la patata, pero los mismos autores (Huber y Jones 2013) señalaron posteriormente que un alto contenido de Mg al interferir con la absorción de Ca puede aumentar la incidencia de enfermedades tales como la mancha bacteriana del tomate y del pepino o la de la vaina del cacahuete. (Benton Jones, 2012) también reporta que algunas enfermedades fúngicas, tales como la incidencia del oidium en los pepinos cultivados en invernadero afectan con mas facilidad a las plantas deficientes en magnesio.

De acuerdo con Huber y Jones (2013) uno de los mecanismos específicos de Resistencia a enfermedades favorecido por el aporte de Mg es la mayor resistencia de los tejidos a la degradación causada por las enzimas pectolíticas de los patógenos de la pudrición blanda bacteriana, lo que parece indicar que el efecto del Mg en la resistencia a enfermedades puede ser consecuencia de su efecto general sobre la salud de la planta. Estos autores señalan también que el ataque de los patógenos causantes de la marchitez por fusariosis tiende a ser menos severo cuando hay suficiente Mg disponible. Dado que *Fusarium spp* resulta el agente causal de la malformación del mango (Galán Saúco, 2009) podría tener un cierto interés evaluar el posible papel del abonado con Mg en la reducción de la incidencia de esta muy importante enfermedad de difícil control en campo.

En conclusión, el manejo de la nutrición con Mg y su relación con otros nutrientes, de cara a reducir la incidencia de enfermedades es por el momento una herramienta infrautilizada para el control de enfermedades en distintos cultivos y en el mango en particular.

RESUMEN DE HALLAZGOS SOBRE EL ABONADO CON MAGNESIO Y SUS EFECTOS EN EL MANGO

- La gran mayoría de los países determinan la **cantidad de magnesio a aplicar** en base tanto análisis foliar como de suelo, complementada en ocasiones con las recomendaciones tradicionales de sus propios países o siguiendo las recomendaciones de las referencias bibliográficas de otros países.

- En casi todas las encuestas realizadas se señala el rango de 0,15- 0,60 % como el más apropiado **contenido foliar** de Mg. Las encuestas señalan también como **niveles óptimos en suelo** aquellos comprendidos entre 1, 5 y 3 meq/100g (1-10 como valores extremos), alrededor de 60-90 ppm (48-200 como extremos) o en torno al 20% de la capacidad de cambio catiónico. Estos valores, especialmente los foliares, son similares a los señalados en la revisión bibliográfica como óptimos para el mango, coincidiendo a su vez con los valores óptimos indicados para otros cultivos. Debe señalarse, sin embargo, que en la información recibida de la compañía K+S se indica un valor foliar crítico para el Mg de 0,91 % en India, el cual es ligeramente más elevado que el valor reportado como excesivo en una de las encuestas recibidas de dicho país y también más elevado que el indicado como valor óptimo en la otra encuesta del mismo país.

- Como se señala tanto en las encuestas como en la información recibida de las casas fertilizantes y en la revisión bibliográfica, existe una clara **interacción de la absorción del magnesio con la concentración de otros elementos, fundamentalmente Ca y K, pero también de otros elementos** como N, P, Mn, Fe, B, Zn e incluso Na. También se indican valores óptimos para las relaciones Ca/Mg y K/Mg, pero algunas de ellas son contradictorias.

- La mayoría de los países **aportan magnesio** bien como **sulfato de magnesio o dolomita** generalmente aplicado directamente al suelo, pero en algunos casos también por aspersión foliar o vía fertiriego. Como abono orgánico se usan diversos fertilizantes orgánicos, biofertilizantes, y también, cuando están aprobados para su uso en **cultivo orgánico**, sulfato potásico magnésico, sulfito de magnesio y dolomita.

- Doce (12) de los países han señalado que **una apropiada fertilización con Mg aumenta el rendimiento**, pero en ninguna de las encuestas se aportan datos cuantitativos que avalen esta afirmación. Análogamente, tanto la información recibida de la Compañía Yara que indica el efecto beneficioso del abonado con Mg en el aumento del rendimiento como lo indicado en uno de los trabajos revisados en la bibliografía en el que se indica que en Sudáfrica se encontró que el contenido foliar en Mg estaba positivamente relacionado con el rendimiento. Muchas otras referencias bibliográficas en otros frutales, como cítricos o manzanas indican también que un adecuado contenido de Mg aumenta el rendimiento o, el caso contrario, que la baja disponibilidad de Mg en un campo de cultivo conduce a una disminución del rendimiento.

- Diez de las encuestas recibidas reportan que **una adecuada fertilización con Mg mejora la calidad del fruto de mango**, aunque difieren en cuanto al parámetro de la calidad – **color de la piel, tamaño, contenido en azúcares o sabor**- que se mejora. La información proporcionada por las casas de fertilizantes también nos habla de la influencia positiva del Mg en un aumento en tamaño del fruto y del contenido en azúcar, y, en el caso de la Compañía K+S incluso de una mejora en el contenido en Vitamina C. Sin embargo, la revisión de bibliografía nos señala que, al menos en el caso de la manzana, hay muy escasa evidencia de que tanto la deficiencia como el exceso de Mg afecten directamente a la calidad de la fruta- Los resultados obtenidos para el mango en diferentes ensayos son contradictorios, encontrándose algunos casos en que la concentración de Mg estaba negativamente correlacionada con el color de la fruta, produciéndose incluso fenómenos de reverdecimiento (*greening*) de frutos y en otros, sin embargo se señala que las aspersiones con SO_4Mg en precosecha mejoran el color de la fruta. Las informaciones obtenidas de la bibliografía muestran también en el caso de los cítricos y de las manzanas una clara influencia del magnesio, positiva para los cítricos y negativa para las manzanas, sobre otros parámetros de calidad como los **sólidos solubles totales (SST), la acidez o el gusto**. Los trabajos revisados sobre mango no indican ninguna relación entre el contenido en nutrientes y los SST el pH o incluso el gusto, excepto una mejora del sabor con un tratamiento en poscosecha conteniendo Mg y Ca

- Solo en las encuestas de tres países y en la información procedente de la compañía K+S se indica una influencia positiva del abonado con Mg en el aumento de la **vida de anaquel** del mango, mientras que la información recogida sobre este tema en la bibliografía consultada es contradictoria, con influencia positiva o negativa dependiendo del cultivo y, en el caso del mango, el único trabajo bibliográfico sobre el tema no indica ninguna relación directa entre la vida de anaquel y el contenido foliar en Magnesio. Sin embargo, la relación $Ca+Mg/K$ tanto en suelo como en fruto puede ser un buen indicador de la vida de anaquel del mango.

- Si bien en la encuesta procedente de Venezuela, uno de los tres países que mencionan este tema, se indica un efecto positivo del Mg en la incidencia de IFB, existe cierta contradicción en la revisión bibliográfica, pues de una parte se reporta tanto una influencia negativa de la fertilización con Mg en este desorden fisiológico como un efecto positivo de las aspersiones foliares conteniendo Mg, y también se señala que los niveles bajos de Mg en la pulpa y piel del mango están asociados a IFB. En la

revisión bibliográfica también se pone de manifiesto el importante papel que las relaciones, N/Ca and K/Ca y Ca+Mg/K juegan en relación con este desorden

- Aunque no se ha encontrado referencias bibliográficas, ni se ha reportado información al respecto en las encuestas recibidas, existe información experimental sobre otras especies frutales indicando que una adecuada fertilización con magnesio aumenta la **tolerancia a valores elevados de radiación solar** y es beneficiosa en relación a la **tolerancia al estrés hídrico** y a la **salinidad**

El aumento de la **resistencia al frío** en mangos y aguacates motivada por una fertilización adecuada de Mg se indica como un hecho bien conocido en una de las encuestas de Florida, y también se señala en las encuestas de Brasil y Ecuador. En la revisión bibliográfica efectuada se reporta también este efecto en el caso de los cítricos, aunque hay ciertas dudas sobre la veracidad del mismo.

- Pese a que no se ha encontrado ninguna referencia bibliográfica acerca del impacto de la fertilización con Mg sobre la reducción del **daño causado por el tratamiento con agua caliente** en mangos o en otras especies, dos de los principales países que exportan mangos a Estados Unidos, Brasil y Ecuador, indicaron en sus encuestas que un adecuado abonado con Mg mejora la tolerancia de los frutos de mango al HWT reduciendo los problemas de quemado de la fruta por excesivo frío o temperaturas elevadas durante este tratamiento.

- Una fertilización adecuada de Mg, bien equilibrada con otros elementos minerales, tiene un claro impacto en la **resistencia a diversas enfermedades** y su papel en el control de algunas importantes enfermedades como la malformación debería ser investigado.

DISCUSIÓN GENERAL

Si bien la mayoría de las encuestas señalan valores similares para el contenido adecuado en Mg tanto foliar como en suelo que, además, coinciden con los señalados en la literatura para otros frutales como los cítricos, la única diferencia encontrada para el caso de India puede explicarse en base al hecho de tratarse de cultivares diferentes a los de otras partes del mundo, así como a diferentes condiciones ambientales, particularmente de suelo. No en vano la interacción cultivar/medio ambiente y su influencia en diversos parámetros que miden el crecimiento y desarrollo de las plantas es un hecho sobradamente conocido para el mango y otros cultivos. Debe también señalarse que los cultivares de la India son, en su mayoría, de color verde, en los que aumentando los niveles de Mg, el posible efecto de reverdecimiento, anteriormente comentado, caso de producirse no sería un problema para los mismos como sucedería para los cultivares coloreados que dominan los mercados occidentales.

En el caso del Ca y K, dos de los elementos que interaccionan más con la absorción de Mg, los valores contradictorios encontrados en las relaciones Ca/Mg y K/Mg podrían también deberse a posibles diferencias en los tipos de suelo en los que se obtuvieron, lo que también explica que no puedan indicarse valores precisos como regla general válida para estas relaciones de cara a favorecer la absorción de magnesio.

El efecto beneficioso de una adecuada fertilización con Mg sobre el rendimiento, el vigor y el crecimiento de la planta de mango puede explicarse fácilmente teniendo en cuenta el papel que este elemento juega en numerosos procesos fisiológicos de la planta (véase apartado **INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL PAPEL DEL MAGNESIO EN LAS PLANTAS**). La ocurrencia de fenómenos de alternancia, común en muchos cultivares de mango, unido a lo señalado por **Zekri and Obreza (2016)**, sobre la ocurrencia de alternancia de forma habitual en los cultivares de cítricos con semilla cultivados en condiciones de deficiencia de Mg, hace que debamos

ser aún más exigentes en cuanto al mantenimiento de los niveles críticos de este elemento.

La influencia contradictoria encontrada acerca de la fertilización con Mg sobre el color del fruto puede también explicarse en base a su posible interacción con otros elementos como el potasio cuya concentración en frutos de manzana se ha demostrado estar positivamente correlacionada con el color del fruto (Fallali and Simons (1996), ilustrando, una vez más, que el efecto del Mg sobre la calidad de la fruta en manzanas y, probablemente, también en otros frutos está fuertemente influida por los efectos antagónicos de la absorción y acumulación de potasio. Otro hecho que explica la contradicción aparente entre diversos trabajos experimentales que han estudiado el tema es la citada interacción con el cultivar, el emplazamiento o ambos. Análogos comentarios pueden también aplicarse a la influencia del Mg en el contenido en sólidos solubles totales y acidez, no investigada suficientemente para el mango y, posiblemente, como en el caso de las manzanas (Marcelle, 1970), también más influida por las relaciones catiónicas que por la sola concentración de Mg.

La mencionada interacción con otros cationes también permite explicar la aparente contradicción encontrada acerca del efecto del Mg en la vida de anaquel, como se indica claramente por la correlación positiva encontrada entre el contenido en Ca y el cociente $(Ca + Mg) / K$ y la vida de anaquel en el cv. Nan Doc Mai cultivado en distintos tipos de suelo (Whangchai *et al.*, 2001). En efecto, como se pone de manifiesto en el trabajo de Whangchai *et al.* (2001) en el que se indica que el Ca y la relación $(Ca + Mg) / K$ en fruto tienen una alta y positiva correlación con la vida de anaquel del cv Nan Doc Mai cultivado en diferentes tipos de suelo.

Dado que la IFB está causada por excesivo contenido de N o bajo de Ca en el fruto (Galán Saúco, 2009) la mencionada interacción Ca-Mg puede explicar la contradicción encontrada en la revisión de literatura en relación a la influencia del Mg en la incidencia de la IFB. La anteriormente mencionada relación $Ca + Mg / K$ puede servir tan bien como la relación Ca / N como un indicador de la incidencia de este desorden. Análogamente sucede con el caso del ‘bitter pit’, un desorden que ocurre en manzanas que, además de dotar a los frutos de un indeseable aspecto externo, reduce la textura y el gusto y que esta causado también por un insuficiente suministro de Ca al fruto, aunque la incidencia de este desorden no ha sido directamente relacionada con el contenido en Mg, la relación Ca / Mg sirve también como un indicador de su incidencia (Askew *et al.* 1960). En cualquier caso, pese al efecto positivo de las aspersiones con Mg mencionado en la revisión de literatura, sea preciso tener cuidado en aumentar el contenido de magnesio en fruto, Ello, en base a que, como se señala anteriormente en este informe (véase apartado **INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL PAPEL DEL MAGNESIO EN LAS PLANTAS**, existe una clara interacción entre Ca y Mg, lo que unido a la escasa movilidad del Ca en la planta – en contraste con la elevada movilidad del Mg – (White, 2012) hace que debamos tener especial cuidado en evitar que un excesivo contenido en Mg pueda reducir la translocación de Ca al fruto. Es por ello que se hace necesario realizar experiencias con distintitos cultivares y en distintas condiciones agroclimáticas antes de dar recomendaciones concretas al respecto.

Pese a que no se ha encontrado publicación alguna sobre mangos ni se ha indicado nada al respecto en las encuestas realizadas, pocas dudas existen acerca de que una adecuada fertilización con Mg pueda aumentar la tolerancia del mango a valores elevados de radiación solar.

El efecto beneficioso del Mg sobre la resistencia al frío puede explicarse fácilmente. Así, Caplan (1988) indica que una reducción de la aplicación de N al final del verano permite la acumulación de reservas de carbohidratos en diferentes tejidos de

la planta, actuando como un anticongelante que reduce la temperatura requerida para la congelación del agua de los tejidos. Como conclusión señala que es de gran importancia mantener un follaje sano después de la cosecha que pueda permitir la acumulación de azúcares en la planta. Como indican Cakmak y Yazici (2010) la primera reacción de las plantas deficientes en Mg es la acumulación de hasta 4 veces más sacarosa en las hojas deficientes comparadas con aquellas bien nutridas lo que habla de una severa inhibición del transporte de sacarosa a través del floema más allá de las hojas deficientes. Por ello, no cabe duda de que un adecuado programa de abonado, particularmente con N y Mg resulta de gran importancia para lograr una adecuada capacidad de tolerancia al frío en el mango.

El efecto positivo del abonado con Mg en la reducción del escaldado o quema de la epidermis del fruto del mango durante el HWT indicado en las encuestas de Ecuador y Brasil es atribuido en ellas a una menor formación de pigmentos particularmente de clorofila. Esta explicación está de acuerdo con lo indicado en la sección previa de este informe **INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL PAPEL DEL MAGNESIO EN LAS PLANTAS**. De acuerdo con sus observaciones (L. E. Ferraz. Clorofila. Agropecuaria & Consultoría. Comunicación personal. 2017). el contenido en Mg, tanto en frutos como en hojas disminuye progresivamente desde la fase de floración-cuajado hasta la recolección (véase fig.1) y la clorofila sintetizada inicialmente durante la fase temprana de crecimiento del fruto resulta degradada durante la maduración transformándose en, otros pigmentos amarillos y rojos, cesando su papel protector y dando lugar a frutos más sensibles a daños, bien por frío o por excesiva temperatura, durante el HWT, Debe tenerse en cuenta, no obstante, que estas observaciones se refieren solamente a ‘Tommy Atkins’ y ‘Kent, cultivares en los que ni en las encuestas recibidas ni en la bibliografía se señalan influencias negativas sobre el color, sino más bien positivas, Debe tenerse cuidado en hacer extensiva esta información a otros cultivares pues no se conocen estudios para ‘Palmer’, ‘Ataulfo’, ‘Nan Doc Mai’ o ‘Keitt’ donde un exceso de clorofila en el caso de un excesivo suministro de Mg puede resaltar el color verde de los frutos como se ha señalado para las manzanas (Gerendás y Fühns, 2013) y también para el mango en Australia, (QDAF, 2015), lo que no tendría una buena aceptación en los mercados occidentales (Europa y Norteamérica) (Galán Saúco, 2015).

Como en otras características la interacción con otros elementos juega un papel en la resistencia del mango a las enfermedades lo que explica el bien conocido efecto del aumento de la susceptibilidad de muchas plantas a las mismas bajo condiciones de un elevado suministro de K generalmente asociado con bajas concentraciones en los tejidos de Mg y Ca. La razón de esta mayor susceptibilidad tiene probablemente su origen en una alta acumulación de azúcares en las hojas fuente originadas por condiciones de bajo contenido en Mg debido a un transporte deficiente a través del floema que favorece la invasión y posterior infección del patógeno (Cakmak, 2013).

CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A DESARROLLAR

Una adecuada fertilización con magnesio tiene los siguientes efectos en el cultivo del mango:

- 1) Mejora del rendimiento, vigor 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, se pueden hacer la siguiente recomendación:

Manténgase el nivel foliar de Mg por encima del 0,25% pero evitando un aumento excesivo del mismo cuidando de no sobrepasar el 1% ni siquiera para los cultivares de color verde. No pueden darse valores precisos de carácter general para el contenido de Mg en el suelo que depende mucho del tipo de suelo.

Para clarificar más el papel del Mg y particularmente sus beneficios para la producción del mango resulta necesario realizar **experimentos con diferentes niveles de abonado con Mg sobre diferentes cultivares en diferentes suelos y condiciones agroclimáticas**. Algunas nuevas líneas de investigación particularmente interesantes incluyen las siguientes:

- 1) Evaluación del efecto de aspersiones de sales de calcio y magnesio a diferentes concentraciones y momentos de aplicación sobre el control de la IFB
- 2) Evaluación del impacto de diferentes niveles de abonado con Mg sobre la incidencia de la malformación

FIGURAS

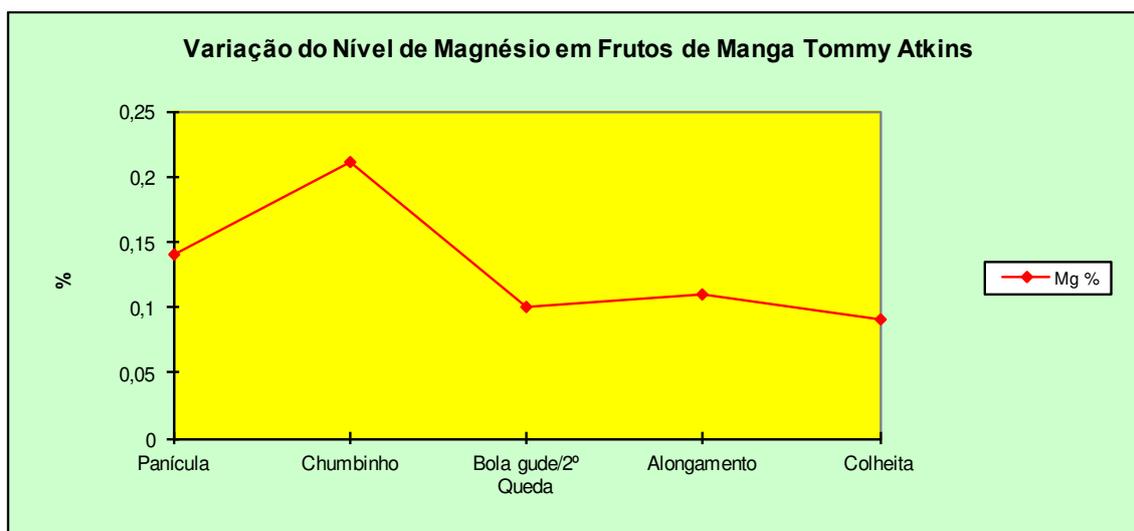


Fig.1 Variación del contenido en Mg en frutos de Tommy Atkins

Leyendas: Panícula = Panícula

Chumbinho= Cuajado

Bola gude 2ª queda = frutos tamaño canica. 2ª caída

Alongamento = Crecimiento del fruto

Colheita = Recolección

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Alcaraz-Lopez C, Botia M, Alcaraz C.F. y Riquelme, F. 2003. Effects of foliar sprays containing calcium, magnesium and titanium on plum (*Prunus domestica* L.) fruit quality. *J Plant Physiol* 160:1441–1446.
- Amin, M., Malik, A: U: Nawab-U-Din, Jabbar. A. y Ahmad. I. 2007. Mango Soft Nose Disorder and Fruit Quality in Relation to Pre-and Post Harvest Treatments. *Live Science International Journal* 1(4): 455-462.
- Angasu, O. N., Dessalgne, O. G. y Tadisse.T. N. 2014. Effect of Hot Water Treatment on Quality and Incidence of Postharvest Disease of Mango (*Mangifera indica*. L.). *Fruits Asian Journal of Plant Sciences* 13(2):87-92.
- Askew, H. O., Chittenden, E. T., Monk, R. J. y Watson, J. 1960. Chemical investigations on bitter pit of apples, *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 3(1), 141-168.
- Assis, J. S., Silva, D. J. y Moraes, P. L. D. 2004. Equilíbrio nutricional e distúrbios fisiológicos em manga ‘Tommy Atkins’. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, 26 (2): 326-329.
- Bhargava, B.S. y Chadha, K.L., 1988, Leaf nutrient guide for fruit and plantation crops. *Fert. News* 33: 21-29.
- Barker, A. V. y Pilbean, D. J. 1937 *Handbook of plant nutrition*. CRC Press.Taylor and Francis Group. Boca Raton.
- Benton Jones Jr., J. *Plant nutrition and soil fertility manual*. 2012. CRC Press.Taylor and Francis Group. Boca Raton.
- Bramlage W.J., Drake M. y Lord W. J. (1980). The influence of mineral nutrition on the quality and storage performance of pome fruits in North America. *Acta Hort* 92: 29–40.

- Brunetto, G., Bastos De Melo, G.W., Toselli, M., Quartieri, M. y Tagliavini, M. 2015. The Role of Mineral Nutrition on Yields and Fruit Quality in Grapevine, Pear and Apple. *Rev. Bras. Frutic.* 37(4) *Online version* ISSN 1806-9967. Downloaded 20/10/2017.
- Cakmak, I. 2005. Role of Mineral nutrients in tolerance of crop plants to environmental stress factors- *Journal of Plant Nutrition*: 35-45.
- Cakmak, I. 2010. Role of mineral nutrients in tolerance of crop plants to environmental stress factors. ipipotash.org/.../3_Cakmak_Role_of_Mineral_Nutrients_p35-48. Downloaded 30/08/2017.
- Cakmak, I. 2013a. Magnesium in crop production, food quality and human health. *Plant and Soil* 368 (1/2). Part I: Special Issue: Magnesium in Crop Production, Food Quality and Human Health: 1-4.
- Cakmak, I. 2013b. Summary of the First International Magnesium Symposium. *Plant and Soil* 368 (1/2), Part I: Special Issue: Magnesium in Crop Production, Food Quality and Human Health: 1-4.
- Cakmak, I. y Kirkby, E. A. 2008. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. *Physiol Plant* 133: 692–704.
- Cakmak, I. y Marschner, H. 1992. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiol* 98: 1222–1227.
- Cakmak, I. y Yazici, A. M. 2010. Magnesium: A forgotten element in crop production. *Better Crops* 94(2): 23-25.
- Cakmak, I., Hengeler, C. y Marschner, H. 1994a. Partitioning of root and shoot dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorous, potassium and magnesium deficiency. *J. Exp. Bot.* 45:1245-1250.
- Cakmak, I., Hengeler, C y Marschner, H. 1994b. Changes in phloem export of sucrose in leaves in response to phosphorous, potassium and magnesium deficiency. *J. Exp. Bot.* 45: 1251-1257.
- Caplan, L A. 1988 Effects of Cold Weather on Horticultural Plants in Indiana. Purdue University. News 12/88.
- Chalker-Scott, L. Undated. The Myth of Mineral Magic. “Adding potassium or magnesium to your landscape plants will increase their cold hardiness” <https://puyallup.wsu.edu/wp.../marginally-hardy-materials.pdf>. Downloaded 01/03/2017
- Crane, J.H., Salazar-García, S., Lin, T. S., de Queiroz Pinto, A. C y Shu, Z. H. 2009. Crop Production Management. **In:** Litz, R.E. *The Mango, Botany, Production and Uses*. 2nd edition- CAB International. Wallingford. U.K.: 432-483.
- de Carvalho, P. J. y de Queiros Pinto. A. C. (Eds.). 2002. *A Cultura da Mangueira*. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília. 452 pp.
- Engels, Ch., Kirkby, E. y White, P. 2012. Chapter 5. Mineral nutrition, Yield and Source-Sink Relationships. **In** *Mineral Nutrition of Higher Plants* Marschner, P.(Ed.). Academic Press. Amsterdam: 85-134.
- Estrada, C. G. 2002. Effect of foliar sprinkling of magnesium sulphate on the cv. Kent mango fruit pigmentation. **In** *International Mango Symposium.7*. Recife. Program and abstract. Fortaleza. Embrapa Agroindustria Tropical. Planaltina. Embrapa Cerrados. Cruz das Almas. Embrapa mandioca e fruticultura. Teresina. Embrapa Meio-Norte. Petrolina, Embrapa Semi-Arido. Recife. IPA p. 154 (Embrapa Agroindustria Tropical. Documentos 46).
- Fallahi, E y Simons, B. R. 1996. Interrelations among leaf and fruit mineral nutrients and fruit quality in ‘Delicious’ apples. *J. Tree Fruit Prod.* 1(1):15–25, 1996.

- Ding, Y., Luo, W. and, Xu, G. 2006 Characterisation of magnesium nutrition and interaction of magnesium and potassium in rice. *Ann. Appl. Biol.* 149:111–123.
- Forshey, C. G. 1943. The effect of nitrogen status of 'Mcintosh' Apple trees in sand culture in the absorption of magnesium from Epsom salts sprays. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci* 82:21-31.
- Galán Saúco, V. 2008. *El Cultivo del Mango* (2ª ed.). MundiPrensa. Madrid 340 pp.
- Galán Saúco, V. 2009. Physiological Disorders. *In* Litz, R. (Ed.) *The Mango, Botany, Production and Uses* (2nd edition. CAB Internacional): 303-316.
- Galán Saúco, 2015. Trends in mango world production and marketing. *Acta Horticulturae* 1183: 351-363.
- Galán Saúco, V. 2016. Patrones de mango. Revisión de literatura y entrevistas. www.mango.org/en/Research-Resources.
- Gerendas, J. y Führs, H. 2013. The Significance of Magnesium for Crop Quality. *Plant and Soil* 368 (1/2). Part I: Special Issue: Magnesium in Crop Production, Food Quality and Human Health: 101-128.
- Grzebisz, W. 2009. Magnesium—food and human health. *J. Elem.* 299–323.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Skrumsager Moller, I. y White P. 2012. Chapter 6: Function of Macronutrients. *In* *Mineral Nutrition of Higher Plants* Marschner, P. (Ed.). Academic Press. Amsterdam: 135-190.
- Hermans, C. y Verbruggen, N. 2005. Physiological characterization of magnesium deficiency in *Arabidopsis thaliana*. *J. Exp Bot* 56:2153–2161.
- Hermans, C., Johnson, G. N., Strasser, R. J. y Verbruggen, N. 2004. Physiological characterisation of magnesium deficiency in sugar beet: acclimation to low magnesium differentially affects photosystems I and II. *Planta* 220:344–355.
- Huber, D. M. y Jones, J. B. 2013. Part I: Special Issue: Magnesium in Crop Production, Food Quality and Human Health. *Plant and Soil* 368, (1/2):73-85.
- Jones, J.B. y Huber, D. M. 2007. Chapter 7. Magnesium and Plant Disease. *En*: Datnoff, L. E., Elmer, W. H. y Huber, D. M. (eds.). *Mineral Nutrition and Plant Disease*. APS Press. St. Paul. Minnesota: 95-100.
- Koo, R. C. 1997. A comparison of magnesium sources for citrus. *Proceedings of Soil and Crop Science Society of Florida* 31: 133-142.
- Litz, R.E. 2009. *The Mango, Botany, Production and Uses*. 2nd edition- CAB International. Wallingford. U.K.
- Marcelle, R. 1995. Mineral Nutrition and Fruit Quality. *Acta Hort.* 383:219-226.
- Mengel, K. y Kirkby, E. A. 2001. *Principles of Plant Nutrition* 8th edition). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- Merhaut, J. D. 2015. Magnesium. *En* Barker. A. V. and Pilbeam, D. J. (eds.) *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Press:146-172.
- Moss, G.I. y Higgins, M.L. 1974. Magnesium influences on the fruit quality of sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) *Plant Soil* () 41: 103.-112.
- Mouco, M. A, do C., Lima, M.A.c. de, Silva, A. L. da y Pires Junior, E. 2005. Pulverizações com magnésio em mangas Kent produzidas em Submédio São Francisco. *En* Congreso Brasileiro de Fisiologia Vegetal. 10 Congreso Latinoamericano de Fisiologia vegetal 12. Recife Anais. Recife.SBFV. 1CD-Room. 379
- Oosthuysen, S.A. 1997. Relationship between Leaf Nutrient Concentrations and Cropping or Fruit Quality in Mango. *S. A. Mango Growers' Association* 17: 1-15.

- Pathak, R. A y R. M. Pandey. 1977. A note on the status of mineral content of inflorescence and fruits at different stages of their growth in mango cv. Dusheri. *Indian J. Plant Physiol.* 20:41–43.
- Prado, R.M., Caione, G. and Silva, D.J. (2012). ‘Deficiency symptoms in mango due to macro and micro nutrients’. *En* Valavi, S. G., Rajmohan, Govil J.N., Peter, K.V and Thottappilly. G. (Org.). *Mango*. Houston/EUA: Studium Press LLC.
- QDAF. 2015. Food for Fruit. Nutrition management in Mangoes. Part1- General mangop Nutrition. Quensland Department of Agriculture and Fisheries. <http://www.industry.mangoes.net.au/resource-collection/food-for-fruit-nutrition>. Downloaded 1 September 2017.
- Quaggio, J. A, Sobrinho, J. T. y Dechen, A.R. 1992. Magnesium influences on fruit yield and quality of ‘Valencia’sweet orange on Rangpur lime. *Proc. Int. Soc. Citricultura*: 633–637.
- Ram, R. A. y Bose, T.K. 2000. Effect of foliar application of magnesium and micronutrients on growth, yield and fruit quality of mandarin orange (*Citrus reticulata* Blanco). *Indian J. Hort* 57:215–220.
- Rao I. M., Sharp R.E. y Boyer J. S. 1987. Leaf magnesium alters photosynthetic response to low water potentials in sunflower. *Plant Physiol.* 84: 1214-1219.
- Reay, P. F., Fletcher R. H. y Thomas V. J. 1998. Chlorophylls, carotentoids and anthocyanin concentrations in the skin of ‘Gala’ apples during maturation and the influence of foliar application of nitrogen and magnesium. *J Sci Food Agric* 76: 63–71.
- Römheld, V. 2012. Diagnosis of defficiency and toxicity of nutrients. *En*: Marschner P (ed) *Mineral nutrition of higher plants*; 3rd ed. Elsevier Ltd.: 299–311.
- Shaul, O., Hilgemann, D. W., Aldmeida-Engler, J., Van Montagu, M., Inzé, D. y Galili, G. 1999. Cloning and characterization of a novel Mg⁺² H⁺ exchanger. *EMBO J* 18: 3973–3980.
- Tanoi, K. y Kobayashi, N. I. 2015. Leaf Senescence by Magnesium Deficiency. *Plants*, 4, 756-772.
- Thiault, J. 1970. Etudes de criteres objectives de la qualite gustative de pommes Golden Delicious. *Bull. Techn. Inf. Minist. Agric. Paris* 248:191-201.
- Verbruggen. N. y Hermans, C. 2013. Physiological and molecular responses to magnesium nutritional imbalance in plants. *Plant Soil* (2013) 368:87–99
- Whangchai, K., Gemma, H., Uthaibutray, J. y Iwahori, S. 2001. Postharvest physiology and microanalysis of mineral elements of 'Nam Dork Mai' mango fruit grown under different soil composition. *Jour. Jap. Soc. Hort. Sci.* 70(4): 463-465.
- White, P. J. 2012. Ch.3. Long-distance Transport in the Xylem and Phloem. *En* Marschner. P. (ed.). *Marschmer’s Mineral Nutrition of Higher Plants* (3rd edition). Elsevier. Amsterdam: 49-71.
- Wilkinson, S. R., Welch, R. M., Mayland, H. F. y Grunes, D. L.1990. Vol. 26 (3). Magnesium in Plants: Uptake, Distribution, Function, and Utilization by Man and Animals. *Compendium on Magnesium and Its Role in Biology, Nutrition, and Physiology*. *En* Sigel, M. y Sigel, A (eds). *Metal Ions in Biological Systems* Marcel Dekker, Inc New York: 34-56.
- Williams, L y Salt D.E 2 009. The plant ionome coming into focus. *Current Opinion in Plant Biol* 12: 247–249.
- Yimying, S., Datsenka, T.U., Honda, A. K. y Seraypheap, K. 2011. Hot Water Treatment Delays Ripening-associated Metabolic Shift in Òkrong Mango Fruit during Storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 136(6): 441-451.

- Zekri, M. y Obreza' T. 2016. Magnesium (Mg) for Citrus Trees. IFAS. Extension. University of Florida. Document SL 380. Downloaded 28/08/2017.
- Zhang, Z., Gao, Z., Li, M. Hu, M., Gao, H., Yang, D. y Yang, B. 2012. Hot Water Treatment Maintains Normal Ripening and Cell Wall Metabolism in Mango (*Mangifera indica* L.) Fruit. Hortscience 47(10):1466–1471.

ANEJO 1. LISTA DE PERSONAS ENTREVISTADAS

Australia

Dr. Mark David Hoult
Northern Territory Department of Primary Industry and Fisheries, Plant Industry
Division
mark.hoult@nt.gov.au

Dr. Cameron McConchie
Northern Territory Department of Primary Industry and Fisheries, Plant Industry
Division
cameron.mcconchie@nt.gov.au

Dr. David Stevens
Seven Fields
david.stevens@sevenfields.com.au
Teléfonos (oficina y móvil) 0428308253

Brasil

Dr. Francisco Pinheiro Lima Neto
EMBRAPA Semiárido
pinheiro.neto@embrapa.br
Teléfonos (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
Teléfonos (oficina y móvil): [+55.87.3866.3644](tel:+55.87.3866.3644)

Luiz Eduardo C.S. Ferraz
Clorofila Agropecuaria e Consultoria
eduardocsferraz@uol.com.br
Teléfonos (oficina y móvil): 55 87 3861 0758 / 55 87 98105 1969

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

Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante
Federal University of São Francisco Valley
italo.cavalcante@univasf.edu.br
Teléfonos (oficina y móvil): +55 87 21014865 (office) / +55 87 996798734 (mobile)

Colombia

Dr. Diego Miranda Lasprilla
Universidad Nacional de Colombia
(dmirandal@unal.edu.co)
Teléfono (oficina) 57-1-3165000 (ext. 19051) and mobile 57-1-3166259668.

Costa de Marfil

Dr. Achille Aimé N'da Adopo.

National Agronomic Research Center (CNRA)

(Achille_adopo@yahoo.fr)

Teléfono Oficina =00 (225) 36 86 09 71 y Móvil 00 (225) 07 09 02 60/02 00 86 46

Costa Rica

Juan Mora Montero y Jimmy Gamboa Porras

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA)

(jgamboa@inta.go.cr, jimgamp@gmail.com, jmora@inta.go.cr,

juanemora@yahoo.com)

Teléfonos 22203945, 85315888, 83769773

Chile

Mr. Jorge Alache González. Private Consultant

(j-alache@hotmail.com)

Teléfonos oficina 56-58-2214500 Móvil: 56-999056617

China

Dr. Hongxia Wu

South Subtropical Crops Research Institute Guangdong Province

(whx1106@163.com)

Teléfono +86 0759-285

República Dominicana

Ing. Mr. Carlos José Jiménez

Ministerio de Agricultura

carlosjimenez21033@hotmail.com

Teléfonos (oficina y móvil): (1) 809-547-3888 ext 080/809-714-3832

Ecuador

Diego F. Salvador. G. Gerente plantaciones de Mango Grupo Durexporta

(dsalvador@guitran.com)

Teléfonos (oficina y móvil): 593-999401420/593-993735685

España

Ing. Pedro Modesto Hernández Delgado. Departamento de Fruticultura Tropical.

Instituto Canario de Investigaciones Agrarias Islas Canarias

(pmherdel@gmail.com)

Teléfono 34 922923307

Ing. Emilio Guirado Sánchez

Estación Experimental la Mayora. Consejo Superior de Investigaciones Agrarias.

Málaga.

eguirado@eelm.csic.es

Teléfono 34 952548990

Filipinas

Dr. Pablito M. Magdalita
Crop Science Cluster & Institute of Plant Breeding, College of Agriculture, University
of the Philippines Los Baños
pabsmagdalita@gmail.com
Teléfono +639217648938

Francia

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

Dr. Christian Lavigne
CIRAD. Martinique
christian.lavigne@cirad.fr

Guatemala

Ing. Alex Montenegro and Byron Bolaños
Departamento de Fruticultura y Agroindustria –DEFRUTA-Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Alimentación –MAGA
montenegroas@gmail.com
Teléfonos (oficina y móvil): 66409323; 66409377-58257887

India

Dr. Keshav Hari Pujari and Dr. B.S- Konkan Krishi Vidyapeeth
PG Institute & Post Harvest Management. Dapoli
khpujari@gmail.com
Teléfono 919423052601

Dr. Bal Krishna
Jain R&D, Jain Irrigations Systems Ltd.
balkrishna.yadav@jains.com
Teléfonos (oficina y móvil): + 912572260011, + 919422776671

Indonesia

Dr. Sri Yuliati
Indonesian Tropical Fruit Research Institute
sriyuliati_balitbu@yahoo.com
Teléfonos (oficina y móvil): +62 755-20137/+62 82169924559

Israel

Dr. Yuval Cohen
Volcani Research Center
vhyuvalc@volcani.agri.gov.il
Teléfonos (oficina y móvil): 972-3-9683407/ 972-50-6-220406

Dr. Micky Noy.
Ministry of agriculture. Extension Service. Israel.
mazorknoy@gmail.com

Japón

Dr. Chitose Honsho
University of Miyazaki
chitose@cc.miyazaki-u.ac.jp

México

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

Nueva Caledonia

Dr. Zacharie Lemerre Desprez
Institut Agronomique néo-Calédonien – IAC. Station de Recherche Agronomique de
Pocquereux
lemerre@iac.nc
Teléfonos (oficina y móvil): (687) 43 73 15/ (687) 78 86 96

Omán

Dr. Herbert Dietz
Royal Gardens & Farms, Royal Court Affairs,
thdietz@rca.gov.om
Teléfono 00968 99321655

Pakistán

Dr. Aman Ullah Malik
University of Agriculture, Faisalabad
malikaman1@gmail.com
Teléfonos (oficina y móvil): + 92-41-9201086; +923336516883

Perú

Nombre: César Valladares Crisanto
Inversiones Agricolas Olmos II sac
cvalladares@inagro.com.pe
Teléfono: 989059726

Ever Córdova García
Dominus SAC/
Teléfono +51965950987.

Fernando Ché Hidalgo
Dominus SAC
Teléfono [+51 945131092](tel:+51945131092)

Portugal

Ing. E.R. Rui Nunes
Direcção Regional de Agricultura e Desenvolvimento Rural- R.A. Madeira.
ruinunes.sra@gov-madeira.pt,

Puerto Rico

Dr. Yair Aron

Martex Farms

yairaron@martexfarms.com

Teléfonos (oficina y móvil): 1-787-845-4909/1-787-385-8901

Sri Lanka

Dr. H.M.S. Heenkenda

Ministry of Agriculture

subhahkn@yahoo.com

Teléfonos (oficina y móvil): 0094112868926/0094714455690

Sudáfrica

Dr. Steve Oosthuysen

Hort Reearch SA

hortres@pixie.co.za

Sudán

Dr. Afaf A. Elgozouli

Administration of Horticulture Production

bitelgozouli@gmail.com

Teléfonos (oficina y móvil): +249-183- 774688/+249912178481

Taiwán

Dr. Zen-Hong Shü

MEIHO UNIVERSITY

mhzhshu@gmail.com

Teléfonos (oficina y móvil): +886 87799821#8638, 8642/ 886 939215550

Tailandia

Mr. Prem Na Songkhla

Kehakaset Magazine

prem.kehakaset.@gmail.com.

Telefono 0668558930

Mr. Veerapol Niyomthai

Institution WESCO CHEMICALS Thailand

Email.veerapol.n@hotmail.com

Air mail adress.

Teléefono+6685 449 9982

USA

Dr. Noris Ledesma. Fairchild Tropical Botanic Garden. Florida

nledesma@fairchildgarden.org)

Telefono 305-8155027

Dr. Jonathan H. Crane

University of Florida, IFAS, Tropical Research and Education Center

jhcr@ufl.edu

Telefono oficina 786-217-9271 móvil 786-255-5878

Venezuela

Dr. Jesús E. Aular Urrieta

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA)

jesusaular@ucla.edu.ve

Teléfono+2512592565

Vietnam

Dr. Tran Van Hau.

College of Agriculture and Applied Biology, Can Tho University

tvhau@ctu.edu.vn

Teléfono: Mobile: 84918 240259

ANEJO 2. ENCUESTA SOBRE FERTILIZACIÓN CON MAGNESIO EN MANGO

Nombre:

Centro de trabajo:

País:

Dirección postal: Teléfonos (oficina y móvil):

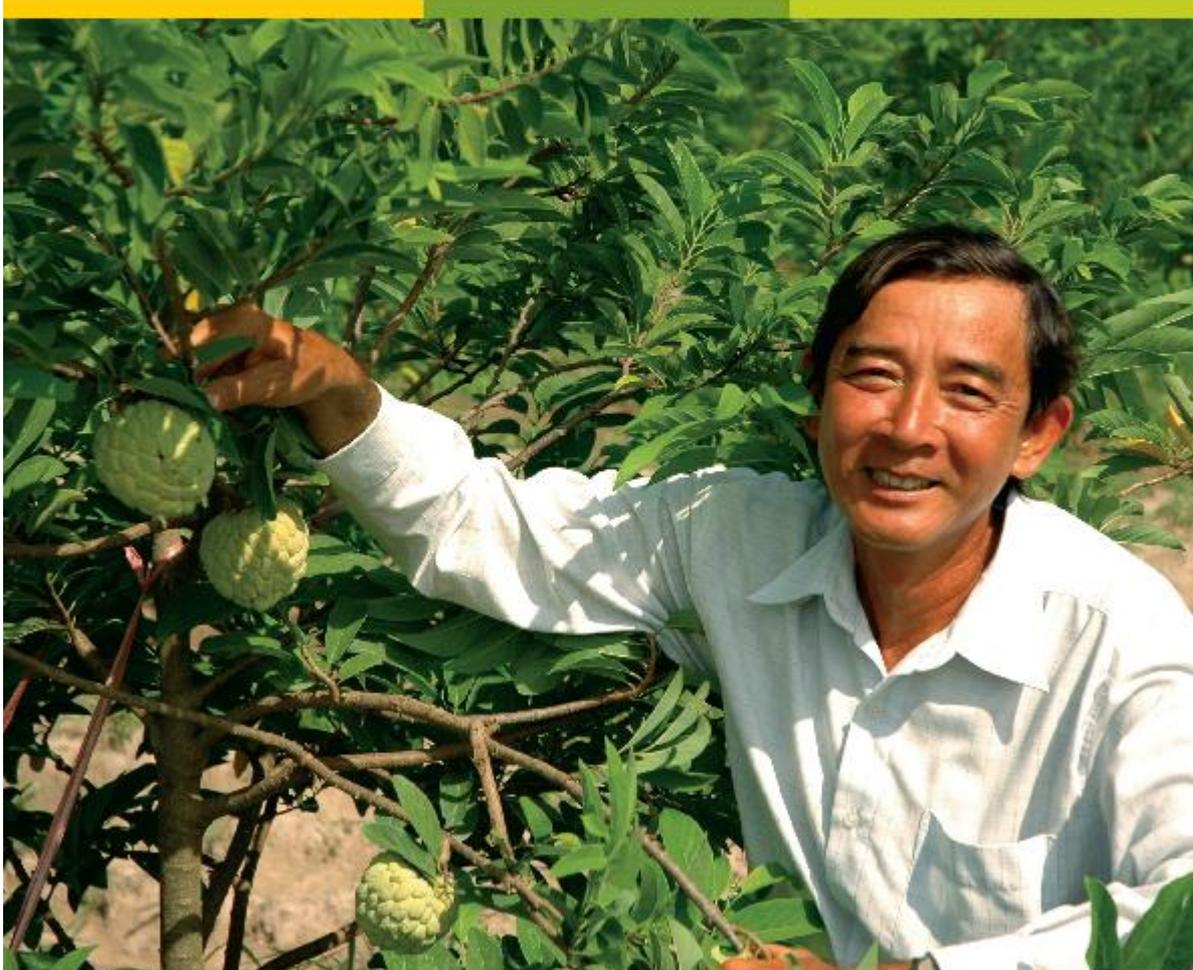
- 1) ¿Cómo determina Ud. la cantidad de magnesio a incluir en su programa de abonado?
 - A) Basado en análisis foliar
 - B) Basado en análisis de suelo
 - C) Basado en ambos
 - D) Siguiendo recomendaciones tradicionales en su país
 - E) Siguiendo recomendaciones generales de la bibliografía de otros países
 - F) Por algún otro medio
- 2) Indique por favor el rango y el óptimo del contenido en magnesio
 - A) En análisis foliar
 - B) En análisis de suelo
- 3) Indique por favor alguna posible relación del magnesio con otros nutrientes
- 4) ¿Qué abonos conteniendo magnesio usa Ud. ¿Para aplicar magnesio al mango?
 - A) En cultivo convencional
 - B) En cultivo orgánico
- 5) ¿Cómo abonan Uds. con magnesio?:
 - A) Vía foliar
 - B) Al suelo
 - C) A través de fertirrigación
- 6) Digan si han encontrado que el abonado con magnesio tiene alguna influencia sobre:
 - A) Aumento del rendimiento.
 - B) Calidad de la fruta (tamaño, forma, contenido en azúcar o acidez...)
 - C) Tolerancia al frío.
 - D) Tolerancia a la descomposición interna
 - E) Tolerancia a plagas y enfermedades (Indique a cuáles por favor)
 - F) Vida de anaquel
 - G) Alguna otra influencia
 - H)
- 7) Indique por favor si tiene Ud. alguna publicación (científica, de extensión u otra) y/ o conferencia o powerpoint específica sobre fertilización con magnesio en mangos en su país. Si está disponible agradecería me la enviaran por email o me indicaran si no la referencia para poderla obtener.
- 8) 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 uso de magnesio 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 con magnesio en mango o en otro frutal e indique el tema y objetivo de la misma
 - C) Díganos si está interesado en ensayos futuros de cooperación en fertilización con magnesio en mangos.
- 9) Añada algún otro comentario que desee

ANEJO 3.‘YARA TROPICAL FRUIT TREE PLANT MASTER’



Tropical Fruit Tree Plantmaster™



ANEJO 4. 'KUMAR, N. MANGO IN INDIA MAXIMISING YIELD AND QUALITY THROUGH ADEQUATE CULTIVATION AND NUTRIENT MANAGEMENT'



Mango in India

Maximising yield and quality
through adequate cultivation
and nutrient management

Sulphate of Potash Information Board
www.sopib.com



ANEJO 5. 'INFORMACION MG-FRUTALES-MANGO'



K+S Group

5/09/2017

Informacion Mg-Fructales-Mango

CARLOS BAYON

ANEJO 6. 'BALANCED NUTRIENT MANAGEMENT INCLUDING MAGNESIUM AND MICRONUTRIENTS'



M. Andrea Gransee,
K+S KALI GmbH.pdf

ANEJO 7. 'ESTA® KIESERITE A PRODUCT OF NATURE'

