

II. NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN

Alvaro Tamayo Vélez ¹

IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO

El mango es una de las especies frutícolas más importantes en el mundo y cada día es más apreciada en los países consumidores y desarrollados, especialmente Estados Unidos y en los de la Unión Europea. En este último mercado la evolución de la oferta y la demanda, le ha permitido superar márgenes de importación (Ríos y Corella, 1999). De acuerdo con Trejos (1997), citado por Ríos y Corella (1999), la producción mundial representa alrededor de 20 millones de toneladas métricas (TM), siendo India el principal productor mundial con más de 10 millones de TM (58%), sigue México con 1.5 millones de TM (6.5%) y Pakistán con 800 mil TM (5%). Otros países de menor importancia son China, Brasil, Filipinas, Perú y Costa de Marfil, entre otros.

En tercera línea, produciendo entre las 50 mil y 100 mil TM, figuran Colombia, Ecuador y Cuba. Costa Rica por su parte, ronda la producción en 25 mil TM, con lo que figura en un cuarto nivel en importancia. Desde la década de los 80, hay países que muestran una tendencia creciente, como México, China, República Dominicana Colombia y Costa Rica (Ríos y Corella, 1999).

REQUISITOS CLIMÁTICOS DEL CULTIVO

El mango se cultiva en zonas subtropicales y las plantaciones comerciales en los trópicos están normalmente limitadas a altitudes inferiores a 600 msnm, y necesita por lo menos 1.000 mm de lluvia, con una estación seca bien marcada de 4 a 6 meses de duración con medias mensuales inferiores a 60 mm, para obtener las mejores producciones (Ríos y Corella, 1999).

Singh (1960) citado por Avilán *et al* (1989), señala que la temperatura media considerada óptima está entre 24 y 26° C; la temperatura media anual óptima está entre 21.1 y 26° C, óptima con tendencia al déficit entre 19 y 23° C y óptima con tendencia al exceso, mayor a 26° C.

1 I.A. MSc. Suelos. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. Investigación Agrícola. C.I. La Selva. A.A.100, Rionegro, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: atamayo@corpoica.org.co

REQUISITOS PARTICULARES DE LOS SUELOS

Al recomendar suelos para mango, Popenoe (1974) afirma que es mucho más importante la configuración mecánica que la química del terreno, especialmente el drenaje. Por su parte Shing (1960), señala que el suelo debe de poseer una profundidad de 1.2 m, ser de textura franca a franco arenosa, estructura granular y con una tabla de agua a 1.9 m de profundidad. Sin embargo, algunos autores indican que el mango es poco exigente en cuanto a que los suelos sean profundos o no, ácidos o alcalinos, arenosos o pesados. Avilan *et al* (1989), establecieron cuatro períodos definidos en el ciclo de vida productivo del mango.

- a. **Período de crecimiento:** abarca entre los dos y ocho años de edad, caracterizado por un marcado incremento de la superficie lateral y acompañada de una acentuada elevación del número de frutos.
- b. **Período de plena producción:** donde la planta expresa su máxima capacidad de producción. Este período puede situarse entre los ocho y quince años de edad de la planta.
- c. **Período de producción:** es cuando la planta presenta un incremento de la superficie lateral, que no está acompañado de un incremento proporcional de la capacidad reproductiva del árbol, como sucede en los dos períodos anteriores. Este período se inicia entre los 15 a 20 años de edad de la planta.
- d. **Período de senilidad:** señala el comienzo de la etapa final y se caracteriza por una acentuada disminución de los rendimientos. Se inicia alrededor de los 28 años de edad o posteriormente, dependiendo del estado fitosanitario de la planta y del manejo de la plantación en los años anteriores.

FUNCIÓN DE LOS NUTRIENTES EN LAS ETAPAS DE CRECIMIENTO ANUAL DEL CULTIVO DE MANGO

Para orientar la nutrición con base en las diferentes etapas de crecimiento o fenología, es necesario tener claro el concepto de crecimiento y desarrollo. En el primero de éstos se producen nuevas estructuras (primordios vegetativos, primordios florales, cuaje del fruto, etc) y en el desarrollo sólo se producen células (crecimiento de hojas, crecimiento de fruto) (Ríos y Corella, 1999).

Dentro de cada una de las fases se deben maximizar los componentes del rendimiento. En la fase vegetativa se define el número de frutos por árbol, el número de yemas vegetativas y se tendrá posibilidad de obtener mayor número de frutos por árbol. Además, se acumulan fotosintatos que luego serán trasladados a los frutos y se podrá sostener mayor cantidad de ellos (Ríos y Corella, 1999).

En la fase reproductiva hay que lograr el mayor número de yemas florales con frutos, así como una fase efectiva de elongación de los frutos, para que se acumule la mayor cantidad de fotosintatos posibles y se obtenga un fruto más pesado. Por lo tanto, es necesario sincronizar el árbol para que produzca un crecimiento vegetativo fuerte al inicio de las lluvias, al igual que un buen crecimiento radical, y a la par, evitar el estrés por nutrimentos y agua, con el fin de construir una arquitectura foliar y radical óptimas para producir el mayor número de yemas florales y llenar los frutos efectivamente con una alta eficiencia fotosintética. Con base en lo anterior se enfocará una discusión nutrimento por nutrimento, propuesta por Ríos y Corella (1999).

NITRÓGENO

Este elemento forma parte de los aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas y ácidos nucleicos, enzimas y coenzimas, vitaminas, glicolipoproteínas, pigmentos y productos secundarios. En síntesis, es un constituyente de todas las enzimas involucradas en la síntesis de aminoácidos y proteínas. Los procesos que afecta, por lo tanto, van desde la absorción iónica, fotosíntesis, respiración y multiplicación, hasta la diferenciación celular y la herencia (Ríos y Corella, 1999).

Etapa vegetativa

En esta etapa del mango, el nitrógeno es primordial, y se hace necesario fertilizar con fuentes amoniacales debido a que se estimula un mayor número de puntos de crecimiento y el crecimiento de raíces laterales. Luego se refuerza con una fertilización nítrica que estimula el crecimiento celular e incrementa la producción y exportación de citoquininas de las raíces, así como la producción de giberelinas en las hojas y de auxinas en los puntos de crecimiento; ambas fitohormonas aumentan la dominancia apical, división celular y expansión, síntesis de RNA y proteínas; retarda los procesos de senescencia y activa las enzimas (Ríos y Corella, 1999).

Etapa de preinducción floral

En esta etapa, con presencia de estrés hídrico y de nutrimentos principalmente el nitrógeno, se incrementa la producción de ácido absísico que provoca una madurez prematura de las yemas florales; se disminuye la producción de giberelinas, citoquininas y auxinas, lo que provoca un aumento en la respiración del árbol y disminución de la eficiencia fotosintética. El ácido absísico se produce en las raíces y hojas maduras por lo tanto, se debe tener un estrés controlado, para que maduren el mayor número de yemas vegetativas posibles en el menor período de tiempo, con el fin de evitar una disminución de las reservas de fotosintatos (respiración) acumulados durante el crecimiento vegetativo (Ríos y Corella, 1999).

Etapa reproductiva

En esta fase hay que lograr una floración óptima, en la cual la presencia de auxinas, citoquininas y giberelinas son esenciales, por lo tanto, al incrementar el nitrógeno se aumenta la producción de estas fitohormonas, de ahí que las fuentes amoniacales de nitrógeno (Urea) favorezcan la floración (Ríos y Corella, 1999).

En la fase del cuaje del fruto las formas amoniacales son más eficientes y para la elongación de la fruta las formas nítricas son mejores. Durante la fase de crecimiento del fruto un balance ente formas amídicas, nítricas y amoniacales es el óptimo (Ríos y Corella, 1999).

La deficiencia de nitrógeno es más acentuada en las épocas de intensa sequía o cuando la cosecha ha sido muy abundante. Los síntomas aparecen primero en las hojas más viejas, que se ponen amarillas (Figura 1) y al secarse toman color oscuro; posteriormente, la clorosis avanza gradualmente hacia las hojas nuevas, dándole a la planta una tonalidad verde claro (Subramanyam *et al.*, 1971 citado por Cartagena y Vega, 1992).



Figura 1

Por otra parte, se estima que un exceso de nitrógeno en presencia de bajos niveles de calcio favorece la incidencia de “nariz blanda”, desorden fisiológico que se caracteriza por el ablandamiento de la pulpa en el ápice de la fruta. También puede ocurrir que se acentúen los procesos de diferenciación vegetativa, con la consecuente baja en la producción (Subramanyam *et al.*, 1971 citado por Cartagena y Vega, 1992).

FÓSFORO

El fósforo, como compuesto estructural, forma parte de los ésteres de los carbohidratos, fosfolípidos, coenzimas y ácidos nucleicos, pero, no es activador de enzimas. Interviene en procesos metabólicos como la absorción iónica, fotosíntesis, respiración, síntesis de proteínas, multiplicación y diferenciación celular, almacenamiento de energía y fijación simbiótica del nitrógeno (Ríos y Corella, 1999).

Etapa vegetativa

El fósforo tiene un efecto positivo en el desarrollo de las nuevas raíces, que serán las estructuras de absorción del agua y nutrimentos durante la fase de desarrollo vegetativo y, en especial, durante la floración y llenado de fruto.

El fósforo es de vital importancia en los fotosistemas I y II, por lo tanto es esencial para la acumulación de fotosintatos durante la fase de acumulación, así como para optimizar la tasa de asimilación fotosintética durante todo el ciclo del mango (Ríos y Corella, 1999).

Etapa reproductiva

Se ha encontrado que los niveles óptimos de fósforo incrementan en forma lineal el número de inflorescencias. Además, estimulan la producción de citoquininas en las fases del mango lo que promueve una floración más efectiva, de aquí que niveles óptimos y equilibrados durante la floración y la polinización son de vital importancia por ser precursor de citoquininas en las raíces de donde son exportadas (Cartagena y Vega, 1992).

Además, el balance del fósforo con el nitrógeno y el potasio es de vital importancia ya que son precursores de las giberelinas, que juegan un papel decisivo en la inducción floral. En la etapa de elongación y llenado del fruto, el fósforo es de gran importancia como donador de energía en fotosíntesis y transportador de fotosintatos de las hojas a las frutas, por lo tanto contenidos deficientes de este nutrimento provocan un menor número de yemas florales y frutos de menor tamaño y peso y aumentan la caída de frutos (Cartagena y Vega, 1992).

POTASIO

Dentro de la planta el potasio no forma ningún componente estructural, se conserva en forma iónica. Es activador de más de 60 enzimas dentro de la planta. Las de mayor importancia son la quinasa pirúvica, sintetasa de glutamato, sintetasa de succinil-CoA, sintetasa de glutamil-cisteína, sintetasa del NAD⁺ y sintetasa de amidas, entre otras. Los procesos metabólicos en los que el potasio participa activamente, son la apertura y cierre de estomas, fotosíntesis, transporte de carbohidratos y otros fotosintatos, respiración, síntesis de proteínas y fijación simbiótica del nitrógeno (Ríos y Corella, 1999).

Etapa vegetativa

El potasio tiene un efecto en la magnitud de la transpiración dentro de la planta. También tiene su efecto en fotosíntesis, translocación y retranslocación de fotosintatos de hojas maduras a puntas de crecimiento aéreo y radical que afecta positivamente las citoquininas. Plantas deficientes en potasio producen una reducción considerable en la eficiencia fotosintética y una mayor producción de ácido abscísico, implicando una senescencia prematura de hojas. También, se producen hojas más pequeñas y con mayor número de células (Ríos y Corella, 1999; Contijo, 1982; Bidwell, 1983).

Etapa reproductiva

El potasio afecta el tamaño de la hoja, la translocación de fotosintatos y el cierre de estomas. Si se baja la eficiencia fotosintética se provoca un período de llenado del fruto más corto e intenso. Por lo tanto, si existe deficiencia de este nutrimento se producen frutos más pequeños y de menor peso. Es de primordial importancia mantener los niveles de potasio óptimos. Su presencia aumenta la resistencia a las enfermedades como la antracnosis y la turgencia celular que incrementa la firmeza de la fruta y los contenidos de sólidos solubles en la fruta (Ríos y Corella, 1999).

Cuando hay deficiencia, inicialmente se observa un crecimiento vigoroso; luego las hojas desarrollan manchas amarillas irregularmente distribuidas en el haz y en el envés y son más pequeñas, finas, despuntadas, persistentes. No se desprenden y en los márgenes se forman áreas necróticas (Figuras 2 y 3) que, con el tiempo cubren toda la lámina (Contijo, 1982).



Figura 2



Figura 3

CALCIO

El calcio como componente estructural dentro de las células es de gran importancia en la membrana celular, formación del oxalato, carbonato, fitato y calmodulinas. Como activador de enzimas activa la ATPasa, alfa amilasa, fosfolipasa D y las nucleasas. Además, actúa en los siguientes procesos metabólicos: estructura y funcionamiento de las membranas, absorción iónica, relaciones hormonales y activación enzimática (Ríos y Corella, 1999).

Etapa vegetativa

El calcio como sustancia indispensable en la formación de la pared celular, en todo punto activo de crecimiento de la parte aérea y radical del mango, por lo tanto, su disponibilidad debe ser constante durante todo el ciclo anual del mango. Si se quieren producir yemas vegetativas con un crecimiento vigoroso y un sistema radical que explore el mayor volumen de suelo posible, es necesario la disponibilidad de calcio en todo momento (Ríos y Corella, 1999).

Etapa reproductiva

El calcio tiene gran importancia en la floración; el crecimiento del tubo polínico depende de la presencia de calcio. Se ha encontrado que la dirección del crecimiento del tubo polínico es químicamente controlada por la gradiente de calcio extracelular: la concentración más alta de calcio se presenta en el ápice del tubo polínico, por lo tanto, es necesario un adecuado contenido de este nutriente para producir flores normales y a la vez frutas cuajadas exportables. El calcio también participa en la resistencia a las enfermedades y en la firmeza en la fruta (Ríos y Corella, 1999).

Cuando hay deficiencias, las regiones meristemáticas (yemas y ápices de las raíces) son las primeras afectadas, porque una reducción del calcio impide la formación de nuevas paredes celulares, con lo que se imposibilita la división celular. Las hojas jóvenes presentan clorosis marginal y las puntas encorvadas. Las raíces recién formadas muestran atrofiamiento y son incoloras (Contijo, 1982).

Se ha encontrado también una estrecha relación entre el bajo contenido de calcio y la disponibilidad del nitrógeno cuando se presenta en la fruta el desorden fisiológico conocido como “nariz blanda” (Winston, 1983).

MAGNESIO

El magnesio es el núcleo central de la clorofila y esa es su función como componente estructural de las células. Es un activador de enzimas relacionadas con el metabolismo energético; las principales enzimas que activan este elemento son la tioquinasa acética, quinasa pirúvica, hexoquinasa, deshidrogenasa isocítrica, y la sintetasa del fosfopiruvato entre otras (Bidwell, 1983).

El magnesio participa en procesos metabólicos como la absorción iónica, fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transporte de energía, síntesis orgánica, balance electro-lítico y estabilidad de los ribosomas (Ríos y Corella, 1999).

Etapa vegetativa

El magnesio tiene un papel primordial en la fotosíntesis y transferencia de energía. Su deficiencia afecta la eficiencia fotosintética, metabolismo del nitrógeno, absorción del fósforo y fijación del dióxido de carbono por la planta, por tanto se necesitan niveles óptimos en la etapa de crecimiento vegetativo (Ríos y Corella, 1999).

Etapa reproductiva

Si se quieren obtener rendimientos altos y sostenidos en el cultivo de mango, el magnesio debe estar presente en cantidades óptimas con el fin de optimizar la fotosíntesis y la duración del período del llenado de la fruta (Ríos y Corella, 1999).

La deficiencia de magnesio es más acentuada en suelos arenosos, ácidos o lavados por la lluvia o el riego. También las dosis altas de potasio pueden disminuir la absorción de magnesio en el crecimiento y en las hojas maduras, se desarrolla clorosis entre las nervaduras (Figura 4) o aparecen pigmentos brillantes de color rojo, naranja, amarillo o púrpura (Cartagena y Vega, 1992).



Figura 4

AZUFRE

El azufre como componente estructural es parte de los aminoácidos, proteínas, vitaminas, coenzimas y esteres de los polisacáridos (membrana celular). Como activador de enzimas activa las del grupo sulfhidrilo y ferredoxinas. El azufre interviene en los siguientes procesos metabólicos: fotosíntesis, fijación fotosintética del dióxido de carbono, síntesis de proteínas y grasas y fijación simbiótica del nitrógeno (Ríos y Corella, 1999).

Etapa vegetativa

El azufre es vital para el desarrollo de una arquitectura fotosintética capaz de absorber la mayor cantidad de luz posible, así como en la síntesis de proteínas y fijación de dióxido de carbono por la planta. Lo anterior hace necesario el azufre en cantidades óptimas, así como su equilibrio con el nitrógeno, ya que ante una relación N/S favorable al azufre, se produce una disminución en la síntesis de proteínas, debido a que por cada 34 átomos de nitrógeno se necesita un átomo de azufre para la síntesis protéica (Ríos y Corella, 1999).

Etapa reproductiva

Una gran cantidad de azufre se transloca al fruto y es almacenado durante la fase vegetativa, por lo tanto es necesario un buen manejo de este elemento en la etapa de crecimiento. En la etapa de elongación y llenado de fruto es necesario tener suficientes cantidades de azufre para la síntesis protéica. La deficiencia de este nutrimento provoca una disminución en la síntesis de cloroplastos y de la ferredoxina, por lo tanto si falta, se disminuye la eficiencia fotosintética de la planta, provocando una limitante en la maximación de los rendimientos. El azufre se relaciona con la producción del etileno en la planta, ya que se produce a partir de la metionina (aminoácido azufrado). El etileno es altamente correlacionado con la disponibilidad de auxinas, de modo que altas concentraciones de etileno producen el crecimiento horizontal de las ramas y de los frutos, además es utilizado para cosechar más temprano y aumentar la dehiscencia de los frutos. El etileno tiene un efecto positivo en la inducción floral y en el crecimiento de la fruta, así como en la maduración (Ríos y Corella, 1999).

Las plantas carentes de azufre presentan un crecimiento retardado y mucha caída de hojas. Las hojas más viejas presentan una coloración verde intensa, necrosis marginal y se caen con mucha frecuencia (Smith and Scudder, 1952). En condiciones de campo la deficiencia de este elemento se puede presentar en suelos ácidos y con bajo contenido de materia orgánica (Avilán *et al.*, 1989).

COBRE

El cobre, como componente estructural, forma parte de las siguientes proteínas: anurina, estelacianina, umecianina, glicoproteínas. También, es constituyente de las siguientes enzimas: oxidasa de ascorbato, polifenol oxidasas, creolasas y tirosinas. En los procesos metabólicos en que participa están la fotosíntesis, respiración, regulación hormonal y metabolismo de compuestos secundarios (Ríos y Corella, 1999).

Etapa vegetativa

Al participar el cobre en la fotosíntesis se hace necesario mantener cantidades adecuadas de este nutrimento durante todo el ciclo del mango.

El cobre es un nutrimento que ayuda a lignificar los tejidos afectados por hongos, también promueve la función de fenoles que son sustancias con propiedades antifúngicas (Ríos y Corella, 1999).

Etapa reproductiva

Además del efecto en la fotosíntesis y fungistático, el cobre es primordial en la floración, una deficiencia de cobre inhibe la formación de anteras y produce menor número de granos de polen y de menor tamaño y no viable. El cobre también afecta la lignificación de la pared celular de las anteras y puede producir frutos deformados (Ríos y Corella, 1999).

Su deficiencia se evidencia en plantas jóvenes forzadas a crecer con fertilización nitrogenada alta. Los síntomas se manifiestan por la presencia de ramas terminales débiles que luego sufren defoliación y muerte progresiva (Contijo, 1982).

ZINC

El zinc no forma parte de ningún componente estructural, sin embargo, pero sí de muchas enzimas, como la anhidrasa carbónica, isomerasa de la fosfomanosa, deshidrogenasa láctica, deshidrogenasa alcohólica, aldolasa, deshidrogenasa glutámica, carboxilasa pirúlvica, síntesis del triptófano y ribonucleasas. Participa en los procesos metabólicos de control hormonal, respiración y síntesis de proteínas (Ríos y Corella, 1999).

Etapa vegetativa

El zinc es un elemento esencial en la síntesis de triptófano y como tal, precursor del ácido indol acético (AIA). No cabe duda que su concentración es esencial en los tejidos foliares. El AIA tiene como funciones la dominancia apical, inducción y activación de enzimas, y la división y expansión celular de los tejidos del cambium.

Lo anterior indica que la producción de yemas vegetativas o nuevos brotes necesita tener niveles óptimos de zinc para maximizar la producción de yemas (Ríos y Corella, 1999).

Etapa reproductiva

El zinc participa básicamente en tres procesos, el primero es la floración, donde afecta el crecimiento de las flores, el segundo es el crecimiento del fruto después del cuaje (fase de elongación) y el último el llenado del fruto, ya que el AIA, al determinar dominancia apical, le indica a la planta hacia donde debe translocar los fotosintatos (Ríos y Corella, 1999).

Los síntomas de deficiencia de zinc son bien característicos. Se inician cuando las hojas están jóvenes y tienen el color rosado o bronceado que las distingue. La lámina foliar comienza a engrosar y el tamaño no corresponde al normal. Cuando las hojas están maduras, los márgenes se doblan hacia abajo o hacia arriba, causando inclinación de la parte apical; además, se desarrollan nervaduras prominentes y amarillas (Figura 5). El área intervenal puede ser verde normal o moteado (Contijo, 1982 citado por Cartagena y Vega, 1992).



Figura 5

MANGANESO

El único componente estructural del cual el manganeso hace parte es la manganina. Este micronutriente es activador de diversas enzimas como la sintetasa del glutionato, activador de la metionina, ATPasa, quinasa pirúvica, enolasas, deshidrogenasa isocítrica, descarboxilasa pirúvica, pirofosforilasa, entre otras participa en los procesos metabólicos como absorción iónica, fotosíntesis, respiración, síntesis de proteínas y control hormonal. (Ríos y Corella, 1999).

Etapa vegetativa

Es necesario tener un buen suministro de manganeso a través de todo el ciclo anual del mango, debido a que este micro nutriente afecta procesos claves para el rendimiento como la fotosíntesis, respiración y síntesis de proteínas, por lo tanto, es necesario maximizar la acumulación de fotosintatos en esta etapa ya que luego serán trasladados al fruto (Ríos y Corella, 1999).

Etapa reproductiva

El manganeso es esencial en los fotosistemas I y II y en la ortofosforilación cíclica. Este micro nutriente no debe ser deficiente en esta etapa, ya que limitaría la capacidad de la parte aérea de fotosintetizar y por ende la cantidad de fotosintatos que pueda trasladar al fruto. La deficiencia de manganeso es poco usual; sin embargo, se puede presentar como consecuencia de la utilización excesiva de la materia orgánica o de altas dosis de fósforo. Se caracteriza porque hay reducción en el crecimiento, las hojas presentan un fondo verde amarillento con manchas necróticas, son más gruesas y las nervaduras más desarrolladas (Contijo, 1982).

HIERRO

Como componente estructural, el hierro forma parte de quelatos con ácidos di y tricarbónicos y es parte de la fitoferrina. Forma parte de diversas enzimas como la hemeperoxidasa, citocromos a, a3, b2, b6 y f, reductasa del sulfito, oxidasa del sulfito, ferredoxina, entre otras.

Los procesos metabólicos donde participa el hierro son la fotosíntesis, respiración, fijación biológica del nitrógeno, asimilación del nitrógeno y del azufre (Ríos y Corella, 1999).

Etapa vegetativa

Para los procesos metabólicos en que participa el hierro, se debe evitar su deficiencia, ya que la asimilación del azufre y del nitrógeno, son esenciales para optimizar la síntesis proteica. El hierro participa en la síntesis de cloroplastos, así como en los fotosistemas I y II, esenciales para optimizar la fotosíntesis (Ríos y Corella, 1999).

Etapa reproductiva

El hierro como un partícipe de la síntesis de cloroplastos y fotosistemas I y II, no puede tener limitante en su suministro pues provoca una reducción en el rendimiento del cultivo de mango y se manifiesta con frutos pequeños (Ríos y Corella, 1999).

BORO

El boro como componente estructural forma parte de complejos con difenoles, carbohidratos y azúcares-P. Es componente de las ATPasa de las membranas celulares y sintetasas del glicano.

Entre los procesos metabólicos en los que actúa el boro están la absorción iónica, transporte de carbohidratos, síntesis de lignina y celulosa, síntesis de ácidos nucleicos y proteínas (Ríos y Corella, 1999).

Etapa vegetativa

Los contenidos insuficientes de boro en las hojas causan una menor tasa de transporte de los carbohidratos y menor síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, lo que redundará en un menor crecimiento de las hojas, y en un índice menor el área foliar. Lo anterior provoca una baja en la eficiencia fotosintética, así como, menor cantidad de fotosintatos producidos y almacenados (Ríos y Corella, 1999).

Etapa reproductiva

El boro es esencial durante la floración para el desarrollo del tubo polínico y germinación de granos de polen. La deficiencia de boro provoca un menor número de granos de polen por antera y una menor viabilidad de los mismos. Por lo tanto, el boro aumenta el cuaje de los frutos, produce una menor cantidad de flores estériles y menor deformación de los frutos (Ríos y Corella, 1999).

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RADICAL

Diversos estudios sobre la distribución del sistema radical en mango, llevados a cabo en diferentes regiones productoras del mundo, indican que es muy vigoroso. El mayor porcentaje de raíces del sistema está ubicado lateralmente a 1.8 y a 1.2 m de profundidad y se destaca la abundante presencia de pelos radicales (Figura 6). En árboles injertados con el método de radioisótopos, se encontró que la mayor cantidad radical estaba a 1.2 m al lado del tronco y a 15 cm de profundidad. En Venezuela al estudiar la distribución del sistema radical, se puso en evidencia que además de los impedimentos físicos del suelo, tales como horizontes compactos y elevado nivel de la tabla de agua, la secuencia estructural y el perfil del suelo influyen en la distribución horizontal y vertical de las raíces (Avilán *et al.*, 1989).



Figura 6

NUTRICIÓN DEL CULTIVO

Los estudios acerca de la nutrición del mango y la respuesta a la aplicación de fertilizantes, son muy variables, en el sentido de que en un año de estudio hay respuesta y en los subsiguientes no. En unas áreas no recomiendan la aplicación de fertilizantes y en otras lo sugieren en forma intermitente. Es común escuchar entre algunos productores que nunca han fertilizado y aún así obtienen buenas producciones. El sistema de producción de mango, como en cualquier otro cultivo, desde el punto de vista del método racional, consiste en tener muy claras las demandas nutricionales del cultivo, así como los aportes de nutrimentos por el suelo (Ríos y Corella, 1999).

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

Son pocos los trabajos realizados para establecer la demanda de nutrientes en mango y cuantificar la extracción de los mismos durante las diferentes fases de desarrollo de la planta. Al respecto se sabe que los elementos absorbidos en mayor cantidad en orden decreciente son: nitrógeno, potasio, fósforo, magnesio, calcio, manganeso, azufre, zinc y cobre. Antes de la floración se registran en las hojas los mayores contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales van decreciendo a medida que la fruta se forma, para luego tener un pequeño incremento durante la maduración; situación contraria ocurre con el calcio, del cual se advierte su mayor presencia durante la formación de fruta (Cartagena y Vega, 1992).

TOMA DE MUESTRAS DE SUELO Y FOLIAR

Son muchos los factores que afectan el rendimiento de los cultivos. Entre estos ocupa un lugar importante, la disponibilidad de los nutrimentos esenciales para las plantas. Cuando estos nutrimentos no están en cantidades adecuadas, hay necesidad de agregar fertilizantes químicos, orgánicos y/o enmiendas, para suplir las necesidades de la planta. El análisis químico del suelo, dispuesto para el establecimiento del cultivo, nos refleja el verdadero estado nutricional del mismo y nos sirve para diseñar recomendaciones que buscan eliminar las deficiencias de nutrientes en el suelo. El suelo no es una masa homogénea, sino más bien compleja y heterogénea, que presenta múltiples variaciones. Por ello, en la toma de la muestra, debe examinarse el área a ser estudiada, su homogeneidad, topografía, color y tipo de suelo, textura, grado de erosión, manejos culturales anteriores, cobertura vegetal, drenaje y otras características que pueden servir de guía para diferenciar las unidades de muestreo y de muestras entre sí, para una posterior recomendación. El esquema más sencillo y el más usado, consiste en tomar submuestras de todo el campo al azar. Luego se mezclan las submuestras, para obtener una muestra compuesta con destino al laboratorio. Por ser el mango un cultivo perenne, las exigencias de nutrimentos para satisfacer sus procesos fisiológicos, como crecimiento vegetativo, floración y fructificación, varían de acuerdo con la edad de la planta. Por tanto, es necesario hacer muestreos periódicos durante toda la vida del cultivo.

Las muestras para análisis de suelo en huertos establecidos se deben tomar de lotes uniformes respecto al tipo de suelo, edad de la planta, manejo y nivel de producción. Estas propiedades delimitan la unidad de muestreo. Las muestras se deben tomar de árboles escogidos, de modo que se pueda obtener una muestra representativa del campo. Un procedimiento común consiste en recorrer el lote, siguiendo dos líneas diagonales en forma de X, en las cuales se escogen las plantas en forma sistemática (un árbol cada cierto número de árboles), según el tamaño del lote.

Se puede usar cualquier otra forma sistemática de muestreo, tratando de cubrir adecuadamente el campo, acomodándose a las condiciones particulares de cada huerto. En cada árbol seleccionado se eligen de dos a cuatro sitios equidistantes de muestreo, que se ubican debajo del árbol, en la zona comprendida entre la mitad de la copa y el perímetro de la misma, como se indica en la Figura 7.



Figura 7

Con relación a la profundidad de muestreo, éste se debe realizar tomando en consideración las características de la distribución del sistema radical del mango. Se debe efectuar un muestreo superficial (0 a 20 cm) y uno profundo (20 a 50 cm). Es muy importante verificar además, a esta profundidad, la presencia o no de impedimentos físicos, los cuales afectan el desarrollo de las raíces, modifican su distribución en el perfil del suelo, aspecto de relevante importancia, por cuanto determina la localización del fertilizante y otras prácticas culturales. Además, el muestreo a una profundidad de 20 a 50 cm puede ayudar en el diagnóstico, particularmente en ciertos casos, en los cuales se sospechan que existen problemas de acidez o acumulación de sales en la subsuperficie. Las submuestras de cada árbol se recolectan en un recipiente plástico limpio, se mezclan completamente y de esta mezcla se retira una porción de un 1 kg de suelo aproximadamente, que se envía al laboratorio.

Para un buen diagnóstico, además del análisis del suelo, que da información sobre el contenido de los elementos disponibles, así como de ciertas características que pueden afectar el comportamiento de los fertilizantes, se debe realizar un análisis foliar, que muestra lo que la planta está asimilando. Las muestras para los análisis foliares se deben tomar también con los mismos criterios indicados anteriormente para las muestras de suelos, siguiendo el mismo muestreo sistemático discutido anteriormente. Se seleccionan unos 5 árboles por hectárea y de éstos se colectan unas 20 hojas por árbol. En los árboles seleccionados, la muestra foliar se debe tomar a una altura media de 1,5 a 2 m del tercio mediano de la copa y alrededor de la misma (Figura 8), tomando seis a ocho hojas de cuatro meses de edad, en ramas jóvenes que no estén en producción (Figura 9). El muestreo completo debe provenir de por lo menos 25 árboles y contener más de 100 hojas por cada 2,5 hectáreas. Algunos autores señalan que, además de la edad de la hoja, tipo de retoño, posición en la planta y época de muestreo, se debe tener en consideración el tipo de patrón y la incidencia de enfermedades, puesto que estos factores también afectan la concentración de los elementos en las plantas.

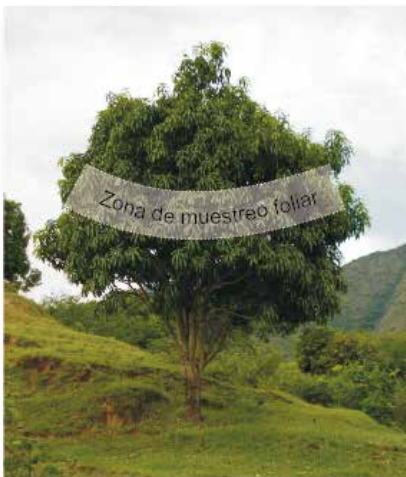


Figura 8



Figura 9

Son muchos los factores que influyen en la nutrición mineral del mango, situación que dificulta proporcionar una fórmula de fertilización que pueda ser empleada uniformemente. El análisis de suelo es el punto de partida para la elaboración del plan, ya que proporciona información completa sobre su grado de fertilidad y el contenido de elementos como el sodio y el boro, a los cuales el mango tiene baja tolerancia.

Otra guía de importancia es el análisis foliar. Aunque existen muchos estudios sobre niveles críticos de elementos en las hojas, que han sido determinados para algunas zonas productoras de mango en el mundo, la experiencia en Colombia es mínima. Es posible que en un futuro los productores ensayen este método de diagnóstico para la fertilización en mango (Cartagena y Vega, 1992). Los niveles adecuados de macro y micronutrientes en el tejido foliar se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Niveles óptimos de macro y micronutrientes según análisis foliar en mango.

Elemento	Unidad materia seca	Nivel óptimo
Nitrógeno		1,0 - 1,5
Fósforo	%	0,08 - 0,17
Potasio	%	0.30 - 0,80
Calcio (suelo ácido)	%	2.00 - 3,50
Calcio (suelo alcalino)	%	3.00 - 5,00
Magnesio	%	0.15 - 0,40
Manganeso	ppm	40 -100
Zinc	ppm	60 - 100
Cobre	ppm	21 - 47

Fuente: Young and Sauls, 1982.

PLAN DE FERTILIZACIÓN

Para elaborar un plan de fertilización que se ajuste a la realidad se deben considerar, además de los análisis de suelo y foliar, la edad de la planta y el volumen de producción esperado.

Fertilización en crecimiento o formación

Una plantación se considera joven hasta que cumple 3 ó 4 años después del trasplante a campo. En este lapso la fertilización se debe orientar hacia el estímulo de un desarrollo vegetativo rápido, razón por la cual la disponibilidad de materia orgánica juega un papel importante. En general, en Colombia las zonas ecológicamente aptas para el cultivo del mango son deficientes en nitrógeno y fósforo; el potasio se encuentra en contenido medio a alto, lo cual permite que, en la mayoría de los casos, el suelo suministre en forma natural la cantidad requerida por la planta. Los elementos menores de más baja dispo-

nibilidad son: azufre, magnesio, boro, zinc y cobre; el hierro y el manganeso están en niveles normales. Con base en estas apreciaciones, se sugiere desarrollar el plan consignado en la Tabla 2 y que ha sido aplicado con éxito por algunos productores colombianos (Cartagena y Vega, 1992).

Tabla 2. Fertilización para mango en etapa de crecimiento.

Aplicación	Primer año			Segundo año			Tercer año		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	g/planta/año								
Primera	40	100		50	150	-	70	200	100
Segunda	40	-	50	50	-	70	70	-	100
Tercera	20	-	50	50	-	80	60	-	100
TOTAL	100	100	100	150	150	150	200	200	200

Fuente: Cartagena y Vega, 1992.

Fertilización en producción

A partir del cuarto o quinto año, la planta entra en producción comercial y se considera adulta; las cantidades de nutrientes varían conforme los árboles crecen en tamaño y potencial productivo. Para definir las dosis de fertilizante que se deben aplicar en esta etapa, hay que tener en cuenta las cantidades extraídas del elemento por cosecha y la magnitud de la misma. Por una parte, se considera que 200 kg de fruta extraen 200, 40, 400, 40, 38 y 30 g de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, respectivamente, sin tener en cuenta las necesidades del árbol para la formación de nuevas ramas, hojas y raíces. Además, no se debe perder de vista que el mango tiene la tendencia a alternar sus cosechas; la magnitud de esta alternancia puede variar de un lugar a otro y de una cosecha a otra (Cartagena y Vega, 1992).

En las temporadas de rendimiento elevado se forman muy pocos brotes vegetativos, con la consecuente baja en la diferenciación de nuevas yemas florales para la cosecha del año siguiente. De acuerdo con lo anterior, es de suma importancia reforzar el vigor de las plantas con aplicaciones extra de nitrógeno cuando los huertos se han sobrecargado de fruta (Cartagena y Vega, 1992).

En este sentido, algunos países productores de mango acostumbran aumentar entre un 25 y un 50% la dosis anual de nitrógeno cuando han obtenido cosechas elevadas. Al respecto se debe tener en cuenta que aplicaciones tardías de fertilizantes nitrogenados (cuando la planta está próxima a cosecha), pueden causar retraso y aún disminución en la floración de la temporada siguiente (Cartagena y Vega, 1992).

Época y modo de aplicación de los fertilizantes

En plantas jóvenes (1 a 4 años), la cantidad de fertilizante programado se deberá fraccionar en tres partes y hacer la aplicación cada cuatro meses. Cuando los árboles están en producción, la totalidad del fertilizante aplicado se puede fraccionar en tres partes, así: la primera, durante el período de floración; la segunda, cinco a ocho semanas después, y la tercera, al terminar la cosecha. La localización del abono en el suelo se puede hacer en corona, bandas o media corona si la topografía es pendiente. En todos los casos se debe hacer una zanja somera o cajuela, cuyo centro coincida con la proyección de la copa. El fertilizante debe ser cubierto semienterrado para protegerlo del lavado por las aguas lluvias o de riego (Cartagena y Vega, 1992).

La toma de los elementos por las raíces es más rápida y eficiente si el terreno está húmedo; de acuerdo con esto, se deben aprovechar las temporadas lluviosas y el riego para las labores de fertilización. El momento más apropiado para realizar la fertilización foliar es cuando las hojas nuevas alcanzan 3/4 partes de su desarrollo, aproximadamente 4-5 meses después de su brotación. En casos de deficiencias muy severas, las aplicaciones se deben hacer después de cada brote, hasta que las plantas vuelvan a la normalidad. Las aspersiones foliares se deben efectuar preferiblemente en las horas frescas de la mañana, cuando hay una menor transpiración en la hoja y, por lo tanto, la absorción de los elementos es más eficiente (Cartagena y Vega, 1992).

Programa de fertilización

Un programa de fertilización debe realizarse con base en el análisis del suelo y en análisis foliares. El cuadro general de fertilización, basado en experiencias de Venezuela, México, Brasil y el Estado de La Florida (EU), se describe en la Tabla 3, según la edad del árbol. El mango es una planta muy eficiente en la extracción de nutrientes y se produce bien en suelos que nunca han sido abonados, ayudado por la gran capacidad de sus raíces a explorar y profundizar en el suelo.

En el manejo del cultivo del mango, la fertilización constituye una de las prácticas más eficientes para asegurar a la planta la posibilidad de expresar su potencial genético de producir frutos abundantes y de excelente calidad. La finalidad de la fertilización es poner a disposición de las plantas las cantidades necesarias, y en el momento adecuado, aquellos elementos minerales esenciales presentes en el suelo a niveles insuficientes, para que éstas puedan realizar sus funciones vitales; y por otra parte, restituir al suelo las extracciones que realizan las cosechas (Avilán *et al.*, 1989. Avilán, 1971, 1983, 1999).

Es importante señalar, que desde el punto de vista económico, la práctica de la fertilización es un factor de significativa incidencia entre los costos variables de producción, ya que representa entre un 20 y un 25% de los mismos. Pero, en contraposición, incide sobre la producción y contribuye a mejorar sustancialmente el ingreso del productor.

Tabla 3. Programa modelo de fertilización para el mango.

Edad del árbol	Tipo de fertilizante	Kg/árbol por año	Época de aplicación
1 año	15-15-15	1.0	250 g cada 3 meses
2 años	15-15-15	2.0	500 g cada 3 meses
3 años	15-15-15	3.0	750 g cada 3 meses
4 años	17-6-18-2 Sulfato de Amonio o Urea	3.0 1.0 ¹ 0.5 ¹	3 kg luego de la cosecha principal. Finalizando las lluvias, 45 días antes de la floración principal.
5 años	17-6-18-2 Sulfato de Amonio o Urea	4.0 1.0 ¹ 0.5 ¹	4 kg luego de la cosecha principal. Finalizando las lluvias, 45 días antes de la floración principal.
6 años	17-6-18-2 Sulfato de Amonio o Urea	4.5 1.5 ¹ 0.75 ¹	4.5 kg luego de la cosecha principal. Finalizando las lluvias, 45 días antes de la floración principal.
7 años en adelante	17-6-18-2 Sulfato de Amonio o Urea	5.0 2.0 ¹ 1.0 ¹	5.0 kg luego de la cosecha principal. Finalizando las lluvias, 45 días antes de la floración principal.

1 Sulfato de Amonio para suelos con pH mayor de 6.5 ó Urea, para suelos con pH menor de 6.5. Se recomienda mantener el pH entre 6.0 y 6.5, corrigiéndolo con cal dolomítica para suplir suficiente Calcio y Magnesio.

Fuente: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1985.

Si bien el árbol de mango se puede adaptar en alto grado a diversas condiciones edáficas y de humedad, inclusive a suelos de baja fertilidad, en comparación con otras especies fructíferas, sus niveles de producción se elevan sustancialmente en suelos fértiles. Uno de los hechos que tal vez explique ese elevado grado de adaptabilidad de la planta está relacionado con el desarrollo vigoroso de su sistema radical, el cual le facilita una mayor exploración del suelo para satisfacer su demanda nutricional (Avilán *et al.*, 1981, 1989, 1993).

Las informaciones relativas a la respuesta de la planta a la fertilización son escasas. A pesar de esto, se han establecido claramente las respuestas de la planta a la aplicación de los elementos nitrógeno y potasio. Este hecho, junto al poco conocimiento del comportamiento o desarrollo de la planta durante su vida útil, donde generalmente se establecen dos grandes estadios, uno de crecimiento que se extiende hasta los cuatro o cinco años de edad y luego el de producción para los años subsiguientes, han incidido desfavorablemente para que muchos planes o sugerencias de fertilización no satisfagan adecuadamente las exigencias nutricionales para incrementar o mantener la producción (Avilán, 1971).

Una alternativa para solventar esta situación y realizar una fertilización más racional del cultivo, lo constituye la implantación de la “fertilización por restitución”, acorde con el ciclo productivo de vida que caracteriza a la planta, ajustando las dosis de aplicación con los resultados del análisis de suelo (Avilán y Rengifo, 1992).

Extracción de nutrientes por cosecha

Trabajos realizados en Brasil y Venezuela para conocer la composición mineral de los frutos en varios materiales, determinaron que los elementos nitrógeno y potasio son los que se extraen en mayores cantidades en una cosecha. El azufre presenta un contenido similar al calcio, elemento que en el orden decreciente ocupa el tercer lugar, seguido por el magnesio y, en último lugar, el fósforo (Tabla 4).

Tabla 4. Elemento extraído (g) por tonelada de frutos frescos en mango.

Variedad	Rendimiento promedio (kg/ha)	N	P	K
		Gramos extraídos		
Haden*	600	1.221	216	1.818
Extrema*	15.000	1.179	166	1.844
Carlota*	12.000	1.446	182	2.269
Otros materiales**	15.900	1.465	190	1.591

Fuente: *Hiroce *et al.*, 1977. **Avilán y Rengifo, 1992.

Las determinaciones realizadas en otros frutales, como es el caso de los cítricos, evidencian que en los frutos se encuentra una elevada proporción de los nutrimentos presentes en una planta; su participación promedio se estima en un tercio o más de los requerimientos totales de la misma (Avilán y Rengifo, 1992).

SUGERENCIAS PARA LA FERTILIZACIÓN

Tomando en consideración los contenidos promedios de extracción de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio por una cosecha de frutos y las variaciones de los niveles de rendimiento, del ciclo productivo de vida de la planta, se sugiere el plan de fertilización que se presenta en la Tabla 5, donde se tienen en consideración las siguientes premisas:

Tomando como base la edad y el nivel de producción expresado por planta, se presentan los niveles mínimos y máximos de los elementos que se deben aplicar para restituir al suelo lo extraído por la cosecha. El nivel mínimo corresponde a dos tercios de las necesidades de la planta y el máximo al total de ellas.

- Los niveles de aplicación, en lo referente a los elementos fósforo y potasio, tomando como base los resultados de los análisis químicos de los suelos, cuando el valor es

Tabla 5. Fertilización sugerida, tomando en consideración la edad y el nivel de producción de la planta.

Edad (años)	Producción (kg/planta)	Gramos por planta			Relación		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K
2	4	20 - 25	10 - 12	25-30	1	0,5	1,2
4	56	230 - 350	115 - 175	225 - 420	1	0,5	1,2
6	80	330 - 500	165 - 250	395 - 600	1	0,5	1,2
8	160	660 - 995	330 - 490	790 - 1195	1	0,5	1,2
10	220	908 - 1.360	450 - 680	1.090 - 1.630	1	0,5	1,2
12	300	1.322 - 1.980	660 - 990	1.580 - 2.370	1	0,5	1,2
14	320	1.322 - 1.980	660 - 990	1.580 - 2.370	1	0,5	1,2
16	320	1.322 - 1.980	660 - 990	1.580 - 2.370	1	0,5	1,2
18	320	1.322 - 1.980	660 - 890	1.580 - 2.370	1	0,5	1,2
20	220	908 - 1.360	450 - 680	1.090 - 1.630	1	0,5	1,2
22	220	908 - 1.360	450 - 680	1.090 - 1.630	1	0,5	1,2
24	220	908 - 1.360	450 - 680	1.090 - 1.630	1	0,5	1,2
26	160	660 - 995	330 - 490	790 - 1.195	1	0,5	1,2
28	160	660 - 995	330 - 490	790 - 1.195	1	0,5	1,2

NOTA: Se estima una producción promedio de 15.985 kg/ha de frutos o una de 220 kg/planta, representa una extracción de 23 kg/N/ha, 3 kg/P/ha y 25 kg/K/ha.

Se estableció como peso promedio del fruto 400 gramos, tomando en consideración que existe una amplia variación que va desde frutos muy grandes como los del cv. Springfels (874 g), hasta muy pequeños como los de bocado (161 g) o de cv. Irwin (227 g).

El coeficiente de aprovechamiento de los elementos es: 70% para nitrógeno, 20 y 40% para fósforo en suelos pesados y arenosos, respectivamente y 50% para el potasio.

alto se debe aplicar un tercio o nada de la dosis; si es medio, dos tercios de la dosis y cuando es bajo, la dosis completa.

- Una vez establecidos los niveles de aplicación, para que el plan o la sugerencia de la fertilización sea eficiente, se deben tomar en consideración otros aspectos no menos importantes, que hacen referencia al momento, época o forma de la aplicación, localización y el tipo o características del material o fuente a emplear (Avilán y Rengifo, 1992).

Momento o época de aplicación

El crecimiento del mango sucede mediante flujos que se alternan con períodos de reposo y cada rama terminal puede generar anualmente tres, dos, uno o ninguno. La ocurrencia de los flujos depende en gran parte de las condiciones climáticas, la variedad, edad del árbol y el volumen de la cosecha anterior (Tabla 6).

Tabla 6. Parámetros medidos para determinar el índice de fructificación en mango cv. Haden, injertado sobre criollo.

Edad planta (años)	Altura planta (m)	Radio superior copa (m)	Radio inferior copa (m)	Número frutos/pta (NF)	Superficie lateral* (m ²)	índice fructificación** (NF/m ²)	Período
2	2,1	0,4	0,8	10	5,5	1,8	Crecimiento
4	3,9	0,8	1,5	140	20,3	6,8	
6	5,0	1,1	2,0	200	33,8	5,9	
8	6,6	1,5	2,6	460	59,8	7,6	Plena producción
10	8,3	1,8	3,3	970	93,0	10,4	
12	9,1	2,2	3,9	820	122,0	6,7	
14	11,6	2,6	4,7	610	183,3	3,3	
16	13,3	3,0	5,3	1.340	240,1	5,5	Producción
18	9,9	2,8	5,0	820	168,8	4,8	
20	11,0	3,1	5,5	1.210	208,0	5,8	
22	12,1	3,4	6,1	790	252,0	3,1	
24	13,2	3,0	6,6	890	299,6	2,9	
26	14,3	4,0	7,2	760	351,9	2,1	Senilidad
28	13,2	2,8	6,6	890	299,6	2,9	

* Superficie lateral: área externa de la planta, asemejando la figura geométrica de un cono truncado $[SL=3,1416 (R-r) \sqrt{(R-r)^2 + h^2}]$ donde: altura "h" y radio superior "r" del cono truncado, son el 66% y el 56% de la altura total. "R" es el radio inferior del árbol.

** Índice de Fructificación: numero de frutos por cada metro cuadrado de superficie lateral [numero de frutos/superficie lateral (m²)].

Fuente: Avilán y Rengifo, 1992.

Por otra parte, la diferenciación floral tiene lugar después de un período de reposo aparentemente obligatorio y prolongado de la yema terminal. Este proceso, que tiene una duración de cuatro a cinco semanas, ocurre durante los meses de octubre y noviembre. En Venezuela, casi todos los cultivares florecen durante los meses de diciembre, enero y febrero, y sus frutos se cosechan a finales de abril, mayo, junio y a comienzos de julio, dependiendo del cultivar y de las condiciones ambientales.(Avilán y Rengifo, 1992).

Las variaciones de los niveles de nutrientes en las hojas durante un ciclo de producción, indican que los valores máximos de nitrógeno, fósforo y potasio se encuentran situados antes del inicio de la floración mientras que los niveles más bajos se observan durante las etapas de plena floración y formación de frutos. Por esto, la aplicación de los fertilizantes se debe realizar después de la cosecha de los frutos y posterior a la época de floración. (Avilán y Rengifo, 1992).

Localización del fertilizante

Los estudios sobre la distribución del sistema radical realizados en suelos que diferían acentuadamente en su profundidad efectiva y secuencia textural, indican que la mayor concentración de raíces de menor diámetro (menos de 1 mm) o de elevado poder de absorción, se sitúan lateralmente a los 1,5 m en aquellos suelos con predominancia de texturas gruesas a medias y en los suelos de textura fina, a 2,5 m del tallo (Avilán y Meneses, 1979).

Los elementos fósforo y potasio, presentan poca movilidad en el suelo, por eso se deben aplicar en las áreas de mayor concentración de raíces con el objeto de asegurar su utilización eficiente por parte de las mismas. El nitrógeno se caracteriza por tener una mayor movilidad en el suelo y por esto no es necesario aplicarlo en un sitio específico. (Avilán y Meneses, 1979).

Con base en lo anterior, se recomienda aplicar el fertilizante en la zona ubicada entre el nivel de la proyección de la copa y la parte media de la misma (Figura 10).



Figura 10

BIBLIOGRAFÍA

- Avilán, L. 1999. Fertilización del mango en el trópico. Informaciones agronómicas. No. 34. Instituto de la Patasa y el Fósforo. Canadá. p. 1-6.
- Avilán, L. 1983. La fertilización del mango (*Mangifera indica* L.) en Venezuela. *Fruits* 38 (3):183-188.
- Avilán, L. 1971. Variaciones de los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio en las hojas de mango (*Mangifera indica* L.) a través de un ciclo de producción. *Agron. Trop.* 21(1): 3-10.
- Avilán, L.; Leal, F. y Bautista, D. 1989. *Anacardiaceae*. En: Manual de fruticultura, Cultivo y Producción. 1a. Edición. Chacaito (Venezuela, Ed. América). P. 309 - 413.
- Avilán, L.; Rengifo, C.; Dorante, I. y Rodríguez, M. 1993. El Cultivo del Manguero en Venezuela. VI Manejo Agronómico del Mango. FONAIAP Dibulga. No. 44. 7 p.
- Avilán, L. y Rengifo, C. 1992. El Cultivo del Manguero en Venezuela. III Fertilización. FONAIAP Dibulga. No. 40. 6 p.
- Avilán, L. y Meneses, L. 1979. Efectos de las propiedades físicas del suelo sobre la distribución de las raíces del mango (*Mangifera indica* L.). *Turrialba* 29.(2):117-122.
- Avilán, L.; Figueroa, M. y Loborem, G. 1981. Condiciones acerca de los Sistemas de Plantación en Mango. *Fruits*. 36(3):171-179.
- Bidwell, R.G. 1983. Fisiología vegetal. AGT Editor, SA México. P. 276-288.
- Cartagena, R. y Vega, D. 1992. Fruticultura Colombiana. EL Mango. Manual de Asistencia Técnica No 43. ICA. Bogota. 124 p.
- Contijo, P. 1982. Nutricao e adubacao da mangueira. *Inf. Agropec.* Bello Horizonte. 8:(86)28-35.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 1985. El Cultivo del Mango. Programa de Desarrollo y Diversificación de Zonas Cafeteras. Bogotá 22 p.
- Hiroce, R.; Carvalho, O.; Bataglia, O.; Furlani, P.; Dos Santos, E. y Gallo, J. 1977. Composicao Mineral da Frutas Tropicais na colheita. *Bragantia*. 36:155-164.
- Popenoe, W. 1974. Manual of Tropical and Subtropical Fruits. New York, 1920. 474 p. (Reimpresión Hafner Press, New York, 1974).
- Ríos, R. y Corella, F. 1999. Manejo de la nutrición y fertilización del mango en Costa Rica. XI Congreso Nacional de Agronomía/ III Congreso Nacional de Suelos. Costa Rica. P. 277-290.
- Singh, I.B. 1960. The Mango. London, Leonard Hill. 438 p.
- Smith, P. And Scudder, K. 1952. Some studies of mineral deficiency symptoms in mango. *Proceedings Florida Mango Forum*. P. 21-27.
- Subramanyam, H.M.; Krishnamurthy, S.A.; Subhadra, N.V. and Dalai, V.B. 1971. Studies on internal breakdown, a physiological ripening disorder in Alphonso mangoes (*Mangifera indica* L.) *Tropical Science*. 12(3):203-210.
- Winston, E.C. 1983. Observations of internal mango flesh breakdown need for standardization of terminology. Queensland Department of Primary Industries. Queensland, Australia. 6 p.
- Young, T.W. and Sauls, J.W. 1982. The Mango Industry in Florida. IFAS, Bulletin 189. University of Florida. USA. 70 p.