

FERTILIZACION EN FRUTALES CON ENFASIS EN EL CULTIVO DE GUANABANO *Annona muricata* L.

Rubén Darío Zárate Reyes*

COMPENDIO

Se da la información general sobre la importancia de los frutales y específicamente del guanábano (*Annona muricata* L.). Se relacionan los elementos nutricionales indispensables para los frutales y sus funciones. Se describe el proceso de absorción de agua y nutrientes. Se plantean los casos de sinergismo y antagonismo y su importancia en la fertilización de las especies frutícolas. Se aclara lo relativo a la distribución del fertilizante y la respuesta de la planta. Se discute sobre el mecanismo de absorción foliar. Se relacionan las dificultades para determinar los requerimientos nutricionales en frutales y aplicar la Ley de Restitución. Se precisa que en guanábano el orden posible de requerimientos nutricionales es $K > N > Ca > P > Mg$. Se describen los síntomas de deficiencias de N, P, K, Ca, Mg y S en plántulas de guanábano en soluciones nutritivas y se comparan los análisis de tejidos de plantas con síntomas y plantas en el campo. Se determinan como etapas importantes para fertilizar guanábano: vivero, transplante, desarrollo en huerto y etapa productiva. Se dan recomendaciones generales para cada una de ellas. Se hacen recomendaciones con base en el diámetro de la copa del árbol y la profundidad de raíces; el contenido de M.O, de P_2O_5 y K_2O del suelo y la edad de los árboles y la región donde se establezca el cultivo.

ABSTRACT**FRUIT TREE FERTILIZATION WITH ENMPHASIS ON SOURSOP (*Annona muricata* L.)**

A general survey of the importance of fruit crops, especially soursop (*Annona muricata* L.) is presented. The roles of essential elements and water absorption are described chemical synergisms and antagonisms are discussed in relation to plant nutrition. The absorption mechanism is discussed, so are the difficulties to determine nutritional requirements in fruit trees in order to apply the restitution law. Priority of element absorption is probably $K > N > Ca > P > Mg$. Deficiency symptom as they appear in nutrient solutions and in the field are described for seedlings and mature trees and are related to tissue analysis. Based on tree canopy size and the content of organic matter, P_2O_5 and K_2O in the soil, fertilization recommendations are given for different tree ages sizes and crop sites.

1. INTRODUCCION

El mercado de frutas y hortalizas va en aumento. En 1988, según la Junta del Acuerdo de Cartagena (Colombia), el Grupo Andino logró exportar en este rubro un total de US \$ 83.2 millones, nivel éste, aún cuando muy bajo para el total mundial calculado en US \$ 10 140 millones, (Jaramillo, 1991), si muy esperanzador y de grandes perspectivas ya que ante todo los frutales se están abriendo paso, conquistando nuevos mercados y el área destinada a las dife-

rentes especies (maracuyá, cítricos, vid, granadilla, mango, piña, guanábano, entre otros), sigue incrementándose, ya que el proceso de apertura económica acepta prioritariamente y por sus características, a este importante renglón de la economía del sector agrícola.

Uno de los frutales que avanza con paso firme y con grandes proyecciones es el guanábano (*Annona muricata* L.). Son diversas las regiones de Colombia que se están dedicando a esta especie y las investigaciones desarrolladas per-

* Ing. Agr. M.Sc. Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia. A.A. 237 Palmira.

mitirán en un tiempo prudencial integrar el paquete tecnológico necesario para su manejo y adecuada explotación. Uno de los aspectos técnicos en que se está trabajando es el de los requerimientos nutricionales y la fertilización. No obstante y por su naturaleza, los avances requieren de tiempo y además su interrelación con otros factores de producción dificultan un poco su obtención, aplicaciones y generalización.

2. Generalidades sobre el cultivo de guanábano (*Annona muricata* L.)

Esta especie se considera que es originaria de Brasil o Colombia, esta afirmación está basada en la existencia de muchas "variedades" o cultivares de esta especie en las diversas zonas productivas de los dos países.

El guanábano se puede encontrar desde el Sudeste de China hasta Australia y las tierras bajas y calientes del Este y Oeste del Africa; en las Antillas y desde el Sur de México hasta el Brasil e Islas de Pacífico (Escobar, 1987).

La especie *Annona muricata* L., se considera como la especie comercial más explotada y difundida y su producto permite su consumo en fresco (pulpa) o para elaborar sorbetes (Colombia), jugos, néctares, concentrados, bebidas, helados, mermeladas, pasteles, etc., o con fines medicinales e industriales. Perteneció a la familia *Annonacea* y recibe diversos nombres según el país o la región donde se cultive, entre otros se puede destacar: Guanábano en Colombia, Ecuador y Centro América; Catuche y Guanábano en Venezuela; Graviola en Brasil; Zapote agrio en México y Soursop en los países de habla inglesa.

El árbol de guanábano puede alcanzar 5-6 metros o aún más metros de altura, dependiendo si está a libre crecimiento o si es sometido a las podas de formación, producción o mantenimiento; si proviene de semilla sexual o si fue propagado por injerto. El volumen de la copa también depende de las podas, del método de propagación, de la distancia y sistema de siembra, de

si es monocultivo o si está intercalado con otros cultivos y en conjunto, por el estado sanitario y nutricional que presente (Arango, 1975).

El guanábano se puede encontrar hasta los 1400 m.s.n.m., pero la mejor adaptación y productividad se considera, se logra a altitudes por debajo de 1250 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas promedios de 22-25°C. En cierta forma se considera con ligera sensibilidad al frío, el cual en extremo puede producir defoliación y trastornos fisiológicos serios. Requiere al menos 1500 mm de lluvia por año y donde no se cuenta con estos niveles, se debe utilizar el riego suplementario (Zárate, R. D., 1991).*

El guanábano no es muy exigente en cuanto a suelos, adaptándose a una amplia gama de texturas, pero obteniéndose muy buen desarrollo en los suelos francos, franco arenosos, franco arcillosos y calcáreos. Lo ideal es que los suelos sean profundos (por lo menos 1.5 m), con buena retención de humedad, y buen contenido de materia orgánica. El pH más conveniente se acerca a la neutralidad, aún cuando se estima que el rango 5.5-6.5 es el óptimo, este árbol produce follaje en forma permanente, sin embargo en ciertas épocas y regiones se puede comportar como semicaduco, ya que sufre defoliación parcial, recuperándose cuando llegan los períodos lluviosos.

Produce flores en número apreciable, y la cantidad depende de la edad del árbol. El número de frutos por árbol también es muy variable, pudiéndose encontrar árboles con 20-25 frutos/año, hasta árboles de más de 100 frutos/año. El tamaño del fruto es fluctuante, así como el peso de éste. Se estima que pueden alcanzar un tamaño, de 20-30 cm y peso de 5-7 kg, pero esta no es la forma general.

El fruto presenta un gran porcentaje de parte utilizable (50% de pulpa) (Cuadro 1) lo cual asegura una alta eficiencia y rendimiento para la industrialización. Además es rico en calcio,

* Trabajo sin publicar

hierro, fósforo, ácido ascórbico entre otros (Cuadro 2) y las semillas son una fuente importante de aceites (24-26% de ácidos grasos saturados y 75-72% de ácidos insaturados) (Cuadro 3) (Aecio de Castro *et al.*, 1984; Zárate, 1989).

Se considera que el árbol presenta dos épocas de cosecha/año que coinciden con los períodos secos y húmedos respectivos de cada zona.

Con base en estas características, se deduce que el árbol de guanábano debe requerir para su desarrollo y productividad de buenas condiciones de fertilidad y disponibilidad de nutrientes, no obstante no detectarse con frecuencia manifestaciones de su carencia o deficiente asimilabilidad, aún en condiciones controladas de invernadero (Zárate y Burgos, 1991*).

Aún cuando son varios los factores que inciden en la capacidad productiva del guanábano, tales como enfermedades, plagas, podas distancias de siembra, la demanda de nutrientes y la fertilización requerida para suplirla o el método a emplear, juegan papel importante y como tal deben abocarse para incrementar unas recomendaciones sujetadas a las mismas.

2.1. Elementos nutricionales indispensables para los frutales

Al igual que la mayoría de plantas, los elementos nutricionales se dividen o separan en dos grupos: elementos mayores (plásticos o macrolementos) N-P-S-K-Ca-Mg.

Elementos menores (oligoelementos-microelementos-elementos traza-elementos-catalíticos): Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, Cl (Trocmé y Grass, 1979).

No se descarta, de acuerdo con Malavolta (comunicación personal), que otros elementos como el níquel, el selenio o el sodio pueden llegar a detectarse como necesarios para las plantas.

* Trabajo en desarrollo

Estos elementos una vez son tomados por la planta, se caracterizan por el diverso grado de movilidad que presentan: N, K, Na, muestran alta movilidad: P, Cl, S, son considerados como elementos móviles: Zn, Cu, Mn, Fe y Mo, son parcialmente móviles y Ca y B son inmóviles (Malavolta, Vitti y Oliveira, 1989).

2.2. Funciones específicas de los elementos nutricionales en las plantas.

N: Función estructural - Enzimática (Proteínas). P: Función estructural (P-lipídico) - Almacenamiento y fortalecimiento de la Energía - Absorción - Transporte - Fotosíntesis - Respiración - Biosíntesis - Trabajo mecánico - ATP.

K: Relaciones osmóticas - Apertura - Actividad enzimática - Resistencia estructural - Síntesis de almidones.

Ca: Función estructural (pared celular - pectatos). Función en la membrana - Activación enzimática.

Mg: Fotosíntesis - Respiración - Absorción de P. - Síntesis de Proteínas - Clorofila.

S: Parte fundamental de las proteínas - Función estructural - Activador de enzimas y coenzimas (Fotosíntesis - Respiración).

Fe: Hace parte de los citocromos y de enzimas oxidación.

Zn: Entra en la composición de diversas enzimas como la anhidrasa carbónica, impide la destrucción de auxinas. Interviene en el proceso de cuajamiento de frutos.

B: Absorción y Metabolismo de cationes como el Calcio - Formación de Pectinas - Absorción de agua - Metabolismo de glúcidos. Incrementa la asimilación del fósforo (Malavolta, E. Comunicación Personal).

Mn: Intervienen procesos enzimáticos (transferasas). Control hormonal (Malavolta, E. Comunicación personal).

Cuadro 1

Algunos datos físicos del fruto de guanabano (*Annona muricata* L.) en completo estado de maduración (Aecio de Castro *et al*, 1984)

	1	2
Número de frutos evaluados	30.0	-
Peso de los frutos (kg)	29.74	0.990 kg
Peso de la corteza (cáscara) (kg)	8.85	0.295 kg
Peso de las semillas (kg)	1.55	0.051 kg
Peso de la pulpa + semillas + residuos (kg)	20.88	0.696 kg
Peso de la pulpa (kg)	5.92	0.197 kg
Peso de las fibras + semillas (kg)	4.37	0.145 Kg
Porcentaje de pulpa (%)	50.40	50.4 %
Porcentaje de la corteza (cáscara) (%)	29.80	29.8 %
Porcentaje de la semilla (%)	5.2	5.2 %
Porcentaje de la fibra (%)	14.60	14.6 %
Peso promedio de la semilla (g)	0.43	

1. Número de frutos totales evaluados

2. Promedio/fruto (calculados por el autor del presente artículo).

Cuadro 2

Determinación (en base húmeda) de las propiedades físicas y químicas de la pulpa de la guanabana (*Annona muricata* L.) (según Aecio de Castro *et al*)

pH	4.60	4.20
Acidez (como ácido cítrico %)	-	0.92
Sólidos solubles (g/100 g)	5.40	17.10
Acido ascórbico (mg/100 g)	-	10.50
Taninos (mg/100 g)	250.0	225.00
Humedad (%)	79.6	85.30
Cenizas (%)	0.96	0.80
Proteína (%)	1.30	0.62
Extracto etéreo (%)	0.40	0.32
Fibra (%)	0.50	-
Azúcares reductores (%)	3.60	10.20
Azúcares no reductores (%)	1.20	2.60
Almidones (%)	8.20	0.92
Pectina (%)	Trazas	Trazas
Calcio (mg/100 g)	56.70	41.63
Hierro (mg/100 g)	2.40	0.60
Fósforo (mg/100 g del 205)	124.30	78.40

* Promedio para al menos tres determinaciones

Cuadro 3

Contenido de aceites de la semilla de guanabano (*Annona muricata*)

ACIDOS GRASOS SATURADOS: 24.26%	
- Palmítico:	18.98%
- Esteárico:	5.28%
Guanábano > Millo > Olivo	
ACIDOS GRASOS INSATURADOS: 75.72%	
- Palmitoléico:	1.76 %
- Oléico:	40.94%
- Linoléico	33.02%
Guanábano > Algodón > Coco	

(Según Accio de Castro *et al.*, 1984)

Cuadro 4

Resultados promedios de las determinaciones químicas de las diferentes partes del fruto del guanábano *Annona muricata* L.

Parte de fruto	Elementos (Nutrientes)						
	% Materia seca						
	N	P	K	Ca	Mg	B	Zn
Corteza (cáscara)	1.29	0.221	1.12	0.46	0.07	9	39
Pulpa	1.36	0.213	1.42	0.48	0.06	10	40
Semilla	1.41	0.298	0.92	0.41	0.09	5	56
* \bar{X} =	1.35	0.244	1.15	0.45	0.07	8	45

(Avilan *et al.*, 1980)

Cu: Enzimas nitratos - Parte de las transferasas.

Cl: Sin función conocida.

Na: Sustituye parcialmente al K, se puede acumular en la planta sin causar efectos desfavorables (Malavolta, Vitti y Oliveira, 1989; Malavolta, E. Comunicación personal).

2.3. Síntomas carenciales

Los síntomas generales de la carencia de elementos nutricionales en los frutos se rigen por los patrones generalmente aceptados y que acertadamente describen Trocme y Grass, 1979; Malavolta, E. *et al*, 1989; y Manual práctico de frutales, 1976). En el caso particular del guanábano (*Annona muricata* L.) la información al respecto es escasa y los puntos de referencia existentes están circunscritos a los trabajos realizados por Avilan (1975) en Venezuela y los que actualmente ejecutan Zárate, R. D. y Burgos, G., todos en condiciones controladas de invernadero, empleando soluciones nutritivas diferenciales y con plántulas seleccionadas. Las observaciones de campo hasta la presente no son muy concluyentes y los síntomas de deficiencia en Guanábano o *annonaceas* relacionadas (v. gr. el Chirimoyo *Annona squamosa* L.) están sujetos a muchos ajustes y por lo tanto son susceptibles de equivocación (Zárate, R. D. Comunicación personal), aunque en algunos casos sean por comparación, asimilables a los que se registran en otras especies frutícolas.

2.4. Procesos de absorción de agua y nutrientes por los frutales

En realidad es difícil separar el proceso de absorción del agua y el de los nutrientes.

En general se considera que la absorción se da tanto por las raíces como por el follaje y que bien vale la pena tratar de manera general esta importante actividad.

Las raíces manifiestan cierto hidrotropismo en el sentido de que se dirigen hacia los puntos en

los que el agua es más fácil de absorber, o sea en los que el agua está retenida por el suelo de manera más débil (Wadleigh, 1957). Este hidrotropismo tiende a cesar a medida que la humedad se acerca al punto de saturación, situación en la que resulta insuficiente la aireación.

Entonces se puede afirmar que las raíces no exploran las zonas del suelo que están saturadas de agua, ya que necesitan cierta aireación para poder llevar a cabo sus funciones normales.

Ahora bien, las raíces proliferan en las zonas o áreas del suelo ricas en materia orgánica y elementos nutritivos, siempre que éstos últimos no contengan elementos tóxicos como los cloruros, por ejemplo. Este principio ha sido comprobado mediante diferentes investigaciones, lo cual permite afirmar que las raíces se multiplican en las zonas de localización de los abonos, pero haciendo la claridad que es difícil discriminar la acción en sí de los abonos, con respecto a, por ejemplo, la aireación motivada por las máquinas localizadoras del fertilizante cuando este se aplica mecánicamente, o la del fraccionamiento de raíces. En todo caso no parece probable que las raíces sean atraídas por los elementos nutritivos y más bien lo que sucede es que si una raíz encuentra una zona rica en nutrientes, tiende de inmediato a ramificarse de manera muy activa, sin que por esto se pueda afirmar que por tropismo ellas se dirigen a buscar la zona enriquecida por los abonos (Trocme y Grass, 1979).

Se debe también tener en cuenta en las áreas sembradas con frutales que la presencia en el huerto de otras plantas, por ejemplo cobertura de gramíneas o malezas van a inducir efectos antagónicos que lleven a reducir el crecimiento radicular de la especie frutícola y a inducir una disimetría en el enraizamiento de los mismos. Se cree que el antagonismo es debido en su mayor parte, a la mutua competencia por el agua y los elementos nutricionales, ya que las gramíneas realizan una extracción mucho más intensa que los árboles. No obstante no se debe descartar la interacción de tipo puramente biológico.

Se estima que los factores que influyen sobre la fotosíntesis (luminosidad, temperatura, apertura de estomas) inciden en el desarrollo del sistema radicular.

Sin embargo, y debido a que las plantas perennes (como los frutales) disponen de reservas en sus órganos permanentes, el crecimiento de sus raíces depende menos íntimamente de la fotosíntesis que las plantas anuales (Trocme y Grass, 1979). Pero a su vez, las vitaminas necesarias para el crecimiento de las raíces y las auxinas indispensables para el surgimiento de nuevas raicillas, proceden de los órganos aéreos.

El crecimiento de las raíces se realiza en parte a expensas de las reservas principiantes que aparezcan en las hojas y prosigue después de la caída de las hojas, por lo tanto es de presumir que en los árboles que conserven más tiempo el follaje se tiende a presentar un crecimiento más intenso en las raíces.

Así mismo, se ha encontrado que las podas severas en árboles recién transplantados tienden a disminuir la formación de raíces pero a su vez, el aclareo de frutos en árboles jóvenes estimula el desarrollo de un conveniente y eficiente sistema radicular.

2.4.1. Absorción y translocación de los elementos nutritivos

Los árboles absorben los elementos nutritivos esencialmente a través de las raíces. En condiciones naturales la absorción por los órganos aéreos (hojas, ramas, tronco, frutos, etc.) tiene más bien poca importancia pero como técnica de fertilización en la fruticultura moderna es de gran aplicación y utilidad.

La absorción, de acuerdo con Clarkson y Robards (1975), se realiza a través de los pelos absorbentes, de las zonas suberificadas de las raíces jóvenes y por la parte suberificada del sistema radicular. Si se tiene en cuenta que los elementos nutritivos se introducen en la planta, sobre todo a través de las raíces jóvenes, la absorción resulta entonces indirectamente ligada

al crecimiento de las raíces. Este proceso está supeditado a su vez a la aireación del suelo y a la saturación o no del suelo por agua. La absorción por las raíces se basa en un típico intercambio iónico.

Por otra parte, cuando se habla de fertilización en frutales, se deben considerar los fenómenos de sinergismo (cuando la absorción de dos elementos se refuerza mutuamente) y el antagonismo (cuando al aumentar la concentración de un elemento se detiene la absorción de otro), en la fruticultura los casos más frecuentes de Antagonismo se dan entre: N/K; N/B; P/Zn; P/Cu; K/Mg; K/B; Cu/Fe y Calcio con los micronutrientes u oligoelementos y los de sinergismo entre NO₃/Mg; Mg/P, y K/Fe.

Ahora bien, los requerimientos de nutrientes por los árboles frutícolas difiere de una especie a otra, aún cuando hay elementos cuyas necesidades por las plantas pueden ser comunes, no obstante varían las cantidades de cada uno de ellos.

Las raíces de los árboles en lo relativo a su capacidad de absorción y el aporte de nutrientes a la planta, tienen muchas alternativas y contrario a lo que se pensó durante mucho tiempo, no es necesario que el abono o fertilizante sea aplicado en toda la zona de influencia del sistema radicular del árbol, ya que investigaciones y observaciones prácticas han permitido demostrar que la alimentación del árbol o partir sólo de una zona limitada pero debidamente enriquecida (mediante la aplicación de los fertilizantes) y explorada por una fracción del sistema radicular lleva a obtener resultados satisfactorios, aunque no necesariamente, se afirme que éstos sean óptimos (Trocme y Gras, 1979; Malavolta, Comunicación personal 1991).

En cuanto a la absorción foliar, vale la pena recordar que sólo en 1844, con los trabajos de E. Gris, se pudo precisar el papel de esta vía como medio para suministrar elementos nutricionales a las plantas. Según Tukey *et al* (1962), la cutícula (o capa de cutina) que cubre las hojas constituye una barrera infranqueable, presenta resquebrajaduras y se comporta como una espon-

ja que de acuerdo con el grado de hidratación se va hinchando paulatinamente.

Las observaciones realizadas al respecto, especialmente en manzano, mostró que la cutina adopta la forma de laminillas interrumpidas por sustancias pécticas que permiten la penetración al interior de la hoja. Así mismo, la absorción se realiza por los pelos epidérmicos, que abundan en el envés, lo cual asegura mayor penetración a través de los estomas, ya que estos están o se mantienen principalmente por el envés de las hojas, lo cual aseguraría una penetración mucho más intensa. Un buen ejemplo de la aplicación práctica de la absorción foliar de nutrientes lo da el KNO_3 en diferentes frutales vr. gr. mango (*Manguiфера indica*) (Monómeros Colombo-Venezolanos, 1991).

La penetración por los estomas es improbable si se tiene en cuenta que los poros estomáticos están llenos de gas y sus células internas se hallan suberizadas y cutinizadas. Además experimentalmente se demostró que no hay correlación con el número de estomas, pues la absorción se da tanto por el envés como por el haz que carece de ellos.

Por último, y de acuerdo con Orland *et al* (1956), existe la posibilidad adicional de una penetración por intercambio iónico ya que, por ejemplo, los iones magnesio del sulfato de magnesio se intercambian con iones de calcio o hidrógeno.

2.4.2. Determinación de los requerimientos nutricionales en frutales

Para determinar los requerimientos nutricionales de un cultivo es necesario precisar qué elementos fertilizantes extraen estos anualmente. A veces el cálculo de cuanto extraen del suelo (exportación de nutrientes) se dificulta ya que pueden haber otras formas de exportación que no sean realizadas directamente por los cultivos (como por ejemplo las que realiza el agua en su infiltración), o se necesita conocer y evaluar el nivel a partir del cual un suelo no necesita ser fertilizado o es preciso saber si los elementos

que se restituyen permanecen asimilables íntegramente en el suelo o las posibilidades de nutrición a expensas del suelo varían con el tiempo, especialmente en lo relacionado con el nitrógeno. Lo anterior es aplicable en su totalidad a los cultivos anuales, pero en el caso de los frutales el problema es un poco más complejo, especialmente por:

a. En los cultivos anuales el sistema radicular se desarrolla en su mayor parte en las capas superficiales del suelo, lo cual facilita la incorporación de los fertilizantes antes de cada siembra, en cambio en frutales la incorporación periódica de nutrientes para que estén disponibles para las raíces de los árboles plantea serias dificultades.

b. Las raíces de los árboles exploran el suelo con menor intensidad y las zonas del suelo por las que se extiende, varían, por ejemplo, en función del tiempo a medida que se van desarrollando nuevas raíces.

c. Las necesidades nutricionales difieren no solo con la especie o con la variedad sino también con la edad y desarrollo de los árboles.

d. Hasta la presente ha resultado difícil comprobar experimentalmente sobre los árboles frutales, la validez de la ley de restitución, ni se ha podido determinar a partir de qué nivel de fertilización se cumple dicha ley (Trocme y Gras, 1979).

2.5. Extracción (exportación) de nutrientes por el (*Annona muricata* L.)

Para poder intentar la ley de restitución en este frutal, se hace necesario conocer los niveles que se pueden encontrar de nutrientes en los diferentes órganos de la planta. Al respecto Avilan (1975) determinó en las plantas de ocho (8) meses los niveles foliares de nutrientes tanto en las plantas con síntomas carenciales como en las plantas sanas o normales como se resume a continuación:

Niveles	Elementos (nutrientes) expresados en % de materia seca a 70°C				
	N	P	K	Ca	Mg
Adecuados	1.76	0.29	2.60	1.76	0.20
Deficientes	1.10	0.11	1.26	1.08	0.68

(Avilan, 1975)

La proporción entonces será: $K > N > Ca > P > Mg$. Así mismo, Avilán et al (1980) analiza por separado (Corteza o cáscara, pulpa y semilla) para encontrar la participación de cada elemento nutritivo (Cuadro 4).

Avilan et al (1980) determinaron las exportaciones (extracción) de N, P, K, Ca, Mg por cosecha de guanábano, con base en 277 árboles/ha, a una distancia de siembra de 6 x 6 m, un contenido de humedad del 78% y una producción estimada de 23.0 kg/ha/año (Cuadro 5).

De acuerdo con lo anterior se estimó que para lograr una producción de 6.371 kg/ha de guanábano, se requieren 271 kg/ha de nitrógeno, 39 kg/ha de $P_2O_5(P)$ y 38 kg de K (K_2O). En realidad, estas cantidades dependerán de muchos factores tales como la distancia de siembra, la variedad, el tamaño y el peso de los frutos y el número de frutos por árbol, ya que los frutos pueden alcanzar tamaños de 20-25 cm y pesos de 5-12 kg en algunos casos o más.

De todos modos para dosificar los fertilizantes a aplicar se deben considerar las etapas fundamentales de desarrollo del cultivo como lo plantea Colguanábano (Asociación Colombiana de Cultivadores de Guanábano):

a. Etapa de desarrollo vegetativo; b. Etapa productiva, c. Etapa de senectud, ya que con base en estas se pueden tomar decisiones más reales y hacer recomendaciones más acertadas, o de lo contrario no sólo se van a obtener cosechas aceptables o rentables, sino que en cierto momento se pueden manifestar síntomas carenciales como los que describe Avilan (1975); y en parte han determinado Zárate y Burgos.*

* R.D. Zárate y G. Burgos (Trabajo en desarrollo)

- Deficiencia de nitrógeno

Plantas de poco desarrollo, bajo incremento en altura (34 cm contra 46 cm del tratamiento completo) en las plantas se presenta una coloración general de follaje verde pálido. En las hojas inferiores se presenta un amarillento el cual empieza en los bordes y luego avanza paulatinamente al resto del limbo. Las hojas terminan desprendiéndose con facilidad. Las hojas presentan bajos contenidos de N(1.10%) frente a la solución completa (1.76%) y además un incremento en el contenido de P (0.210%) (Cuadro 6).

- Deficiencia de fósforo

Plantas con bajo incremento en altura (28 cm), equivalente al 50% del tamaño logrado en la solución completa. En las hojas, se presentan manchas amarillas, principalmente en los bordes. En etapas más avanzadas, comienza un necrosamiento de la punta de las hojas, las cuales se desprenden fácilmente de la planta. Las primeras hojas afectadas son las inferiores luego las de la parte media y por último las superiores. Las hojas presentan bajos niveles de P (0.1107) y altos niveles de N (1.8%) y Ca (2.3%) (Cuadro 6).

- Deficiencia de potasio

No afecta la altura de la planta. En las hojas inferiores se presenta amarillento en los bordes, el cual va incrementándose hacia la nervadura central, presentándose al final, como dos bandas paralelas a la misma, de una coloración anaranjada la cual permite su diferenciación de N. Presentan las hojas bajos niveles de K (1.26%) y altos de N (1.99%) y Ca (2.10%) (Cuadro 6).

- Deficiencia de Mg

No afectó la altura de la planta. Se presenta clorosis intervenal que comienza a los lados de la nervadura central y avanza progresivamente hacia los bordes de las hojas. Posteriormente hay necrosis desde la parte central de las manchas cloróticas en dirección a los bordes. Bajo

Cuadro 5

Exportación (Extracción) de nutrientes por una cosecha de guanábano *Annona muricata* L. y relación entre los nutrientes extraídos

Producción (kg/ha)		Elementos (en kg)						
Peso fresco	Peso seco	N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Ca	Mg
6.371	1.401	18.9	3.41	7.8	16.1	19.3	6.3	0.98
Relación N = 1	N - P ₂ O ₅ - K ₂ O 1	1		0.41			1.02	

(Avilan *et al.*, 1980)

Cuadro 6

Contenido de nutrientes encontrados en los tratamientos completos y deficientes en Guanábano (*Annona muricata* L.), cultivada en soluciones nutritivas, expresado en por ciento de materia seca a 70°C (Media de cuatro repeticiones)

Tratamientos	Elementos				
	N	P	K	Ca	Mg
Completo	1.75	0.290	2.60	1.76	0.20
Menos N	1.10	0.210	1.78	1.73	0.18
Menos P	1.87	0.110	1.30	1.42	0.16
Menos K	1.99	0.140	2.26	2.10	0.27
Menos Ca	1.84	0.130	2.52	1.08	0.18
Menos Mg	1.90	0.120	1.80	2.10	0.08
Menos S	1.88	0.120	1.90	1.16	0.28

nivel de N (0.08%), alto contenido de Ca (2.10%) y nitrógeno (1.90%).

- Deficiencia de Ca

Las plantas al comienzo crecen normalmente pero luego se estanca su desarrollo, con simultánea producción de ramas laterales.

Las hojas superiores toman apariencia rugosa debida al mayor desarrollo del limbo con respecto a las nervaduras. Presenta clorosis en las márgenes y entre las nervaduras principales, las áreas afectadas finalmente se necrosan. Se detectaron niveles bajísimos de Ca (1.08%), elevados contenidos de K (2.25%) y N (1.90%).

- Deficiencia de S

El crecimiento de la plantas fue deficiente, la altura fue inferior a la plantas con tratamientos menos K y menos Mg, pero superior a los tratamientos menos N y menos P. Los síntomas aparecen rápidamente en las hojas superiores de la planta, las cuales son de menor tamaño y de color verde pálido inicialmente, tornándose cloróticas y presentando deformaciones. Las hojas inferiores mantuvieron su apariencia normal. Se detectaron niveles altos de nitrógeno (1.88%) y magnesio (0.28%). No se determinó el contenido de S en los tejidos.

Al cotejar los resultados encontrados por Avilan (1975) con los análisis de tejidos, en plantas de guanábano de diferente edad y procedencia, se observa mucha correspondencia entre los contenidos de nutrientes detectados por Avilan y los precisados por el autor, sin embargo, en las plantas (de cultivo) en ninguno de los casos se observaban síntomas de deficiencia de ningún elemento y no obstante, los resultados del análisis indicaban que se estaba ante una situación de deficiencia teórica. Algunos datos obtenidos por Zárate y Burgos (Comunicación personal), fueron: 2.44% de nitrógeno, 0.128% de fósforo, 0.740% de Potasio, 3.71 de calcio, 0.59% de magnesio y 1288.0 ppm de sodio.

Es normal encontrar árboles que no presentan

síntomas de deficiencia y sin embargo, al hacer el análisis de tejidos encontrar niveles de elementos que darían para pensar que se requiere su adición. Ensayos en desarrollo (Zárate, R. D. y Burgos G. 1992) permitirán confrontar este aspecto. No obstante, los ensayos previos realizados por estos mismos investigadores, mostraron que el guanábano es más fácil que muestre síntomas de toxicidad por exceso de algún elemento, interacción o antagonismo de los mismos que por deficiencias propiamente dichas.

Se considera que en el cultivo de guanábano, en lo que respecta a la fertilización, se deben precisar cuatro (4) etapas en las cuales se aplicarán determinadas cantidades de nutrientes. Estas etapas son de vivero, al momento del transplante, de desarrollo del árbol en el huerto y etapa productiva.

Para cada etapa se tiene una recomendación, la cual sin embargo, puede verse sujeta a modificaciones por razones o características específicas del sitio de siembra o el área donde se establece el cultivo. Según Morales y Cabal (1991) una de las alternativas es aplicar lo que ellos denominan "el compuesto", el cual está constituido por: 14.0% de nitrógeno, 8.0% de P_2O_5 , 19.0% de K_2O , 4.0% de CaO , 2.0% de Mg, 7.0% de S, 0.17% de Fe, 0.16% de Zn, 0.08% de Cu, 0.07% de B, 0.07% de Mn.

El CaO , Fe, Zn, Cu y Mn se expresan como quelatos.

Estos autores recomiendan aplicar de manera general 1.25 gramos del "el compuesto" por cada kilogramo de suelo, lo anterior llevaría a que por ejemplo 1 g/tonelada de suelo es una parte por millón.

Se hacen los respectivos cálculos, vr. gr., el caso de K_2O en "el compuesto" hay 0.24 g de K_2O o 0.20 g de k, lo que a su vez equivaldría a suministrar 200 g de K por una tonelada de suelo o sea 200 ppm de K_2O , a su vez 0.52 meq/100 gramos.

De acuerdo con lo anterior se tendría:

a. Etapas de vivero

Con base en la recomendación citada, se aplicarían 1.25 g de "el compuesto" por cada kilogramo de suelo seco que contenga la bolsa donde se encuentra la plántula o planta en crecimiento y formación. En general, se estima que el peso del suelo de una bolsa para guanábano está en el rango de 1 a 10 kg y con base en esto, los autores mencionados plantean lo siguiente:

Peso de la bolsa más suelo (kilos)	Cantidad de "el compuesto" por bolsa (g)	Frecuencia de aplicación
1.0	1.25	Mensual
2.0	2.50	Mensual
3.0	3.75	Mensual
4.0	5.00	Mensual
5.0	6.25	Mensual
6.0	7.50	Mensual
7.0	8.75	Mensual
8.0	10.00	Mensual
9.0	11.25	Mensual
10.0	12.50	Mensual

(Morales y Cabal, 1991)

También se puede calcular la dosis del "compuesto" con base en las dimensiones de la bolsa (ancho x largo) y la densidad promedio de la mezcla que se cumplen para llenar las bolsas (materia orgánica 30%, arena 30% y arcilla 40%), la cual está alrededor de 1.180 g/litro o mejor que 1.0 litro de capacidad pesa 1.180 gramos. Si nos atuviéramos a lo segundo, los 6.25 g de "el compuesto" que se aplican según el Cuadro anterior a una bolsa de 5.0 kg de peso, sería equivalente a aplicar 6.3 g de "el compuesto" a bolsas de 9 x 14 pulgadas con suelo de idénticas características.

b. Al momento del transplante

En esta etapa la dosificación del compuesto se hace con base en las dimensiones del hoyo o sitio donde se va a efectuar el transplante y el cálculo aproximado del peso del suelo que en el cabe. La aplicación del fertilizante debe reali-

zarse días antes mezclando el suelo con este. Esto asegurará una adecuada disponibilidad para la planta.

Con base en lo anterior, se ha elaborado el Cuadro que se relaciona a continuación:

Dimensión del hoyo (cm)	Cantidad del compuesto/hoyo (g)
20 x 20 x 20	15.0
30 x 30 x 30	45.0
40 x 40 x 40	100.0
50 x 50 x 50	200.0
60 x 60 x 60	350.0
70 x 70 x 70	600.0
80 x 80 x 80	850.0
90 x 90 x 90	1200.0
100 x 100 x 100	1650.0

(Morales y Cabal, 1991)

c. Etapa de desarrollo del árbol (en el campo)

La fertilización en esta etapa es de fundamental importancia ya que por ser una especie perenne, asegurar un buen desarrollo del árbol hasta llegar a la etapa de productividad, es vital no solo para la planta en sí, sino para los futuros ingresos del fruticultor.

La estrategia en esta etapa consiste en lograr ubicar en el sistema de raíces del árbol a medida que este se desarrolla, los nutrientes indispensables, en cantidades suficientes y además siempre estén disponibles para ser absorbidos y asimilados por la planta.

Las dosis del compuesto, como es lógico imaginar, deberán incrementarse a través del tiempo, ya que el sistema de raíces aumenta y se incrementa simultáneamente el área foliar, lo cual asegura mayor absorción y por lo tanto, son mayores los requerimientos nutricionales.

Por otra parte, en general en fruticultura, se debe considerar el volumen de las raíces y su ubicación o método de aplicación. De acuerdo

con varios autores e investigadores del campo de la fruticultura y lo planteado específicamente por Morales y Cabal (1991), el diámetro de la capa del árbol indica "la zona de raíces" de éste y por lo tanto el área en que están distribuidas éstas y donde se debe ubicar el fertilizante para que sea eficiente y convenientemente tomado por la planta. Esta aplicación es aceptada de manera general, sin embargo, no se puede desconocer que pueden presentarse modificaciones o ajustes a las dosis a recomendar, específicamente cuando la poda del árbol es una poda fuerte o periódica y la arquitectura externa es modificada substancialmente.

Así mismo, en guanábano y mango se presupone que la relación entre el diámetro de la copa y la profundidad de las raíces es de 2:1. Esto unido a que el diámetro de la copa es equivalente al diámetro de la zona de raíces, indica que la zona de raíces forma una especie de cono invertido y que con base en las medidas del diámetro de la copa y la profundidad de raíces se puede calcular aproximadamente el peso del volumen del suelo y por lo tanto calcular también la cantidad de "compuesto" o mezcla fertilizante que se debe aplicar (Cuadro 7).

Se ha planteado una fórmula para calcular los g/árbol o kg/ha de fertilizante que se debe aplicar, la cual se resume así:

FERTILIZANTE GUANABANO*

$$F = C - (A + R) \times E$$

- F = Fertilización (g/árbol o kg/ha)
- C = Consumo de nutrientes por el guanábano (g/árbol) o seg análisis de tejidos
- A = Aporte del suelo (Análisis de suelo)
- R = Aporte de los residuos
- E = Eficiencia de la fertilización

*(Según Morales y Cabal, 1991)

Ahora bien, en lo referente a recomendaciones para fertilizar el guanábano, existen otras fórmulas o alternativas, las cuales se han usado a través del tiempo y en diferentes regiones o

zonas de cultivo con resultados buenos, excelentes, contradictorios o insatisfactorios. Se han utilizado fórmulas como la de aplicar 300 kg/ha de abono 14-14-14, repartidos en 2-3 aplicaciones/año, alrededor del árbol a unos dos metros del tronco, en corona. Si los árboles están jóvenes se debe aplicar la dosis mínima (200 g/ha) la cual se incrementa a medida que el árbol crece. Otros agricultores y técnicos empleaban esta fórmula pero variaba la forma de aplicación, ya que en guanábano y en frutales en general, los fertilizantes se pueden aplicar en corona, en banda, en media luna, en hoyo, por fertigración, o por simple fertilización foliar, por aspersión o por inyección, especialmente cuando se trata de deficiencia de hierro.

El ICA también tiene sus recomendaciones sobre fertilización en guanábano dependiendo de la región. Estas aparecen consignadas en los Cuadros 8, 9 y 10. (Escobar, W. 1991. Comunicación personal).

Al compararlas con los resultados sobre extracción de nutrientes y las recomendaciones (Cuadro 11), se puede deducir que hay semejanza o similitud entre ellas.

Así mismo, se ha venido trabajando en aplicación de fertilizantes por vía foliar, en árboles de diferente edad, con distintas distancias de siembra, en monocultivo y en intercalamiento y en diferentes zonas (altura sobre el nivel del mar, precipitación, temperatura) para observar el comportamiento de los árboles. Hasta la presente y luego de dos años de evaluación después de iniciado el proceso productivo, se encuentra que el fertilizante FOLIAGRO (cuya composición aparece relacionada más adelante) ha mostrado respuestas bastante prometedoras, destacándose su efecto promotor de floración, el mayor cuajamiento, buen número de frutos/árbol, tamaño adecuado y calidad de la fruta, además combinado con la aspersión de fungicida parece se incrementa el grado de tolerancia a enfermedades como la Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) (Zárate, R. D.*), pero

* Comunicación personal

Cuadro 7

Relación entre el diámetro de la copa de árbol de guanábano *Annona muricata* L., la profundidad de las raíces y las dosis fertilizantes (Cantidad de "compuesto") que se debe indicar por árbol y por año

Diámetro de la copa (cm)	Profundidad de la raíz	Dosis de fertilizante ("Compuesto")/árbol/año (g)
50	25	40.0
100	50	286.0
150	70	775.0
200	100	1509.0
250	125	2487.0
300	150	3712.0
350	175	5179.0
400	200	6893.0

(Según Morales y Cabal, 1991)

Cuadro 8

Recomendaciones de aplicación de nitrógeno para el cultivo de guanábano (*Annona muricata* L.) (g/planta/años) para tres regiones de Colombia (ICA, Comunicación Personal).

Contenido de materia orgánica del suelo (%)	REGION					
	Valles interandinos			Costa y Llanos Orientales		
	Edad de los árboles (años)					
	3	3 - 6	6	3	3 - 6	6
	Dosis (g)					
Menos de 3	45-70	80-110	110-135	-	-	-
3 - 5	30-45	58-80	80-110	-	-	-
Mayor de 5	20-30	30-50	50-80	-	-	-
Menos de 2	-	-	-	50-80	90-120	120-140
2 - 3	-	-	-	30-50	60-90	90-120
Mayor de 3	-	-	-	20-30	30-60	60-90

* Investigación en desarrollo

Cuadro 9

Recomendaciones de aplicación de fósforo para el cultivo de guanábano (*Annona muricata* L.) (g/planta/años) para tres regiones de Colombia (ICA, Comunicación Personal)

		REGION					
		Valles interandinos			Costa y Llanos Orientales		
		Edad de los árboles (años)					
P ₂ O ₅	3	3-6	6	3	3-6	6	
	Dosis (g P ₂ O ₅)						
Menos de 2	45-60	60-100	180-240	-	-	-	
20 - 40	20-45	30-60	120-180	-	-	-	
Mayor de 40	0-20	0-30	60-120	-	-	-	
-							
Menos 15	-	-	-	60-80	75-130	240-360	
15-30	-	-	-	30-60	45-75	180-240	
Mayor de 30	-	-	-	0-30	0-45	90-180	

Cuadro 10

Recomendación de aplicación de Potasio para el cultivo de guanábano (*Annona muricata* L.) (g/planta/año) para las diferentes regiones productoras de Colombia (ICA, Comunicación Personal)

meq/100 g	Edad de los árboles (años)		
	3	3 - 6	6
	Dosis (g)*		
Menos de 0.20	40-60	60-90	90-50
0.20 - 0.40	20-40	40-60	60-90
Mayor de 0.40	0-20	0-40	0-60

Cuadro 11

Resumen sobre extracción-fertilización - producción en guanábano
(*Annona muricata* L.)

Extracción ^{3/} (kg)	Fertilización		Producción	
	kg/ha	g/árbol	Año	No. frutos
N 19.0	27.0	140.0 ^{2/}	3	5
K ₂ O 19.0	39.0	200.0	4	8
P ₂ O ₅ 8.0	38.0	200.0	5	12
Ca 6.0			6	16-20
Mg 0.91			7	30-80

1/ Para la producción de 6.,391 kg/ha (25.0 kg/árbol)

2/ Para una densidad de 196 árboles/ha (7x7 metros)

3/ Según Avilán, 1981

faltan más observaciones para lograr sacar conclusiones al respecto.

Composición química del Foliagrò*	
Elemento	g/litro
Nitrógeno	210.0
Fósforo asimilable	230.0
Potasio soluble	60.0
Calcio (CaO)	2.0
Magnesio (MgO)	0.6
Azufre	5.0
Zinc	5.0
Cobre	1.1
Manganeso	1.5
Molibdeno	0.12
Hierro	1.1
Boro	3.5

* Producto comercial de FERTIVALLE (Colombia) - Ginebra, Valle. (Fertilizante Foliar).

En general, la adición de materia orgánica al momento del trasplante al sitio definitivo más los fertilizantes adecuados según el análisis del suelo y los análisis de tejidos permiten lograr respuestas del árbol, muy interesantes y económicamente viables o aplicables.

Tal como ocurre con otros frutales, las características del suelo y el ambiente, influyen en la nutrición mineral de guanábano, razón de más para insistir en lo necesario que es considerar las condiciones edáficas y ambientales cuando de fertilizar esta importante especie frutícola se trata. En realidad la información disponible y las experiencias al respecto son muy pocas, sin embargo, se estima que en un comienzo el nitrógeno es importante para el desarrollo del árbol, pero una vez el árbol empieza a florecer y a fructificar los niveles de fósforo y potasio serán más elevados, lo que implicaría, incrementar las dosis a aplicar.

En general, se plantea que la fertilización va a depender del tipo de suelo, precipitación, tipo de material, distancia de siembra, edad del cultivo, tamaño del árbol y la producción que haya tenido en la cosecha anterior.

BIBLIOGRAFIA

1. AECIO DE CASTRO, F. *et al.* 1984. Características Físicas e Químicas da Graviola. *Pesq. Agropec., Bras., Brasilia.* V. 19 No. 3, p. 361-365.
2. ARANGO, T; F. 1975. La guanábana *Annona muricata* L. *Rev. Esso Agrícola (Colombia).* V. 21. No. 2, pp. 5-10.
3. AVILAN, R.; 1975. Efecto de la omisión de los macronutrientes en el desarrollo y composición química de la guanábana (*Annona muricata* L.), cultivada en soluciones nutritivas, *Agricultura Tropical. Venezuela.* V. 25. No. 1, pp. 73-79.
4. AVILAN, R. L. *et al.* 1980. Exportación de nutrientes por una cosecha de guanábana (*Annona muricata* L.), *Agricultura Tropical, Venezuela,* V. 31. No. 1-6. pp. 301-307.
5. CLARKSON, D. *et* ROBARDS, A. 1975. The endodermis, its structural development and physiological role, p. 415-435, in the development and function of roots. 3rd Cabot Symposium, 1 vol. Academic Press (s.p.).
6. ESCOBAR, T.; W. 1987. Aspectos generales sobre el guanábano *Annona muricata* L. Producción de frutales en el Valle del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y fomento del Valle-ASIAVA. Edit. Feriva, Cali pp 79-82.
7. JARAMILLO, G. O. 1991. Red de información andina para frutas y hortalizas. *Horticultura Moderna (Colombia).* V. 5. No. 13. pp. 3-4.
8. MALAVOLTA, E; VITTI, G. C. y DE OLIVEIRA, S. A. 1989. Avaliação do Estado nutricional das plantas: Princípios e Aplicações. Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato. Piracicaba. SP. 201 p.
9. MANUAL PRACTICO DE FRUTALES. 1976. Generalidades. Trabajos indispensables que se deben realizar en el huerto ya formado. Temas de orientación agropecuarias (Colombia). pp. 11, 12, 13.
10. MONOMEROS COLOMBO-VENEZOLANOS. 1991. Nitrato de potasio KNO₃ para la fertilización foliar de frutales. Santafé de Bogotá. Boletín divulgativo. 24 p.

11. MORALES H.; J. y CABAL N.; C. F. 1991. fertilización en frutales. 1er Curso Nacional de guanábano. (Memorias). pp. 126-140.
12. ORLAND *et al.* 1956. Uptake of magnesium by apple leaves. *Physiologia*, 9.
13. TROCME, S.; y R. GRASS. (1979) Suelo y fertilización en fruticultura. 2 . ed. Ediciones Mundi-prensa. Madrid. 388 p.
14. TUKEY, J. *et al.* 1962. The uptake and loss of materials by leaves. *Agrochimica*, 7.
15. WADLEIGH, G. 1957. Growth of plants. Soil, the 1957 Year of Agriculture. U. S. Dept. Agr. (s.p.).
16. ZARATE, R., R.D. 1989. Compendio de resúmenes analíticos sobre el cultivo del guanábano (*Annona muricata* L.) y anonáceas relacionadas. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira. 225 p.