



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS MONTECILLO

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

**FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y MINERAL DEL ZAPOTE
MAMEY [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. Moore & Stearn]**

GERARDO JIMÉNEZ FERNÁNDEZ

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

La presente tesis titulada: **Fertilización orgánica y mineral del zapote mamey** [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. Moore & Stearn], realizada por el alumno: **Gerardo Jiménez Fernández**, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA**

COSEJO PARTICULAR

Consejero

Dr. Angel Villegas Monter

Asesor

Dr. Prometeo Sánchez García

Asesor

Dr. Guillermo Calderón Zavala

AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México que a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) me brindó el apoyo económico para la realización de mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados y al programa en Fruticultura, por su contribución a mi formación académica, por las facilidades técnicas y económicas para la realización del presente trabajo.

A la Fundación Produce de Guerrero por el apoyo recibido a través del financiamiento de este trabajo de investigación.

Al Dr. Angel Villegas Monter, por su excelente labor como consejero y asesor, por sus conocimientos transmitidos y por sus acertadas sugerencias en la ejecución y revisión de este trabajo de investigación.

Al Dr. Prometeo Sánchez García, por su disposición a mis consultas y revisión acertada del trabajo de tesis.

Al Dr. Guillermo Calderón Zavala, por su valiosa participación en la revisión y corrección del presente trabajo.

Al personal del laboratorio de Nutrición Vegetal, en especial a Lupita Andrade por su apoyo en la realización de los análisis químicos de suelo, hojas y frutos.

Al Sr. Alfonso Pardo por las facilidades brindadas para el establecimiento y desarrollo del trabajo en campo.

DEDICATORIA

Con cariño para mis padres Cirilo Jiménez García y Maria Fernando de Jesús, quienes me han motivado para seguir estudiando y por el apoyo que siempre me han brindado.

A mis hermanos: Blanca Estela, Romualdo, Claudia, Juan Carlos, Griselda y Maribel. Gracias por su apoyo.

A mis sobrinos: Por el cariño que les tengo.

A los productores de mamey, en especial a los de la Cañada de Huamuxtitlán en el estado de Guerrero.

A mis compañeros y amigos: Santiago Garduño, Marcos Ventura, Dulce Parada, Francisco Caballero, Antonio Valenzuela, Martha Ibarra, Yuri.

CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	Vii
SUMMARY.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Origen y distribución del zapote mamey.....	4
2.1.2. Superficie de mamey cultivada a nivel nacional.....	4
2.2. Estado nutrimental.....	5
2.3. Funciones y concentración de macro y micronutrientos en hojas de frutales tropicales y subtropicales.....	6
2.3.1. Macronutrientos.....	6
2.3.1.1. Nitrógeno.....	6
2.3.1.2. Fósforo.....	8
2.3.1.3. Potasio.....	9
2.3.1.4. Calcio.....	10
2.3.1.5. Magnesio.....	11
2.3.1.6. Azufre.....	11
2.3.2. Micronutrientos	13
2.3.2.1. Manganeso.....	14
2.3.2.2. Hierro.....	14
2.3.2.3. Zinc.....	15
2.3.2.4. Cobre.....	16
2.3.2.5. Boro.....	16
2.4. Concentración y extracción de nutrientes por frutos de frutales tropicales y subtropicales.....	18

2.5. Sistema radical.....	20
2.6. Fertilizantes.....	21
2.6.1. Abonos orgánicos.....	22
2.6.1.1. Gallinaza.....	23
2.6.1.2. Vermicomposta.....	25
2.6.2. Químicos.....	26
2.6.2.1. Fuentes de fertilizantes químicos.....	27
2.7. El azufre como mejorador de suelos.....	29
2.7.1. Fuentes de azufre aplicadas al suelo.....	29
2.8. Diagnóstico nutrimental.....	30
2.8.1. Análisis de suelo.....	30
2.8.2. Análisis foliar.....	30
2.8.3. Método DOP (Desviación del óptimo porcentual) para la interpretación de los resultados del análisis vegetal.....	31
2.9. Conclusiones de la revisión de literatura.....	32
 III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	 34
3.1. Localización del experimento.....	34
3.2. Clima y suelo.....	34
3.3. Material vegetal y características de la huerta.....	34
3.3.1. Características de los árboles.....	35
3.4. Tratamientos y diseño experimental.....	35
3.4.1. Distribución de los tratamientos en campo.....	36
3.4.2. Aplicación de los tratamientos.....	37
3.5. Variables evaluadas.....	38
3.5.1. Características físicas y químicas del suelo	38
3.5.2. Concentración nutrimental en hojas.....	39
3.5.3. Concentración y extracción de N, P, K, Ca, Mg, Zn, B, Fe y Cu por la pulpa, cáscara y semilla del fruto de mamey.....	41
3.5.4. Diámetro del tronco.....	41

3.5.5. Longitud y densidad de raíces.....	42
3.6. Análisis estadístico.....	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
4.1. Características físicas y químicas del suelo.....	44
4.2. Etapas fenológicas del zapote mamey en Alpoyeca, Guerrero.....	47
4.3. Variables de nutrición.....	50
4.3.1. Concentración nutrimental en hojas.....	50
4.3.1.1. Macronutrientes.....	50
4.3.1.2. Micronutrientes.....	55
4.3.2. Interpretación de los resultados del análisis vegetal por el método DOP (Desviación del óptimo porcentual).....	57
4.3.3. Concentración y extracción de nutrientes por la pulpa, cáscara y semilla del fruto de mamey.....	59
4.4. Crecimiento del diámetro del tronco.....	63
4.5. Variables de raíz.....	64
4.5.1. Longitud de raíces.....	64
4.5.2. Densidad de raíces.....	67
V. CONCLUSIONES.....	71
VI. LITERATURA CONSULTADA.....	72
VII. APENDICE.....	83

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Principales estados productores de mamey en la República Mexicana.....	5
2	Niveles de abastecimiento nutrimental sugeridos por Embleton y Jones (1966) para determinar el estado nutrimental de árboles de aguacate.....	12
3	Concentración foliar de macronutrientos en mango sugeridos por Jones <i>et al.</i> (1991).....	13
4	Intervalos de concentración nutrimental foliar óptimos propuestos para cítricos.....	13
5	Niveles óptimos de micronutrientos sugeridos por Embleton y Jones (1966) para determinar el estado nutrimental de árboles de aguacate.....	17
6	Concentración foliar de micronutrientos en mango sugeridos por Jones <i>et al.</i> (1991).....	17
7	Intervalos de concentración de micronutrientos óptimos propuestos para cítricos.	17
8	Composición nutrimental de gallinaza y estiércol de vaca usada en Nayarit para la fertilización de aguacate.....	24
9	Contenido nutrimental de la vermicomposta.....	25
10	Fuentes de fertilizantes empleados en la fertilización química.....	27
11	Dosis de nitrógeno, fósforo y potasio recomendada por diferentes autores para el mango.....	28
12	Cantidad de fertilizantes aplicados por cada tratamiento.....	35
13	Distribución de los tratamientos y repeticiones en campo	36
14	Composición química de la gallinaza usada en el experimento.....	37
15	Composición química de la vermicomposta usada en el experimento.....	38
16	Características físicas y químicas del suelo en el sitio “La Huamuchilera” (noviembre de 2004).....	48

17	Características físicas y químicas del suelo en el sitio “La Huamuchilera” (mayo de 2006).....	48
18	Contenido de macronutrientos en hojas de mamey (noviembre de 2004).....	54
19	Contenido de macronutrientos en hojas de mamey (mayo de 2006)...	54
20	Contenido de micronutrientos en hojas de mamey (noviembre de 2004).....	56
21	Contenido de micronutrientos en hojas de mamey (mayo de 2006).....	57
22	Diagnóstico nutrimental por el método (DOP) en hojas de árboles de mamey en “La Huamuchilera” Alpoyecá, Guerrero.....	58
23	Concentración de macro y micronutrientos en la pulpa de frutos de mamey en madurez fisiológica.....	61
24	Concentración de macro y micronutrientos en cáscara y semilla de frutos de mamey en madurez fisiológica.....	61
25	Concentración y extracción total de de nutrientes por el fruto de mamey en madurez fisiológica.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Etapas fenológicas de los árboles de mamey usados en el experimento.....	49
2	Incremento del diámetro del tronco en los árboles de mamey.....	63
3	Longitud de raíz en árboles de mamey con diferentes tratamientos.....	65
4	Influencia de la orientación en la longitud de raíz en árboles de mamey.....	66
5	Longitud de raíz a tres distancias del tronco y dos orientaciones en árboles de mamey.....	66

6	Longitud de raíz a dos profundidades en árboles de mamey.....	67
7	Densidad de raíz en árboles de mamey con cinco tratamientos.....	68
8	Densidad de raíz en árboles de mamey en dos orientaciones.....	69
9	Densidad de raíz a tres distancias del tronco (m) en árboles de mamey.....	69
10	Densidad de raíz en árboles de mamey a dos profundidades (cm).....	70

RESUMEN

El objetivo de la investigación consistió en estudiar las características físicas y químicas del suelo cultivado con mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. Moore and Stearn], se evaluaron cinco tratamientos: vermicomposta 6.6 kg árbol⁻¹, gallinaza 5 kg árbol⁻¹, fertilizante químico (sulfato de amonio 1 kg árbol⁻¹, superfosfato de calcio triple 750 g árbol⁻¹, sulfato de potasio 400 g árbol⁻¹), Azufre 4 kg árbol⁻¹ y el testigo. Se hicieron cinco aplicaciones con cuatro repeticiones por tratamiento. Se determinó el estado nutrimental de los árboles, mediante el análisis foliar, extracción de macro y micronutrientes por los frutos y se estudió la distribución radical. El experimento se llevó a cabo en Alpoyecá, Guerrero, en árboles de 16 años. Los muestreos de suelo y foliar fueron: al inicio del experimento y 18 meses después de la primera aplicación de los tratamientos. EL análisis químico inicial del suelo muestra que éste tiene un pH de 7.7, conductividad eléctrica (C.E) de 0.41 dSm⁻¹ y materia orgánica de 2.95%. Los niveles de N, K, Mn, Fe y Cu son normales, P y Zn son bajos y Ca, Mg y S son altos. Al finalizar el experimento, el pH disminuyó ligeramente en todos los tratamientos, con la aplicación de azufre el efecto en la disminución del pH fue mayor y llegó a 6.70 a los 30 cm de profundidad, mientras que la C.E. aumentó ligeramente en las dos profundidades (0-30 y 30-60 cm). Los contenidos de M.O. fueron clasificados de bajos a medios. Los niveles de N se mantuvieron normales en ambas profundidades. Las concentraciones de P, K, Ca, Mg, S y Zn se consideraron altos, mientras que las de Mn, Fe y Cu disminuyeron, a excepción del tratamiento con S donde se incrementaron en la profundidad de 0-30 cm. La mayor longitud y densidad de raíces se tiene a 1 y 3 metros de distancia del tronco a la profundidad de 0-30 cm. Los macronutrientes encontrados en mayor concentración en hojas fueron Ca (20.17 mg g⁻¹), N (16.36 mg g⁻¹) y K (6.81 mg g⁻¹). La cáscara y semilla registraron mayores concentraciones de N, Ca, Mg, Mn, Fe y Zn superando estadísticamente a la pulpa. Los elementos que extraen en mayor proporción los frutos de mamey son: K (9.61 mg g⁻¹), N (6.55 mg g⁻¹) y Ca (1.24 mg g⁻¹).

Palabras clave: Sapotácea, fertilización, nutrición, abonos orgánicos.

SUMMARY

The objective of this investigation consisted of studying the physical and chemical characteristics of soil in which mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. Moore and Stearn], five treatments with four replications were evaluated: vermicompost (worm compost) 6.6 kg·tree⁻¹, hen manure 5 kg·tree⁻¹, chemical fertilizer (ammonium sulfate 1000 g·tree⁻¹, triple calcium super phosphate 750 g tree⁻¹, and potassium sulfate 400 g tree⁻¹), Sulfur 4 kg tree⁻¹ and the control with no application; five applications were made per treatments. Was determined the nutrition status and extraction of macro and micronutrients by fruits and studied the radical distribution of mamey trees. The experiment was carried out in Alpoyecá, Guerrero, using 20 16-year old trees. Soil and foliar samplings were conducted, first at the beginning of the experiment and, second, 18 months after the first application of treatments. In both dates, analyses of leaves and soil were conducted to determine foliar content and extraction by fruits of macro and micronutrients. The initial chemical analysis of soil indicated a pH = 7.7, electrical conductivity (CE) = 0.41 dS·m⁻¹, and 2.95 % of organic matter (O.M). The levels of N, K, Mn, Fe and Cu soil content were normal, P and Zn were low and Ca, Mg and S were considered high. At the end of the experiment (18 months later) pH diminished slightly in all the treatments, with the application of sulfur the effect in the diminution of pH was greater and arrived at 6.70 to the 30 cm of depth, whereas the CE slightly increased in the two depths studied, 0-30 and 30-60 cm. The O.M. content was classified from low to medium. Nitrogen content remained normal in both depths. Soil concentrations of P, K, Ca, Mg, S and Zn were considered high at the end, whereas those of Mn, Fe and Cu decreased, exception was made for treatment with S in which these nutrients increased in the stratum 0-30 cm deep. The greatest length and root density were observed in the first and third meters from the trunk, between 0 and 30 cm deep. The macronutrients more abundant in leaves were Ca (20.17 mg·g⁻¹), N (16.36 mg·g⁻¹) and K (6.81 mg·g⁻¹). The fruit skin and seeds showed greater concentrations of N, Ca, Mg, Mn, Fe and Zn surpassing statistically the fleshy tissue in fruit. The nutrients with highest extraction rates by mamey fruit are: K (9.61 mg·g⁻¹) followed by N (6.55 mg·g⁻¹) and Ca (1.24 mg·g⁻¹).

Key words: Sapotácea, fertilization, nutrition, organic fertilizers.

I. INTRODUCCIÓN

El zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. Moore and Stearn] es nativo del sureste de México y se distribuye en las zonas tropicales en pequeñas plantaciones, asociadas con otros cultivos o en forma silvestre (Pennington y Sarukhan, 1998). Se cultiva en 16 estados, entre los más importantes están: Yucatán, Guerrero, Chiapas, Michoacán y Tabasco (SAGARPA, 2005). Entre los problemas que presenta el cultivo de mamey a nivel nacional, destaca que la mayoría de las plantaciones son de pie franco, además que en muchos casos esta asociado con otros frutales como cítricos, plátano, tamarindo etc., lo que ocasiona que los rendimientos sean bajos, al igual que la calidad de la fruta. Esta situación también se presenta en Alpoyecá, Guerrero, donde además los suelos y el agua de riego son ligeramente alcalinos. Sumner (2000) menciona que el pH ligeramente alcalino del suelo, incide negativamente en la disponibilidad, acceso, absorción, transporte y asimilación de varios nutrimentos por los limoneros, ya que cuando esta especie crece en esta situación, muestra bajo rendimiento y mala calidad de fruta. Además, cabe indicar que en la cañada de Huamuxtitlán, donde se ubica el municipio de Alpoyecá, los árboles de mamey no se fertilizan y aplican cal, con lo cual incrementan la alcalinidad del suelo.

Por otra parte, las investigaciones realizadas en esta especie son limitadas, se desconocen aspectos fundamentales de la fenología de la especie y en consecuencia no se utilizan prácticas culturales que permitan mejorar la calidad y rendimiento del mamey. Entre las alternativas para incrementar el rendimiento, tomando en cuenta las experiencias de otros frutales tropicales (aguacate, mango y cítricos), está el empleo de plantas injertadas y el manejo del cultivo, donde el uso de fertilizantes y el conocimiento

de los requerimientos nutrimentales en las diferentes etapas fenológicas permitirán incrementar el rendimiento y calidad de la fruta. Se debe considerar que los requerimientos nutrimentales de los árboles frutales varían durante el desarrollo y dependen de la edad de la planta, estado fenológico y cultivar (Sánchez y Ramírez, 2000).

La aplicación de fertilizantes, tanto orgánicos como inorgánicos, se debe de realizar considerando las necesidades de la planta, las características físicas y químicas del suelo, las condiciones de cultivo y el comportamiento fenológico del árbol (Salazar, 2002). De acuerdo a lo indicado por Arredondo (1996), en México, en la mayoría de los cultivos la fertilización al suelo se concentra en aplicar fertilizantes químicos que contienen nitrógeno, fósforo y potasio, con menor uso de abonos orgánicos.

Los abonos orgánicos, se recomiendan para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Castellanos, 1982). La gallinaza destaca, en comparación con otros estiércoles, por su alto contenido de N, P y K (Cooke, 1975; Giardini *et al.* 1992). Otro abono orgánico que se ha usado como alternativa es la vermicomposta, debido a que es rico en nutrimentos fácilmente asimilables por las plantas y al aplicarse al suelo, ayuda a mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas (Edwards *et al.*, 1985). Se debe considerar que el contenido nutrimental de la vermicomposta varía dependiendo de la composición química de los residuos utilizados (Rodríguez *et al.*, 1992). Dado el potencial que tiene el mamey para Alpoyecá en el estado de Guerrero, en el 2004 se formó el Grupo Interdisciplinario de Investigación del Mamey (GIIM) integrado por productores, profesores investigadores y estudiantes del Colegio de Postgraduados, enfocado a incrementar la productividad, calidad y sanidad, del cultivo del mamey apoyado por la Fundación Produce del estado de Guerrero. Después de dos

años de trabajo se han logrado avances importantes sobre el manejo del agua de riego, control de plagas y enfermedades, manejo postcosecha; sin embargo, aun no se ha definido las dosis de fertilización y caracterización física y química de los suelos. Por lo tanto, tomando en consideración la alcalinidad del suelo y la optimización del uso de los fertilizantes, se plantearon los siguientes objetivos.

Objetivo general

Estudiar las principales características físicas y químicas del suelo en un huerto con abono orgánico e inorgánico y evaluar el estado nutrimental de los árboles de mamey en Alpoyeca, Guerrero.

Objetivos específicos

1. Evaluar el nivel de fertilidad del suelo cultivado con mamey en “La huamulchilera” Alpoyeca, Guerrero.
2. Establecer el estado nutrimental de los árboles de mamey mediante el análisis de tejido vegetal.
3. Determinar la concentración nutrimental de macro y micronutrientes en frutos de mamey de plantas tratadas con fertilizantes orgánicos y químicos.
4. Determinar el crecimiento del diámetro de tronco en árboles de mamey.
5. Estudiar la distribución horizontal y vertical, así como la longitud y densidad radical en árboles de zapote mamey de 16 años en Alpoyeca, Guerrero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen y distribución del zapote mamey

Mossler y Nesheim (2002) mencionan que el zapote mamey es nativo de México y centro América. Almeida y Martín (1979) consideran que el centro de origen son las tierras bajas de América central en donde se le ha encontrado prosperando de forma silvestre.

En la actualidad el mamey se ha distribuido en varios países como México, Guatemala, Honduras, Belice, El Salvador, Costa Rica, Nicaragua (Campbell *et al.*, 1997), es común encontrar pequeñas plantaciones en Cuba, Colombia, Ecuador, Jamaica, Filipinas, Estados Unidos y Venezuela (Manzano, 2001).

2.1.1. Superficie de mamey cultivada a nivel nacional

En México existen pocas huertas comerciales de mamey, esta situación se refleja en escasas estadísticas oficiales que hagan referencia a su distribución, superficie cultivada e importancia económica. Debido a que el mamey no es un frutal que se cultiva en huertos compactos es difícil la estimación precisa de la superficie plantada con esta especie; sin embargo, SAGARPA en el 2005 reportó un total de 1,338.20 ha cultivadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales estados productores de mamey en la Republica Mexicana.

Estados	Superficie cultivada (ha)
Yucatán	411.75
Guerrero	265.45
Chiapas	220.0
Michoacán	127.50
Tabasco	104.0
Otros	209.5
Total	1338.20

Fuente: SAGARPA, 2005.

2.2. Estado nutrimental

Cada uno de los elementos minerales puede ser un factor que limite la producción de semillas o frutos. Tal limitación existe debido a diversos factores, como: la disponibilidad del elemento en el suelo, su concentración y cantidad en la planta, la demanda específica del órgano en crecimiento por el elemento mineral y la tasa de crecimiento de la demanda.

Los requerimientos nutrimentales de los árboles frutales varían durante el desarrollo y dependen de la edad de la planta, estado fenológico y cultivar (Sánchez y Ramírez, 2000). Gutiérrez (1986) indicó que la tendencia general de las concentraciones foliares en aguacate está sujeta a la competición de la brotación de otoño con la floración; por lo que los nutrimentos, en lugar de acumularse en las hojas, se utilizan en el proceso de floración y amarre de fruto; esto podría estar sucediendo en otros frutales. El contenido nutrimental de N, P y K en las hojas de la mayoría de los árboles frutales disminuye con la edad de la planta u órgano vegetal, por lo que las hojas jóvenes muestran relativamente altos contenidos de N, P y K. Las plantas requieren de cierto nivel de cada nutrimento en sus tejidos, por lo que, los niveles críticos son diferentes para cada

especie y para cada órgano. Generalmente en las partes vegetativas como las hojas, tallos y raíces varía más la composición mineral que en los frutos (Mengel y Kirby, 1982).

2.3. Funciones y concentración de macro y micronutrientes en hojas de frutales tropicales y subtropicales

2.3.1. Macronutrientes

2.3.1.1. Nitrógeno

El nitrógeno (N) es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas; forma parte de los aminoácidos, proteínas, vitaminas, hormonas y pigmentos (Kass, 1996). También es parte estructural de las moléculas de clorofila y el contenido de ésta en las hojas, se encuentra relacionado directamente con el contenido de nitrógeno, hierro y magnesio (Pettersen *et al.*, 1993). En la naturaleza, el N del suelo es principalmente orgánico asociado estrechamente con la materia orgánica del suelo, y sólo una pequeña porción está presente en forma inorgánica. En condiciones normales, del 2-3% de nitrógeno orgánico es mineralizado y liberado en forma inorgánica al año.

El N es el elemento que con mayor frecuencia es deficiente en los cultivos, este es absorbido por las raíces en forma de NO_3^- y NH_4^+ , aunque normalmente lo hace mejor en forma de ion NO_3^- . En general las plantas contienen del 1 al 5 % de nitrógeno en peso seco (Marschner, 2002).

En frutales, la máxima absorción y consumo de N coincide con la floración y fecundación; la falta de este elemento acelera la madurez y provoca la caída prematura de las hojas (Guerrero, 1990). Se ha observado que el N prolonga el período de

receptividad del estigma en manzano (Williams, 1965); en peral y vid prolonga la viabilidad de los óvulos (Ewart y Kliewer, 1977).

Embleton *et al.* (1959) mencionan que debido a que los procesos de floración y desarrollo vegetativo en aguacatero se presentan simultáneamente en el árbol se tienen bajas concentraciones de N en las hojas durante esta etapa fenológica.

Es importante señalar que, en el caso de los cítricos, la cantidad de N absorbido se incrementa de manera continua y constante hasta el periodo de maduración, lo cual indica que este nutrimento es requerido durante todo el periodo de crecimiento del fruto (Cohen, 1976).

Avilan *et al.* (1978), al estudiar el estado nutrimental de 17 variedades de mango en Venezuela, encontraron que la concentración de N en las hojas de los árboles fertilizados, varió de 12 a 15.7 mg g⁻¹ en base a peso seco; en cambio, en los no fertilizados, fue de 6.9 mg g⁻¹. Mosqueda (1983) menciona que en Hawai se ha obtenido la concentración de 11.5 mg g⁻¹ de N en base a peso seco en hojas de mango; mientras que en Florida, fue de 18.2 mg g⁻¹. Por otra parte, Guzmán *et al.* (1997) estudiaron la concentración nutrimental de N en hojas de mango 'Manila' durante dos años, encontrándose en intervalo de suficiente a excesivo (14.3 a 19.3 mg g⁻¹).

Alcántar y Sandoval (1999) reportan que el contenido promedio de nitrógeno en hojas de aguacate es de 16 mg g⁻¹, mientras que Whiley (2002) reporta niveles no menores de 20 mg g⁻¹ en hojas del cv. Hass.

2.3.1.2. Fósforo

El fósforo (P) es importante en el metabolismo de los carbohidratos, grasas, proteínas y transporte de energía en la fotosíntesis, respiración y asimilación del N (Mengel y Kirkby, 1982), pero con frecuencia no se encuentra disponible en el suelo, especialmente donde existe alta concentración de CaCO_3 y pH alcalino. Participa en la formación de la estructura del árbol, iniciación floral, floración y el amarre de fruto; se requieren cantidades relativamente pequeñas, en comparación con el Nitrógeno y el Potasio. Es un elemento poco móvil en el suelo; en la planta el transporte ocurre a través de xilema en forma de H_2PO_4^- y su aprovechamiento por la planta depende mucho del pH del suelo; en suelos alcalinos (pH mayor de 7.5) es difícil que la planta lo absorba.

La cantidad total de P en la capa arable de los suelos varía alrededor de 0.01 a 0.15% y en las plantas desde 0.5 al 10 mg g^{-1} y tiende a concentrarse en los tejidos jóvenes con crecimiento activo y en las semillas de las plantas (Tisdale y Nelson, 1966; Epstein, 1972).

Avilan *et al.* (1978), al estudiar en Venezuela el estado nutrimental de 17 variedades de mango, encontraron que la concentración de P en hojas de árboles fertilizados, varío de 0.5 a 10 mg g^{-1} en base a peso seco. Castillo (1996) reporta valores promedio de 1.17 mg g^{-1} de P en hojas de aguacate del cultivar Colín V-33. Mosqueda (1983) señala que en Hawai han obtenido concentraciones óptimas en hojas de mango de 1.28 mg g^{-1} de P en base a peso seco.

2.3.1.3. Potasio

El potasio (K) es un elemento importante, ya que participa en los procesos de apertura y cierre de estomas, también es activador de enzimas y ayuda a mantener el equilibrio iónico (Westwood, 1982). Se requiere para la acumulación y translocación de los carbohidratos recientemente elaborados y se absorbe en forma de K^+ , tanto vía radical como foliar y es transportado vía xilema hacia el vástago. Existe en las plantas en forma de sales solubles orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en la savia. Es esencial para el buen desarrollo de las plantas, debido a que participa en la fotosíntesis, respiración, la producción de carbohidratos, la formación de celulosa y la síntesis de proteínas (Tisdale y Nelson, 1966).

En cítricos, el K, al igual que el Nitrógeno, se incrementa de manera continua y constante hasta el periodo de maduración, lo cual indica que se requiere durante todo el periodo de crecimiento del fruto (Cohen, 1976).

Kumar y Nauriyal (1977), en hojas de mango cv Haden, de 5 meses, encontraron que a concentraciones de 6.8 mg g^{-1} de N, 0.3 mg g^{-1} P y 2.4 mg g^{-1} de K se presentan deficiencias.

Young y Koo (1971) al estudiar la variación nutrimental en los mangos 'Tommy Atking', 'Kent' y 'Keitt', en cuatro tipos de suelo y en hojas de tres edades, encontraron que la concentración de K con base en peso seco, fue de 9.3 y 9.7 mg g^{-1} . Avilan y Figueroa (1977) reportan valores alrededor de 4 mg g^{-1} de K en hojas de las variedades de mango Kent, Smith y Hill. Mientras que Wolfe *et al.* (1969) establecen que, el nivel adecuado de K en mango es de 10 a 12 mg g^{-1} ; mientras que, Mosqueda (1983) menciona que en Hawai se ha obtenido una concentración de 5 mg g^{-1} .

2.3.1.4. Calcio

El calcio (Ca) es el elemento de unión de los pectatos de la lámina media de la pared celular, necesario en reacciones enzimáticas, controla el equilibrio de aniones y cationes en la planta y cumple un papel muy importante en la estabilización de las membranas celulares y proteínas (Westwood, 1982). Se encuentra involucrado en los procesos de elongación celular, desarrollo del tejido meristemático y síntesis de las proteínas (Salisbury y Roos, 1994).

Las plantas absorben el Ca en la forma iónica Ca^{2+} . La concentración del Ca en la mayoría de las plantas está aproximadamente entre 0.2% a 4%.

Bower (1985) encontró en Sudáfrica que los frutos de aguacate 'Fuerte' con bajo contenido de calcio presentaron mayor susceptibilidad a desórdenes fisiológicos. Mientras que el incremento en la concentración de Ca se ha correlacionado con menor presencia de daños por frío, pulpa gris, mancha de la pulpa y oscurecimiento de haces vasculares (Vorster y Bezuidenhout, 1988; Cutting y Bower, 1992).

El Ca es poco móvil, por lo que es necesario desarrollar métodos de aspersiones foliares para incrementar su penetración en las hojas y su posterior translocación hacia el fruto (Ginsberg, 1985). Es absorbido por las raíces y distribuido al resto de la planta principalmente a través del xilema. Los factores que afectan la acumulación de Ca en el fruto son la concentración en el suelo, los otros cationes (porque compiten con el calcio para ser absorbidos por las raíces), el vigor del crecimiento vegetativo del árbol, el manejo del agua y posiblemente el portainjerto (Witney *et al.*, 1990).

Young y Koo (1969) indican que el intervalo deseable de Ca en las hojas de variedades comerciales de mango, es de 20 a 25 mg g^{-1} en suelos ácidos y de 30 a 50 mg g^{-1} en suelos alcalinos. Mientras que Castillo (1996) reporta que el contenido nutrimental en valores promedio de las hojas de aguacate cultivar Colín V-33 es de 17.4 mg g^{-1} .

2.3.1.5. Magnesio

El magnesio (Mg) es fundamental en la transferencia de energía en la planta y además es un componente de la molécula de clorofila, actúa en varios procesos enzimáticos y también constituye parte de los pectatos de la pared celular (Westwood, 1982). Juega un papel específico en el proceso de activación de numerosos sistemas enzimáticos, los que involucran el metabolismo del nitrógeno. Está asociado con la absorción y transporte del P por la planta (Esptein, 1972).

El Mg, después del calcio, es el catión intercambiable más abundante en la mayoría de los suelos. Este elemento ocupa alrededor de 2.7% de la corteza terrestre y se encuentra en minerales tales como anfíboles, biotita, dolomita, motmorillonita, piroxenos y vermiculita.

La absorción del magnesio por la planta se hace en la forma iónica Mg^{2+} . La mayoría de las plantas contienen 0.1 a 2.0 $mg\ g^{-1}$ de Mg.

Young y Koo (1969) mencionan que el intervalo deseable del contenido de Mg es de 1.5 a 4.0 $mg\ g^{-1}$ con base en peso seco. Wolfe *et al.* (1969) establecen de acuerdo a algunas experiencias, que, el nivel adecuado de Mg para el mango, es de 3 $mg\ g^{-1}$ en hojas de 6 meses.

2.3.1.6. Azufre

El azufre (S) forma parte de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina, así como de la coenzima A. Además, el S es constituyente de los glucósidos, que imparten olores característicos a algunas plantas. El S participa como regulador de muchos sistemas enzimáticos (Tisdale y Nelson, 1966; Salisbury y Roos, 1994; Epstein, 1972). Es abundante en el suelo y en lugares cercanos a zonas industriales, puede provenir de la atmósfera en forma de rocío o lluvia en cantidades de hasta 454 g de S por cada 25 mm

de lluvia. La planta absorbe la mayor parte del S en forma de sulfatos (SO_4^{2-}) a través de la raíz, pero simultáneamente está capacitada para tomar SO^2 a través de las hojas.

En el suelo, el S se encuentra en forma orgánica e inorgánica. Sin embargo, la mayor parte está en forma de minerales insolubles como piritita (FeS), la escalerita (ZnS), la calcopiritita (CuFeS) y el yeso (CaSO_4) que fácilmente se oxidan a sulfatos. La solubilidad de los compuestos de S es lo suficientemente alta como para suministrar los nutrientes a los cultivos en todo rango de pH del suelo. Sin embargo, el problema del S va unido al del N, ya que, si se halla en forma orgánica, debe ser mineralizado y el proceso de mineralización es mayor en la zona neutra y al principio de la zona alcalina. La cantidad de S suele ser menor en pH bajos que corresponden a suelos muy lavados (Gil, 1995). La cantidad de azufre total en material vegetal varía generalmente de 1.5 a 5 mg g^{-1} (Alcantar *et al.*, 1999).

De acuerdo a diversos autores, las concentraciones óptimas de macronutrientes en plantas de aguacate, mango y cítricos se presentan en los Cuadros 2, 3 y 4.

Cuadro 2. Niveles de abastecimiento nutrimental sugeridos por Embleton y Jones (1966) para determinar el estado nutrimental de árboles de aguacate.

Nutrientes	Deficiente	Niveles adecuados	Exceso
	----- mg g^{-1} -----		
N	<16	16-20	>20
P	<0.5	0.8-2.5	>3
K	<3.5	7.5-20	>30
Ca	<5	10-30	>40
Mg	<1.5	2.5-8.0	>10
S	<0.5	2.0-6.0	>10

Cuadro 3. Concentración foliar de macronutrientes en mango sugeridos por Jones *et al.* (1991).

Nutrientes	Bajo	Suficiente	Exceso
	-----mg g ⁻¹ -----		
N	7.0-9.9	10.1-15.0	>15
P	0.5-0.7	0.8-2.5	>2.5
K	2.5-3.9	4-9	>9
Ca	10.0-19.9	20-50	>50
Mg	1.5-1.9	2-5	>5

Cuadro 4. Intervalos de concentración foliar óptimos propuestos para cítricos.

Autores	N	P	K	Ca	Mg
	-----mg g ⁻¹ -----				
Embleton <i>et al.</i> (1973)	24-26	1.2-1.6	7.0-10.9	30-55	2.6-6.0
Neto <i>et al.</i> (1988)	23-27	1.2-1.6	12-17	30-45	2.0-3.9
Malavolta <i>et al.</i> (1989)	25-27	1.2-1.6	12-17	30-49	3.0-5.0

2.3.2. Micronutrientes

Los micronutrientes, aunque se encuentran en menor cantidad, son fundamentales en el metabolismo vegetal y le confieren mayor calidad al fruto en la cosecha. Juegan un papel en la planta son, en efecto, parte constitutiva de las enzimas, que dirigen la síntesis de las materias orgánicas, o bien activadores enzimáticos, que pueden ser parcialmente reemplazados en su actividad por otros iones metálicos (Gross, 1992).

2.3.2.1. Manganeso

El manganeso (Mn) es esencial en la respiración y fotosíntesis, tiene una función estructural en el sistema de membranas del cloroplasto, participa en la disociación fotosintética de la molécula del agua; el ion Mn^{2+} también activa numerosas enzimas (Salisbury y Ross, 1994). En reacciones de la respiración, el Mn puede ser reemplazado por otros cationes divalentes como Mg^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} y Fe^{2+} , siendo el Mg^{2+} el sustituto universal.

El Mn es un activador de la nitritoreductasa y de la hidroxilaminoreductasa, por lo que las células deficientes dependen más del amonio como fuente de nitrógeno (Gil, 1995). Es absorbido y translocado principalmente como catión divalente (Mn^{2+}) vía xilema a la parte aérea. A mayor temperatura se incrementan las concentraciones de Mn en las hojas de cítricos. Sin embargo, altos contenidos de este nutrimento pueden causar deficiencias de Fe, Ca y Mg (Marschner, 1995).

2.3.2.2. Hierro

El hierro (Fe) es un componente importante de las enzimas involucradas en la transferencia de electrones (reacciones redox) como citocromos. También, es componente de proteínas involucradas en la fotosíntesis, fijación de nitrógeno y respiración (Taiz y Zeiger, 1991). Por lo general, el suelo está bien provisto de este elemento y las cantidades que absorben las plantas son pequeñas, del orden de 1 a 2 $kg\ ha^{-1}$, es absorbido en forma de Fe^{2+} principalmente.

Las deficiencias de Fe son comunes en árboles frutales que se desarrollan en suelos con alto contenido de carbonatos de calcio (Esptein, 1972; Ryugo, 1993). En suelos calcimórficos, el Fe no es fácilmente aprovechable por las plantas ya que, según

Loeppert *et al.* (1984), se precipita como ferrinidrita [$\text{Fe}(\text{OH})_3$] y goetita (FeOOH), lo cual explica su disminución al incrementarse la concentración de CaCO_3 y el pH.

2.3.2.3. Zinc

El zinc (Zn) interviene en la fosforilación de la glucosa, síntesis del ácido indolacético y triptofano (Westwood, 1982). Es absorbido por las plantas principalmente como Zn^{2+} y participa como catalizador y regulador del metabolismo vegetal, en la formación de las auxinas de crecimiento, en maíz, la carencia de este elemento presenta acortamiento de entrenudos (Gros, 1992).

En amarre de frutos se ha observado que el Zn puede estar relacionado con el número de semillas y frutos por planta en diversas especies (Marschner, 1995).

Existe una relación negativa del Zn con respecto al pH, esto se explica en función de que en los suelos calcimórficos, el Zn^{2+} se precipita y forma compuestos insolubles, lo cual disminuye la forma aprovechable en el suelo (Tisdale *et al.*, 1993). Según Lindsay (1979), la solubilidad del Zn decrece 100 veces por cada unidad de incremento del pH.

Aguilar *et al.* (1997) indicaron que en aguacate el método de aplicación al suelo con quelato de Zn (EDTA-Zn) (450 y 900 g árbol⁻¹) incrementó substancialmente la producción. Las aplicaciones foliares de Zn en naranjo y toronja presentan efectos benéficos en las correcciones de los síntomas de deficiencias de Zn, elevando la concentración al intervalo óptimo (Swietlik y Laduke, 1991). Los niveles altos de Zn estimulan el crecimiento de raíces y reducen la absorción de Ca, porque compiten por los sitios de absorción (Chapman, 1968).

2.3.2.4. Cobre

El cobre (Cu) es un componente de proteínas azules (plastocianina, fenolasas, ascorbicooxidasa y citocromooxidasa), siendo su función fundamental en estas y otras enzimas. Es absorbido por la planta como Cu^{2+} y la mayor parte de este elemento se halla en los cloroplastos, dada la existencia de plastocianina que comprende alrededor del 50%, transportador electrónico de la fotosíntesis y de las fenolasas cloroplásticas. La mayor parte del Cu de las rocas primarias se encuentra en forma de calcopirita (CuFeS_2) que probablemente es el origen de los depósitos naturales de sulfuros de Cu. Este metal se libera gradualmente de ambas fuentes pero nunca suele ser abundante en la solución del suelo (Gil, 1995).

2.3.2.5. Boro

El boro (B) es esencial para la germinación del polen y para el crecimiento del tubo polínico a través del estigma, estilo y ovario (Lovatt, 1993); también incrementa la división celular y síntesis de ácidos nucleicos en el fruto en desarrollo, lo cual aumenta su posibilidad de retención en el árbol, es uno de los elementos minerales que más se ha estudiado en relación con el proceso de amarre de frutos, su deficiencia en el árbol puede conducir a la caída de flores (Faust, 1989). Es un elemento móvil en el suelo y puede ser aplicado vía suelo. Sin embargo, las aplicaciones foliares pueden llevar el B a los tejidos más rápido y en forma más segura, evitando problemas de toxicidad (Sánchez *et al.*, 1995). Sotomayor *et al.* (1998), comprobaron, en estudios realizados en almendros, que las aplicaciones foliares de B aumentaban el porcentaje de amarre de frutos cuando estas se realizaban después de la cosecha.

De acuerdo a diversos autores las concentraciones óptimas de micronutrientes en plantas de aguacate, mango y cítricos se presentan en los Cuadros 5, 6 y 7.

Cuadro 5. Niveles óptimos de micronutrientes sugeridos por Embleton y Jones (1966) para determinar el estado nutricional de árboles de aguacate.

Nutrientes	Deficiente	Niveles adecuados	Exceso
	Menos de		
-----mg kg ⁻¹ -----			
B	10-20	50-100	>100-200
Fe	20-40	50-200	-
Mn	10-15	30-500	>1000
Zn	10-20	30-150	>300
Cu	2-3	5-15	>25

Cuadro 6. Concentración foliar de micronutrientes en mango sugeridos por Jones *et al.* (1991).

Nutrientes	Bajo	Suficiente	Exceso
	-----mg kg ⁻¹ -----		
B	20-24	25-150	>150
Fe	25-49	50-250	>250
Mn	25-49	50-250	>250
Zn	15-18	20-200	>200
Cu	5-6	7-50	>50

Cuadro 7. Intervalos de micronutrientes óptimos propuestos para cítricos.

Autores	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	-----mg kg ⁻¹ -----				
Embleton <i>et al.</i> (1973)	60-120	25-200	25-120	5-16	31-100
Neto <i>et al.</i> (1988)	50-120	25-49	25-49	5.0-12.9	36-100
Malavolta <i>et al.</i> (1989)	60-120	25-100	25-100	5-16	36-100

2.4. Concentración y extracción de nutrimentos por frutos de frutales tropicales y subtropicales

Para calcular la cantidad de nutrimentos que deben aplicarse a los huertos, ya sea en forma orgánica o inorgánica, es necesario conocer la cantidad de nutrimentos extraídos por los frutos, ya que estos nutrimentos son retirados definitivamente del suelo. La cantidad de nutrimentos extraídos por los frutos puede ser distinta entre cultivares, aunque también es frecuente encontrar diferencias dentro de un mismo cultivar. Algunas razones que explican este comportamiento son: a) edad del árbol, b) desarrollo del fruto, c) manejo del huerto, d) disponibilidad de nutrientes en el suelo, e) habilidad de los portainjertos para absorber los nutrimentos del suelo y translocarlos a la parte aérea, y f) metodología y procedimientos analíticos usados (Salazar, 2002).

Laborem *et al.* (1979) en un estudio efectuado en 16 variedades de mango en Venezuela, encontraron que los frutos cosechados registraron las concentraciones siguientes con base en el peso seco: de 11 a 35 mg g⁻¹ de N, 1 a 6 mg g⁻¹ de P, 20 a 35 mg g⁻¹ de K, 16 a 29 mg g⁻¹ de Ca, 8 a 17 mg g⁻¹ de Mg, 14 a 346 mg kg⁻¹ de Mn, 27 a 87 mg kg⁻¹ de B, 67 a 128 mg kg⁻¹ de Zn, 64 a 143 mg kg⁻¹ de Cu y de 131 a 398 mg kg⁻¹ de Fe. Si se considera una producción promedio de 15.9 t ha⁻¹ de fruta fresca cosechada extrae 104 kg ha⁻¹ de N, 12 de kg ha⁻¹ P, 99 kg ha⁻¹ de K, 88 kg ha⁻¹ de Ca, 47 kg ha⁻¹ de Mg, 0.871 kg ha⁻¹ de Mn, 0.174 kg ha⁻¹ de B, 0.375 kg ha⁻¹ de Zn, 0.435 kg ha⁻¹ de Cu y 0.956 kg ha⁻¹ de Fe y el orden de magnitud en la extracción fue: N>K>Ca>Mg>P>Fe>Mn>Cu>Zn>B.

Guzmán *et al.* (1997) observaron que en frutos maduros de mango 'Manila', la extracción de nutrimentos por fruto fue de: 529.5 mg g⁻¹ de K, 348.6 mg g⁻¹ de N, 69.9 mg Ca, Mg 47.8 mg g⁻¹, P 42.1 mg g⁻¹, Fe 1.5 mg g⁻¹, Zn 0.6 mg g⁻¹, 0.4 mg g⁻¹ de Cu y 0.1mg g⁻¹ de Mn.

Avilan (1983) al estudiar la forma de estimar la extracción de nutrientes por una cosecha de mango, de 14 variedades en producción plena, analizó los constituyentes de la cáscara, pulpa, testa y almendra y encontró en la materia seca de los frutos: N 5.7 mg g^{-1} , K 6.0 mg g^{-1} , elementos que se presentan en mayor concentración. Para los demás nutrimentos seguidos en orden decreciente Ca 5.1 mg g^{-1} , Mg 2.8 mg g^{-1} , P 0.77 mg g^{-1} . Entre los micronutrimentos, el Fe 57 mg kg^{-1} presentó el mayor nivel, seguido por Mn 51 mg kg^{-1} , Cu 25 mg kg^{-1} , Zn 20 mg kg^{-1} y B 9 mg kg^{-1} .

Salazar (2002) menciona que una cosecha de 20 t de aguacate Hass remueve 52 kg de N, 21 kg de P y 94 kg de K.

Avilan *et al.* (1983) al analizar frutos maduros de nueve variedades de mango en plena producción encontraron que una producción promedio de 14,386 kg de frutos frescos por ha extraen aproximadamente 40 kg ha^{-1} de N, 25 kg ha^{-1} de P, 60 kg ha^{-1} de K, 11.2 kg ha^{-1} de Ca y 9.2 kg ha^{-1} de Mg. Se estima que los nutrientes en el fruto son un tercio o más de las necesidades totales de la planta (Nadir, 1972).

Avilan *et al.* (1980a) mencionan que el chicozapote (*Manilkara zapota*) requiere de 1.16 kg de N, 1.69 kg de K, 1.12 kg de calcio, 0.17 kg de P y 0.14 kg de Mg para producir una tonelada de frutos frescos.

Maldonado *et al.* (2001) determinaron la extracción nutrimental por los frutos de limón mexicano por tonelada de fruta fresca, 1.86 kg t^{-1} de K que fue el macronutriente que más se extrajo, seguido por N 1.86 kg t^{-1} , Ca 1.16 kg t^{-1} , P 0.66 kg t^{-1} y Mg 0.16 kg t^{-1} . De los micronutrimentos se extrajo en mayor medida Fe 3.41 g t^{-1} seguido de B 3.30 g t^{-1} , Zn 1.74 g t^{-1} , Cu 1.44 g t^{-1} y Mn 1.31 g t^{-1} . Koo (1984) indicó que K es el más abundante de los nutrimentos en el jugo de los cítricos, ya que tiene relación con el grado de acidez, la concentración de vitamina C y el tamaño del fruto.

Avilan *et al.* (1980b) reportan la extracción de nutrientes por una cosecha de guanábana (*Annona muricata*. L.), de clones introducidos en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), conformada por árboles en plena producción de 6 a 8 años, en óptimas condiciones fitosanitarias. Con producción promedio de 6,371 kg ha⁻¹ de los frutos extraen aproximadamente 19 kg de N, 19 kg de K, 8 kg de P, 6 kg de Ca y 0.9 kg de Mg.

2.5. Sistema radical

La raíz es responsable de la absorción y transporte de agua y nutrimentos, sintetiza y transporta reguladores y otros compuestos orgánicos y es donde más carbohidratos se almacenan (Miller, 1986). Su capacidad para realizar estas actividades, depende directamente de la ramificación y penetración, que son las características morfológicas más importantes que permiten a la planta soportar déficits de humedad (Russell, 1977). El grado de desarrollo de la raíz condiciona la tasa de absorción de agua por la planta, lo cual a su vez afecta importantes procesos fisiológicos como la fotosíntesis, respiración, elongación celular y otras actividades metabólicas (Slatyer, 1967).

Las raíces de los frutales se extienden en forma más o menos radial y en extensión variable, dependiendo del sistema de plantación, del portainjerto y del sistema de riego empleado (Atkinson y Wilson, 1980). Así la cantidad de raíces es mayor donde se encuentra la capa más fértil (Williams y Smith, 1991). Entre los factores que afectan el desarrollo del sistema radical en los frutales se mencionan como importantes el riego, la nutrición y el manejo del suelo (Soane *et al.*, 1981).

Se han descrito muchos métodos para estudiar el grado de desarrollo y distribución de las raíces de las plantas. De Roo (1969) usó agujas para fijar las raíces en un corte realizado en el suelo, luego practicó un lavado e hizo el conteo de las mismas. Hidalgo

y Candela (1969) mediante excavaciones, usaron el método de las coordenadas, determinando la trayectoria de las raíces de plantas de vid, así como su peso en tres dimensiones.

Los estudios del sistema radical del mango en condiciones tropicales indican, en términos generales, que con excepción de aquellos suelos que presentan limitaciones o impedimentos físico-químicos a la penetración de las raíces, que la mayor concentración de raíces activas inferiores a 1 mm de diámetro se sitúan a 1.5 m del tallo en los suelos de textura gruesa a media y en los de textura fina a 2.5 m. En sentido vertical alcanzan más de 1.2 m de profundidad (Avilan y Meneses, 1979).

2.6. Fertilizantes

Los fertilizantes son aquellos productos que se utilizan directa o indirectamente para nutrir a las plantas con el objetivo de favorecer su crecimiento, aumentar su producción, así como mejorar la calidad comercial y nutritiva de los frutos, los materiales usados como fertilizantes son muchos, su composición y procedencia diversa, con múltiples modalidades de aplicación. Los fertilizantes se clasifican en orgánicos e inorgánicos; los orgánicos no necesitan transformación química, o esta es muy ligera; mientras que los fertilizantes inorgánicos se obtienen por transformación química (Hochmuth, 2003).

En la actualidad, se usan diversos fertilizantes para suministrar los nutrimentos necesarios a la mayoría de los cultivos. Todavía existe confusión respecto a que si la fertilización inorgánica, basada en fertilizantes producidos sintéticamente, es mejor que la orgánica. Sin embargo, los nutrimentos siempre son absorbidos por las raíces de las plantas en las mismas formas iónicas, independientemente de si provienen de fuentes orgánicas o inorgánicas. Por otra parte, después de que los iones han sido absorbidos

por las raíces, las rutas y procesos metabólicos son los mismos, no siendo posible distinguir la fuente que aportó los nutrimentos (Salazar, 2002).

El objetivo fundamental de la fertilización debe ser el de evitar desequilibrios nutrimentales para lograr y mantener la máxima productividad del huerto, sin deterioro del ambiente (Salazar, 2002).

2.6.1. Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia en la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero *et al.*, 2000). Entre los abonos orgánicos se incluyen los estiércoles, las compostas, vermicompostas, abonos verdes, residuos de las cosechas y orgánicos industriales. Los abonos orgánicos mejoran la estructura del suelo; con ello, se aumenta la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Castellanos, 1982). Además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece ventajas en comparación con los fertilizantes químicos (Castellanos, 1980). En general, los estiércoles son una fuente importante de nutrimentos para los cultivos (Maraikar y Amarasiri, 1989).

En México existen pocas experiencias en relación al manejo orgánico en frutales (Ibarra, *et al.*, 1995), siendo éstas de manera aislada, por lo que aún no ha alcanzado el grado de representatividad que han logrado los productores de hortalizas en Sinaloa (Bernal y Urias, 1991) y de café en el Valle de Soconusco en Chiapas (Carranza y Toyas, 1994).

Es importante señalar que en huertos convencionales donde se introduce manejo de fertilizantes orgánicos, los resultados principalmente en concentración nutrimental,

crecimiento, producción y calidad están sujetos a un periodo prolongado. Por ejemplo, la composición nutrimental en hojas y el rendimiento en macadamia fue similar en árboles fertilizados con 80 kg de N (urea) y 120 kg de K (muriato de potasio) a árboles fertilizados con 10, 000 kg ha⁻¹ año⁻¹ de composta durante cuatro años (Bittenbender *et al.*, 1998).

2.6.1.1. Gallinaza

La gallinaza destaca, en comparación con otros estiércoles, por el alto contenido de N, P y K; según Cooke (1975) y *Giardini et al.* (1992), cuando se aplica en altas dosis, tiene propiedades intermedias con respecto a los fertilizantes inorgánicos y el estiércol de bovino, asegurándose un apreciable efecto residual. El análisis químico indica que con excepción de K, Mg, Mn y Cu, la gallinaza tiene mayor contenido de nutrimentos que el estiércol de vaca (Cuadro 8).

Trejo (1972) al analizar la gallinaza encontró que contenía 3.4% de materia orgánica (M.O), 0.6% de P, 2.30% de K, 12.50 % Ca, 4.35% Mg.

Cuadro 8. Composición nutrimental de gallinaza y estiércol de vaca, usado en Nayarit para la fertilización de aguacate.

Característica	Gallinaza	Estiércol de vaca
pH	7	6.9
Nt (%)	3.5	1.6
M.O (%)	78	71.8
C.E. (dSm ⁻¹)	2.8	3.3
	-----mg kg ⁻¹ -----	
P	929.2	596.4
K	398	1240
Ca	837.8	234.2
Mg	213.8	332
S	3140	44
Fe	23.6	6.6
Cu	0.22	0.4
Zn	2.7	0.7
Mn	2.48	4.0
B	12.94	0.6

Fuente: Salazar, 2002.

Aguilar *et al.* (1997) evaluaron durante tres años, el efecto de la fertilización anual con gallinaza, N y P en un suelo andosol sobre el crecimiento, producción y estado nutrimental del aguacate 'Fuerte', tanto la fertilización con gallinaza (34 kg árbol⁻¹año⁻¹) sola o combinada con N, como la aplicación conjunta de N y P incrementaron el rendimiento; también se encontró que la aplicación de P mejoró el nivel de Ca y Mg en las hojas.

2.6.1.2. Vermicomposta

La vermicomposta es el producto de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica al pasar a través del tracto digestivo de las lombrices; al utilizar este biofertilizante, puede reducirse el uso de fertilizantes químicos. Las lombrices pueden utilizar como materia prima el estiércol bovino, ovino, de pollo y desechos agrícolas. Rodríguez *et al.* (1992), Jara (2001) y Díaz (1998) realizaron análisis nutrimental de vermicomposta (Cuadro 9).

Cuadro 9. Contenido nutrimental de vermicomposta.

Determinación	Rodríguez <i>et al.</i> (1992)	Jara (2001)	Díaz (1998)
	-----Valor-----		
pH	7.2	-	7.67
M.O. (%)	56.4	-	24.20
N (%)	3.8	1.69	1.40
	-----mg g ⁻¹ -----		
P	2.5	2.3	12
K	1.6	7.3	6.7
Ca	6.4	22	30
Mg	2.08	8	9.8
	-----mg kg ⁻¹ -----		
Fe	100	5550	14243
Mn	50	155	520
Zn	140	3450	291
Cu	110	12	85

El uso de la vermicomposta se ha incrementado, debido a sus características físicas, químicas y biológicas. Dichas características influyen directamente en la fertilidad del suelo, en el mejoramiento de la estructura, estimulación de la actividad microbiana y en

el control biológico de patógenos (Parnes, 1990); lo que en consecuencia, origina un incremento en el rendimiento y calidad de los cultivos.

Velasco (1996) menciona que con la aplicación de 10 t ha^{-1} de vermicomposta se incrementó en 66.5% la altura de tomate de cáscara en relación al testigo sin vermicomposta y el rendimiento fue de 5.5 t ha^{-1} , lográndose el incremento de 37.5% con respecto al testigo.

Díaz (1998) encontró que con la adición de vermicomposta en dosis de 25 g por maceta de 4 L incrementó en 28.20% el peso de la lechuga con respecto al testigo sin vermicomposta. Con la aplicación de 2 t ha^{-1} de vermicomposta se logró incrementar en 67% el rendimiento de papa con respecto (Romero, 1997).

Quinteros (1999) reporta que, con la aplicación de vermicomposta a árboles de aguacate obtuvo mayor tamaño y número de frutos, en comparación con el tratamiento de fertilización mineral.

2.6.2. Químicos

La fertilización inorgánica surgió en Europa central para enfrentar el problema de alimentación de la población. El uso de fertilizantes químicos en el siglo pasado incrementó los rendimientos de los cultivos, lo cual permitió aminorar la demanda de los alimentos necesarios a una población mundial creciente (Anónimo, 1996). Los fertilizantes químicos están constituidos por unos cuantos nutrimentos y el uso inadecuado o el abuso de ellos, conduce a la contaminación de los recursos hídricos y del suelo (Kross *et al.*, 1995).

2.6.2.1. Fuentes de fertilizantes químicos

En el mercado existen diversos fertilizantes químicos, la diferencia entre ellos radica en la riqueza del nutriente contenido en éstos (Cuadro 10). Los fertilizantes pueden modificar las propiedades químicas del suelo como es el caso del pH, de tal manera que estos pueden ser de reacción alcalina, ácida o neutra. Para el caso de los primeros, son aquellos fertilizantes que tienden a alcalinizar la solución del suelo al ser aplicados y para los segundos, acidifican el suelo. Los fertilizantes de reacción neutra no cambian las condiciones de pH del suelo. Esto se relaciona con el tipo de ión que la planta absorbe, por ejemplo, si la planta toma de la solución del suelo a un ión nitrato, entonces la solución tiende a alcalinizarse como resultado de la acumulación de iones OH^- en la solución del suelo, en caso contrario, cuando la planta absorbe iones amonio se acumulan iones H^+ y como resultado, la solución del suelo se acidifica.

Cuadro 10. Fuentes de fertilizantes empleados en la fertilización química.

Fertilizante	Reacción	-----%-----					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
Sulfato de potasio	Neutra			50			18
Superfosfato de calcio triple	Acida		46		21		
Fosfato diamónico	Acida	16	48				
Cloruro de potasio	Neutra			60			
Urea	Acida	46					
Azufre elemental	Acida						98
Sulfato de amonio	Acida	21					24
Nitrato de amonio	Alcalina	33.5					
Cal hidratada	Alcalina	15			19.4	1.5	
Carbonato de calcio	Alcalina	13			50		

Fuente: Salazar, 2002.

Las prácticas de fertilización se han estudiado durante muchos años en lugares diferentes con distintos cultivares de mango y condiciones agroecológicas específicas, como se indica por diferentes autores en el Cuadro 11.

Avilan (1974) señala en un estudio realizado en Venezuela durante cuatro años, que la aplicación de N 80 kg ha⁻¹, P 30 kg ha⁻¹ y K 30 kg ha⁻¹ en árboles en plena producción de las variedades 'Kent' y 'Smith' incrementaron los rendimientos en 50% con respecto al testigo, independiente de la alternancia en la producción.

En Uruapan, Michoacán, se realizó un experimento en aguacate con el objetivo de determinar la dosis óptima de N, P y K, de acuerdo a la etapa fenológica, se encontró que la fórmula 200-200-120 (kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O) fue la mejor con producción de 293 kg árbol⁻¹ (Ortiz, 1984).

Köseoglu *et al.* (1995) en mandarina 'Satsuma' evaluaron las aplicaciones de N, P y K durante cuatro años, donde se obtuvo mayor rendimiento de frutos con la aplicación de 420 g de N árbol⁻¹, 323 g de P y 355 g de K árbol⁻¹.

Cuadro 11. Dosis de nitrógeno, fósforo y potasio recomendada por diferentes autores para el mango.

N	P	K	Autor
-----g árbol ⁻¹ -----			
730	185	680	Chadha <i>et al.</i> (1980)
870	870	830	Syamal y Mishra (1989)
300	300	300	Feunghan <i>et al.</i> (1989)
800 -1100	-	1100-1300	Young y Koo (1975)

Fuente: Litz R.E, 1997.

Chávez (1987) y Vega (1994) recomiendan utilizar la fórmula 90-30-90 (N-P-K) en mango, dividida en tres aplicaciones de 30-10-30 cada una, al inicio de la floración, al término de la cosecha y mitad de la época de la lluvia a finales de agosto.

Los métodos de fertilización del mamey que se utilizan actualmente están basados en observaciones. Balerdi (1996) recomienda aplicar para suelos alcalinos fórmulas que contengan quelatos de hierro Fe-EDDHA, una o dos aplicaciones por año, en primavera y verano.

La Comisión Nacional de Fruticultura (1974) menciona que los suelos donde crece el mamey tienden a ser pobres en nitrógeno, en ocasiones fósforo y con menos frecuencia potasio, por lo que recomienda fertilizar en marzo, julio y septiembre. Al entrar en producción se sugiere hacer aplicaciones: un mes antes y 2 meses después de la floración, además se deben considerar el tipo de suelo, cantidad y tamaño de la fruta.

2.7. El Azufre como mejorador de suelos

Los efectos principales del azufre (S) son su función nutricional y la disminución del pH del suelo. Los fertilizantes que contienen S son de reacción ácida, lo cual incrementa la solubilidad de micronutrientes (Fe, Mn, Cu y Zn) en el suelo (Pasricha y Fox, 1993).

En suelos alcalinos del norte de México se han probado fertilizantes ácidos líquidos con resultados satisfactorios; estos fertilizantes atenúan la fijación y precipitación del P y se les ha colocado en la categoría de mejoradores (Requejo *et al.*, 1994).

2.7.1. Fuentes de azufre aplicadas al suelo

Las fuentes amoniacales producen acidez por la liberación de iones H durante el proceso de nitrificación. En este grupo de fertilizantes se encuentran la urea, el sulfato de amonio y los fosfatos monoamónico y diamónico. Además, cuando la fuente

amoniaco se asocia con un ion ácido (SO_4^{2-}), se genera mayor acidez, como ocurre con el sulfato de amonio.

En un estudio realizado con plantas de maíz fertilizadas con fuentes que aportaron azufre (sulfato de amonio y superfosfato de calcio simple) registraron mayor desarrollo, producción de materia seca y absorción de N, P, S, Fe, Mn y Zn, que las fuentes con base en urea, nítricas y mezcla de $\text{HNO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4$ (Claro *et al.*, 2002).

El exceso de CaCO_3 y el pH alcalino afectan la absorción, distribución y función de algunos nutrimentos. Las interacciones nutrimentales están asociadas con la absorción, adsorción, translocación y precipitación en algún sitio de la interfase suelo-raíz, lo cual puede afectar la absorción radical y translocación nutrimental (Robson y Pitman, 1983; Sumner, 2000).

En limón mexicano con la aplicación de 627 g de azufre por árbol se incrementó la altura y diámetro de copa, y con ello el rendimiento (Pérez, 2002).

2.8. Diagnostico nutrimental

2.8.1. Análisis de suelo

El análisis del suelo es importante para conocer el estado nutrimental de los huertos, particularmente para el desarrollo de programas de fertilización, ya que permite elegir el fertilizante más apropiado. Se emplea para estimar la disponibilidad nutrimental de un elemento en particular (Westerman, 1990).

2.8.2. Análisis foliar

El análisis de tejido foliar es definido como la determinación de la concentración o fracción extractable de un elemento en una muestra de una parte específica o porción de la planta, obtenida en un cierto estado fenológico del cultivo (Mudson y Nelson,

1973). Es una herramienta importante para conocer el estado nutrimental de los árboles, particularmente para el desarrollo de programas de fertilización, ya que puede ayudar a mejorar no sólo el rendimiento sino el tamaño y calidad de la fruta. El análisis foliar es una técnica para correlacionar el contenido nutrimental de las hojas con su apariencia física, tasa de crecimiento y rendimiento y calidad del producto cosechado (Bates, 1971).

2.8.3. Método DOP (Desviación del Óptimo Porcentual) para la interpretación de los resultados del análisis vegetal.

Usa la comparación de la concentración del nutriente respecto a la norma en una expresión porcentual, cuantifica la cantidad en que un nutriente se desvía con respecto a esa norma individual, el método DOP es una alternativa para interpretar los análisis de tejido vegetal. Una situación óptima para cualquier elemento es definida por el índice DOP igual a cero, dando el orden de limitación tanto por exceso (índices positivos mayores a cero), como por el déficit (índices con signo negativo) de cada uno de los nutrientes considerados (Cadahia, 2000).

La sumatoria de los valores absolutos de los índices representa el balance nutrimental total de la planta y puede ser relacionado con la productividad.

La norma se obtiene de la media de los datos de todos los tratamientos y el índice DOP mediante la siguiente ecuación:

$$I A = \frac{A - a}{a} \times 100$$

Donde:

I_A = Índice del nutrimento

A= concentración nutrimental del dato obtenido en el análisis químico

a= media del nutrimento (norma)

El Índice de Desbalance Nutrimental (IDN) es la suma de los valores absolutos de los índices DOP, e indica el grado de acercamiento de una muestra a la situación nutricional óptima. En efecto, cuanto menor sea el valor absoluto de la suma de los índices más cerca del óptimo estará el conjunto de elementos considerados (Montañés *et al.*, 1991).

2.9. Conclusiones de la revisión de literatura

En México el mamey se distribuye en zonas tropicales y subtropicales, en donde se puede encontrar en forma silvestre o asociada con otros frutales. Se cultiva en 16 estados de la República Mexicana y se adapta a diversos suelos; sin embargo, prospera mejor en los de textura limo-arenosa, con gran cantidad de materia orgánica y bien drenado, con pH entre 5.1 y 7.8; respecto a la topografía, se desarrolla tanto en pendientes pronunciadas, como en terrenos planos, lo que hace que se encuentre en la mayoría de los estados (centro y sureste de la República Mexicana).

Los fertilizantes se aplican al suelo con el objetivo de favorecer el crecimiento de las plantas, aumentar su producción, así como mejorar la calidad comercial y nutritiva de los frutos. Se clasifican en orgánicos e inorgánicos; los orgánicos no necesitan ser transformados químicamente, mientras que los fertilizantes inorgánicos se obtienen por transformación química. La fertilización se realiza para evitar desequilibrios

nutrimentales, con ello lograr y mantener la máxima productividad del huerto, sin deterioro del ambiente.

En el mercado existen diversos fertilizantes químicos, la diferencia entre ellos radica en la riqueza del nutriente contenido en éstos, además pueden modificar las propiedades químicas del suelo debido a que pueden ser de reacción alcalina, ácida o neutra.

Los abonos orgánicos mejoran la estructura del suelo, aumentan la capacidad de retención de humedad y facilitan la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. Destacan la gallinaza y la vermicomposta porque son ricos en nutrimentos fácilmente asimilables por las plantas y al aplicarse al suelo, ayudan a mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del mismo. El azufre como mejorador de suelos tiene la función de nutrir a las plantas y disminuir el pH del suelo, lo cual incrementa la disponibilidad de micronutrimentos, especialmente Fe y Mn, Cu y Zn e incrementa la producción y calidad de fruta.

El uso de técnicas para evaluar el estado nutrimental del cultivo, requieren de una serie de precauciones para poder obtener resultados factibles y poder determinar una recomendación de la dosis de fertilizante, con el fin de incrementar la producción y mejorar la calidad del fruto.

El análisis del suelo es una herramienta importante para conocer el estado nutrimental de los huertos, particularmente para el desarrollo de programas de fertilización, ya que además permite elegir los fertilizantes.

El análisis vegetal es una técnica que permite conocer el estado nutrimental de la planta al momento de realizar el muestreo y con el análisis del fruto se puede saber al menos la cantidad de nutrimentos que fueron removidos y que se deben regresar al suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del experimento

El presente trabajo se llevó a cabo en el municipio de Alpoyecá, Guerrero, localizado al oriente de la capital del estado en la región de la montaña, entre los paralelos 17° 32' y 17° 40' de latitud norte y entre los 98° 01' y 98° 31' de longitud oeste, colinda al Norte con el municipio de Huamuxtitlán; al Sur con los municipios de Tlapa de Comonfort y Tlalixtaquilla; al Este con el estado de Oaxaca y al Oeste con el municipio de Tlapa de Comonfort. El municipio se localiza a 1030 m de altitud (<http://www.guerrero.gob.mx>).

3.2. Clima y suelo

Los climas predominantes en el municipio son: el cálido subhúmedo, cálido y semicálido subhúmedo, con temperatura media anual de 22°C y precipitación media anual de 800 mm; los meses de julio y agosto son los de mayor precipitación.

De acuerdo con el INEGI (2006), los suelos que predominan en la zona productora de mamey son del tipo chernozem o suelos negros, fértiles y con niveles moderadamente altos de materia orgánica. Son excelentes para la agricultura, bajo condiciones de riego.

3.3. Material vegetal y características de la huerta

El trabajo se realizó en la huerta del Sr. Alfonso Pardo, productor de mamey en el sitio denominado "La Huamuchilera"; se utilizaron 20 árboles de 16 años de pie franco, establecidos a 12 x 12 m, orientados de norte a sur. Al establecer el experimento la altura promedio de los árboles fue de 6 metros. El manejo del huerto consistió en aplicaciones de herbicidas y riego rodado, dos veces por semana en épocas de sequía.

3.3.1. Características de los árboles

El árbol de mamey es diferente a la mayoría de los frutales pues aún cuando produce flores todos los años, el tiempo que tarda de flor a cosecha va desde los 17 a 18 meses (Ibarra, 2005). Las etapas fenológicas no están bien definidas, traslapándose en algunas ocasiones; en este caso, al momento de establecer el experimento los árboles presentaban amarre de frutos, frutos en proceso de maduración (del ciclo anterior), hojas maduras y algunos árboles comenzaban a tirar sus hojas.

3.4. Tratamientos y diseño experimental

Se aplicaron cinco tratamientos incluyendo al testigo, dos químicos y dos orgánicos, las cantidades y fuentes se muestran en el cuadro 12. Cabe indicar que los tratamientos se aplicaron cinco veces.

Cuadro 12. Cantidad de fertilizantes aplicados por cada tratamiento.

Tratamientos	Fuente	Cantidad	
		kg árbol ⁻¹ . aplicación ⁻¹	Total kg árbol ⁻¹
Químico	Superfosfato de calcio triple	0.75	3.75
	Sulfato de amonio	1.0	5.0
	Sulfato de potasio	0.4	2.0
Vermicomposta	Vermicomposta	6.6	33
Azufre	Azufre agrícola	4	20
Gallinaza	Gallinaza	5	25
Testigo	Testigo	0	0

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones, considerando un árbol como unidad experimental. El modelo estadístico del diseño utilizado es el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

y_{ij} = Variable respuesta

μ = Media general de la población

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

E_{ij} = Error experimental

3.4.1. Distribución de los tratamientos en campo

Se establecieron al azar en árboles con similar altura y diámetro de copa dentro del huerto (Cuadro 13).



Cuadro 13. Distribución de los tratamientos y repeticiones en campo.

T₂R₃	T₄R₂	T₅R₂	T₅R₁[*]
T₂R₄	T₂R₂	T₅R₃	T₁R₁
T₄R₃	T₃R₃	T₂R₁	T₁R₂
T₄R₄	T₁R₄	T₄R₁	T₃R₁
T₃R₄	T₅R₄	T₃R₂	T₁R₃

T^{*} tratamiento (1,...,5); R: Repetición (1,...,4).

3.4.2. Aplicación de los tratamientos

Las aplicaciones de los tratamientos se hicieron en: noviembre 2004, marzo 2005, julio de 2005, noviembre 2005 y marzo 2006 utilizando en cada vez el 20% del total de cada tratamiento (Cuadro 12). Para el fertilizante químico se aplicó la fórmula 74-121-70, de N, P₂O₅ y K₂O al suelo en banda a 10 cm de profundidad a 1.5 m de distancia de la base del tronco. El S y los abonos orgánicos se aplicaron al voleo en la zona de goteo y se utilizaron 4 kg (azufre agrícola), 5 kg de gallinaza (su composición química se muestra en el Cuadro 14) y 6.6 kg de vermicomposta (la composición química se muestra en el Cuadro 15).

Cuadro 14. Composición química de la gallinaza usada en el experimento.

Parámetro	Resultado
pH	6.29
C.E (dS m ⁻¹)	16.81
M.O (%)	42.2
Nt (%)	3.59
	-----mg g ⁻¹ -----
P	16.51
K	15.70
Ca	53.58
Mg	9.26
S	7.45
	-----mg kg ⁻¹ -----
Mn	204.23
Fe	2689
Cu	50.22
Zn	258.93
B	153.68

Fuente: Laboratorio de nutrición vegetal, Colegio de Postgraduados.

Cuadro 15. Composición química de la vermicomposta usada en el experimento.

Parámetro	Resultado
pH	7.2
C.E (dS m ⁻¹)	13.87
M.O (%)	38.2
Nt (%)	1.81
	-----mg g ⁻¹ -----
P	17.80
K	17.27
Ca	34.62
Mg	14.39
S	5.59
	-----mg kg ⁻¹ -----
Mn	268.71
Fe	8838
Cu	104.04
Zn	355.35
B	112.18

Fuente: Laboratorio de nutrición vegetal, Colegio de Postgraduados.

3.5. Variables evaluadas

3.5.1. Características físicas y químicas del suelo

Se determinaron las características físicas y químicas del suelo al inicio y 18 meses después de la primera aplicación de los tratamientos. El primer muestreo se realizó en noviembre de 2004, la muestra compuesta fue de toda la parcela experimental en el sitio denominado "La huamuchilera", a dos profundidades: 0-30 cm y 30-60 cm. En el segundo muestreo se obtuvieron muestras compuestas por cada tratamiento, a dos profundidades: 0-30 cm y 30-60 cm. Los muestreos se realizaron en la zona de goteo de cada árbol, con una pala recta. Enseguida se mezclaron las submuestras

correspondientes y de cada mezcla obtenida, se tomó 1 kg de suelo. El proceso se inició con el secado de las muestras al aire bajo sombra, en seguida se procedió con la molienda, para la cual se usó un martillo de madera, posteriormente se tamizó para lo cual se usó una malla No. 20. Cada muestra compuesta se guardó en una bolsa previamente etiquetada. El análisis del suelo se realizó en el laboratorio de Fertilidad de suelos del Colegio de Postgraduados. Las determinaciones realizadas y los métodos usados fueron: textura por el método de Bouyocos (1951); pH en agua en una relación suelo: 1:2; conductividad eléctrica (CE) en el extracto de saturación con una relación agua: suelo de 1:5 usando el puente de Wheatstone YSI modelo 31; materia orgánica (M.O) por el método Walkley y Black (1947); N total (Nt) por el método semimicro-Kjeldahl (Bremner, 1965); P (Olsen *et al.*, 1954); las bases intercambiables K, Ca, Mg y Na, se extrajeron con acetato de amonio 1N, pH 7; el Ca y Mg se determinaron por absorción atómica, el K y Na por fotometría de flama (Chapman y Pratt, 1973). Finalmente los micronutrientes Fe, Cu, Mn y Zn se extrajeron con DTPA 0.005 M (Lindsay y Novell, 1978) y se determinaron por absorción atómica mediante el ICP AES (Inductively Coupled Plasma Emisión Spectrometer).

3.5.2. Concentración nutrimental en hojas

Para conocer el estado nutrimental de los árboles en estudio, se analizaron hojas al inicio (noviembre de 2004) y 18 meses después de la primera aplicación de los tratamientos (mayo de 2006). Para el análisis inicial se colectaron 10 hojas maduras y sin daños por árbol, distribuidas en los cuatro puntos cardinales, de la parte media de la copa para formar una muestra compuesta, para el análisis final las muestras fueron separadas por tratamientos. El material vegetal se lavó con agua destilada y con agua desionizada. Las muestras se secaron en una estufa de aire forzado durante 48 h a

72°C, para posteriormente molerse en molino de acero inoxidable. El análisis químico se realizó en laboratorio de nutrición vegetal del Colegio de Postgraduados. Se determinaron los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) y micronutrientes (Mn, Fe, Cu, Zn, B).

Determinación de Nitrógeno. Se determinó por el método microkjeldahl (Brenner, 1965), que consistió en pesar 0.1 g de muestra foliar en un tubo de ensayo, al que se le agregaron 4 mL de la mezcla de ácido sulfúrico-salicílico y 0.1 g de una mezcla catalizadora compuesta por: Na_2SO_4 + selenio metálico y CuSO_4 . Se digestaron las muestras en una plancha de arena a temperatura entre 340 y 360°C, ya que a temperaturas mayores puede haber pérdidas de nitrógeno por volatilización del ácido sulfúrico.

Determinación de fósforo, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes

La determinación se realizó mediante una digestión húmeda triácida (Alcantar y Sandoval, 1999) y se analizó con el método de espectrofotometría de emisión de plasma de inducción acoplada (AES-ICP, Varian modelo Liberty II secuencial). Se pesaron 0.5 g de muestra foliar y se colocaron en tubos de ensayo, a los cuales se les adicionaron 4 mL de HNO_3 y se predigestaron durante 12 horas, después se agregaron 2 mL de ácido perclórico a cada tubo y posteriormente se colocaron en la plancha de digestión. Cuando se enfriaron los digestados, se les aplicó aproximadamente 10 mL de agua desionizada y se trasladaron a matraces volumétricos de 25 mL, los cuales se aforaron con agua desionizada y posteriormente se filtraron en frascos para realizar las determinaciones.

3.5.3. Concentración y extracción de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, B, Fe y Cu por la pulpa, cáscara y semilla del fruto de mamey

De cada árbol se colectaron cinco frutos en madurez fisiológica (mayo de 2006) haciendo un total de 20 frutos por tratamiento. Cada muestra se lavó con agua de la llave y destilada, los frutos se cortaron en trozos pequeños y se tomó una muestra de 100 g de pulpa, al igual que de la semilla y cáscara, posteriormente, se secaron a 70°C en estufa con circulación forzada de aire hasta peso constante, se molieron y se analizaron de manera similar a las muestras foliares. La extracción nutrimental por el fruto se calculó considerando el rendimiento promedio de 7 t ha⁻¹.

3.5.4. Diámetro del tronco

Se midió el perímetro del tronco al momento de establecer el experimento (noviembre de 2004) y posteriormente se realizó otra medición en agosto de 2006, ambas mediciones se realizaron con cinta métrica a 70 cm del nivel del suelo. Se analizó estadísticamente el incremento en porcentaje del diámetro de tronco, para calcular el diámetro (D) se usó la siguiente ecuación:

$$D = \frac{P}{\pi}; \text{ Donde:}$$

P= perímetro (cm)

$\pi = 3.1416$

3.5.5. Longitud y densidad de raíces

Para determinar a qué distancia y profundidad tomar las muestras de raíces, se realizó un muestreo previo en febrero de 2006, el cual consistió en tomar muestras de suelo con una barrena Viehemeyer a un árbol de cada tratamiento, a 1, 2 y 3 m de distancia del tronco en dos orientaciones (norte y sur) y a las profundidades de 0 a 30 y 30 a 60 cm. Con base a los resultados obtenidos se realizó el muestreo en todos los árboles del experimento en mayo de 2006, en las orientaciones norte y sur, al sur se tomaron a tres distancias del tronco: a 1 y 2 m se tomaron muestra entre 0-30 y 30-60 cm de profundidad y a 3 m únicamente a 0-30 cm, al norte se tomaron las distancias de 1, 2 y 3 m pero únicamente a la profundidad de 0-30 cm. Se determinó la longitud de raíces (cm) y densidad de raíces (cm cm^{-3}) por la metodología de Newman (1966) mediante las siguientes ecuaciones.

$$1. R = (P * \frac{A}{2 * H})N$$

Donde:

R = Longitud radical (cm)

P = Constante (3.141592)

A = Área total en la cual se distribuyen los segmentos de raíz aleatoriamente (114.99 cm^2)

H = Longitud total de las líneas que interceptan las raíces (80 cm)

N= Número de intercepciones de raíz contabilizada.

Con esto, R se reduce a:

$$R = (3.1416 * \frac{114.99\text{cm}^2}{2 * 80})N$$

$$R = 2.258 * N$$

$$2. \quad LV = \frac{(P * N * A * Da)}{2 * H * m}$$

La ecuación para densidad de raíces queda expresada de la siguiente manera:

$$Lv = (R) (Da/m)$$

Donde:

Lv = Densidad de longitud de raíces (cm cm⁻³)

R = Longitud radical

Da = Densidad aparente de la muestra de suelo (g cm⁻³)

m = Peso seco de la muestra del suelo (g)

3.6. Análisis estadístico

Para el análisis de la información obtenida se utilizó el Sistema de Análisis Estadístico SAS (SAS for Windows V8). Se realizó el análisis de varianza para las variables concentración nutrimental en pulpa, cáscara y semilla del fruto, diámetro del tronco, longitud y densidad de raíces, Así como la comparación de medias (Duncan $P \leq 0.05$) para las variables en las cuales se encontraron diferencias significativas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características físicas y químicas del suelo

En el Cuadro 16, se observan las características físicas y químicas del suelo al inicio del experimento. El pH fue de 7.7 (ligeramente alcalino), la conductividad eléctrica es baja, lo cual indica que el suelo no tiene problemas de salinidad aun cuando el agua de riego es salina. El valor promedio de la materia orgánica fue de 2.95%. Los niveles de N, K, Mn, Fe y Cu de acuerdo a Etchevers *et al.* (1971) son normales, en comparación a P y Zn que son bajos, lo cual es debido al pH alto que presenta el suelo, que los hace menos disponibles, ya que en suelos alcalinos la mayor proporción del fosfato se encuentra asociado con calcio, y se precipita como fosfato de calcio de menor solubilidad (Black, 1968). El Ca, Mg y S se encontraron en altas concentraciones (Etchevers *et al.*, 1971; Viets y Lindsay, 1973) en las dos profundidades muestreadas (0-30 y 30-60 cm).

Al comparar los valores obtenidos al inicio del experimento, con los encontrados en mayo de 2006 (Cuadro 16 y 17) se observa que el pH en las profundidades 0-30 y 30-60 cm disminuyó ligeramente en los cinco tratamientos al finalizar el experimento, con la aplicación de azufre el efecto en la disminución del pH fue mayor y llegó a 6.70 a los 30 cm de profundidad. Esto se debe a que el azufre es un mejorador, el cual al reaccionar con el agua crea un ambiente ácido y modifica la solución del suelo. El pH encontrado en ese tratamiento se aproxima al que se sugiere como óptimo que es entre 5.5 y 6.5, ya que en éste rango se mantiene alta la disponibilidad de los nutrientes, además existe mayor actividad microbiana y fuerte solubilidad de minerales del suelo. La conductividad eléctrica (C.E.) aumentó ligeramente en las profundidades muestreadas, en la mayoría

de los tratamientos a excepción de la vermicomposta que mantuvo el valor similar al inicial. Los contenidos de M.O. en los tratamientos químico y vermicomposta fueron clasificados como valores medios en la profundidad 0-30 cm y bajos en la profundidad de 30-60 cm, mientras que el tratamiento con gallinaza presentó niveles medios en ambas profundidades. El comportamiento general, puede estar asociado a la época en la cual se efectuó el muestreo dado que en esta especie la caída de hoja es un aporte importante de M.O. Los niveles de N se incrementaron con la aplicación de los tratamientos, los cuales se clasificaron de medios a ricos (Tavera, 1985) en la profundidad de 0-30 cm, a excepción del tratamiento con gallinaza que disminuyó con respecto al análisis inicial. Sin embargo, la concentración de N en los muestreos de suelo a 30-60 cm en todos los casos fue menor, incluido en los tratamientos con fertilizantes químicos, donde se esperaba que debieran incrementarse, estos valores son considerados de pobres a medios (Tavera, 1985). Las concentraciones de P se incrementaron en todos los tratamientos a las dos profundidades evaluadas (0-30 y 30-60 cm), los mayores aumentos se tuvieron en los muestreos de 0-30 cm en los tratamientos químico, azufre y vermicomposta, que de acuerdo a CSTPA (1980) son considerados medios (Cuadro 17), mientras que los valores del testigo y gallinaza se encontraron en niveles bajos. En la profundidad de 30-60 cm los valores de P obtenidos se clasificaron como bajos en todos los tratamientos (CSTPA, 1980). Los niveles de K se incrementaron considerablemente al finalizar el experimento en las dos profundidades evaluadas, con valores que oscilaron entre 2.4 y 5.0 meq 100 g⁻¹, el fertilizante químico incrementó en mayor medida la concentración de K en el suelo, los valores obtenidos en ambas profundidades se consideran altos (Etchevers *et al.*, 1971). Para el caso del Ca, en las profundidades de 0-30 y 30-60 cm, en todos los tratamientos los valores fueron clasificados como altos (Etchevers *et al.*, 1971). Los niveles de Mg al

finalizar el experimento fueron altos en las profundidades 0-30 y 30-60 cm en todos los tratamientos, sin embargo, la gallinaza presentó el mayor valor nivel a 0 -30 cm de profundidad (Etchevers *et al.*, 1971). La concentración de S en los tratamientos químico y vermicomposta disminuyó ligeramente en la profundidad de 0-30 cm al finalizar el experimento (Cuadro 17), en tanto que el tratamiento con azufre incrementó en mayor medida la concentración de este nutriente como era de esperarse, seguidos por gallinaza y testigo; en tanto que a la profundidad de 30-60 cm el contenido de S fue mayor en el tratamiento con fertilizante químico, siendo la vermicomposta la que obtuvo el valor más bajo de 4.59 mg kg^{-1} (Cuadro 17). El contenido de S obtenido en ambas profundidades se considera alto (Etchevers *et al.*, 1971).

Las concentraciones de micronutrientes al final del experimento se observan en el Cuadro 17, el cual indica que el Mn disminuyó en todos los tratamientos a las profundidades (0-30 y 30-60 cm) a excepción del tratamiento con S que presentó un incremento en la profundidad de 0-30 cm, esto se debe seguramente a la reacción ácida del S que al disminuir el pH del suelo el Mn estuvo disponible. Estos valores se consideran adecuados (Viets y Lindsay, 1973). Para el caso del Zn, la concentración se incrementó en todos los tratamientos y en las dos profundidades evaluadas (0-30 y 30-60 cm). Pero el mayor aumento se tuvo en el tratamiento con azufre en ambas profundidades; de acuerdo a Viets y Lindsay (1973) estos son considerados adecuados. La concentración de Fe disminuyó en todos los tratamientos a las profundidades muestreadas (0-30 y 30-60 cm) a excepción del tratamiento con S donde el contenido de Fe se incrementó considerablemente en la profundidad de 0-30 cm, de acuerdo a Viets y Lindsay (1973), los valores obtenidos son considerados adecuados. Las concentraciones de Cu disminuyeron ligeramente en todos los tratamientos y en las profundidades muestreadas, sin embargo, a la profundidad de 0-30 cm las

concentraciones en todos los tratamientos se consideran normales (Viets y Lindsay (1973). Cabe mencionar que a las profundidades 30-60 cm los tratamientos vermicomposta y testigo se encontraron en bajas concentraciones. Se confirma lo indicado por Pasricha y Fox (1993) quienes consideran que la aplicación de S al suelo hace más disponible a los microelementos.

4.2. Etapas fenológicas del zapote mamey en Alpoyeca Guerrero

Las etapas fenológicas del mamey se observan en la Figura 1, en donde se aprecia que las hojas se cayeron de enero a febrero, el desarrollo y maduración de las hojas nuevas fue de febrero a abril. La floración principal se dio durante los meses de julio a septiembre, similar a la que se presenta en Florida (Davenport y O'Neal, 2001). Cabe indicar el periodo de flor a fruto en Alpoyeca, Gro., es de 17 a 18 meses, por lo tanto, los frutos que amarraron de julio a septiembre del 2005, serán cosechados durante los meses de enero a mayo de 2007.

Cuadro 16. Características físicas y químicas del suelo en el sitio “La Huamuchilera” antes de la aplicación de los tratamientos (noviembre de 2004).

Prof. (cm)	pH	C.E.	M.O.	Nt.	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Fe	Cu
	1:2H ₂ O	dSm ⁻¹	-----%	-----	mg kg ⁻¹	-----meq 100 g ⁻¹	-----meq 100 g ⁻¹	-----	-----mg kg ⁻¹	-----	-----	-----	-----
0-30	7.7	0.35	4.2	0.09	1	0.6	38	5.3	8.4	13	0.8	21	2.5
30-60	7.7	0.47	1.7	0.21	1	0.3	27.9	3.2	13.8	12	0.5	24	2.6

Fuente: Laboratorio de nutrición vegetal, Colegio de Postgraduados.

Cuadro 17. Características físicas y químicas del suelo en el sitio “La Huamuchilera” al finalizar el experimento (mayo de 2006).

Tratamiento	Prof. (cm)	pH	C.E.	M.O.	Nt.	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Fe	Cu
		1:2H ₂ O	dS m ⁻¹	-----%	-----	mg kg ⁻¹	-----meq100g ⁻¹	-----	-----	-----mg kg ⁻¹	-----	-----	-----	-----
Químico	0-30	7.62	0.74	2.35	0.17	10.14	5.0	65.9	5.6	6.93	9.12	3.33	15.53	2.23
	30-60	7.65	0.90	1.07	0.09	2.86	4.8	77.9	7.2	14.88	9.47	3.93	18.06	2.14
Testigo	0-30	7.54	0.51	1.07	0.12	3.69	4.2	68.9	5.0	8.55	8.32	2.96	14.33	1.89
	30-60	7.61	0.63	1.07	0.05	2.66	2.6	67.6	3.1	11.22	7.94	3.21	14.61	1.98
Vermicomposta	0-30	7.64	0.35	1.64	0.11	7.68	3.8	63.8	6.0	6.11	11.28	3.32	13.39	2.08
	30-60	7.73	0.36	0.67	0.03	1.18	2.4	64.8	5.8	4.59	6.71	2.18	9.59	1.19
Gallinaza	0-30	7.55	0.97	2.01	0.07	4.83	3.0	73.9	7.7	10.20	7.99	3.23	11.71	2.00
	30-60	7.54	1.33	1.61	0.10	3.10	2.6	70.6	5.4	12.24	8.45	3.89	14.93	2.09
Azufre	0-30	6.70	0.90	1.88	0.15	8.96	4.2	83.8	7.5	15.91	18.60	7.38	93.97	2.17
	30-60	7.57	0.75	1.34	0.12	2.46	2.8	73.1	6.8	12.14	10.57	4.05	20.81	2.43

Fuente: Laboratorio de nutrición vegetal, Colegio de Postgraduados.

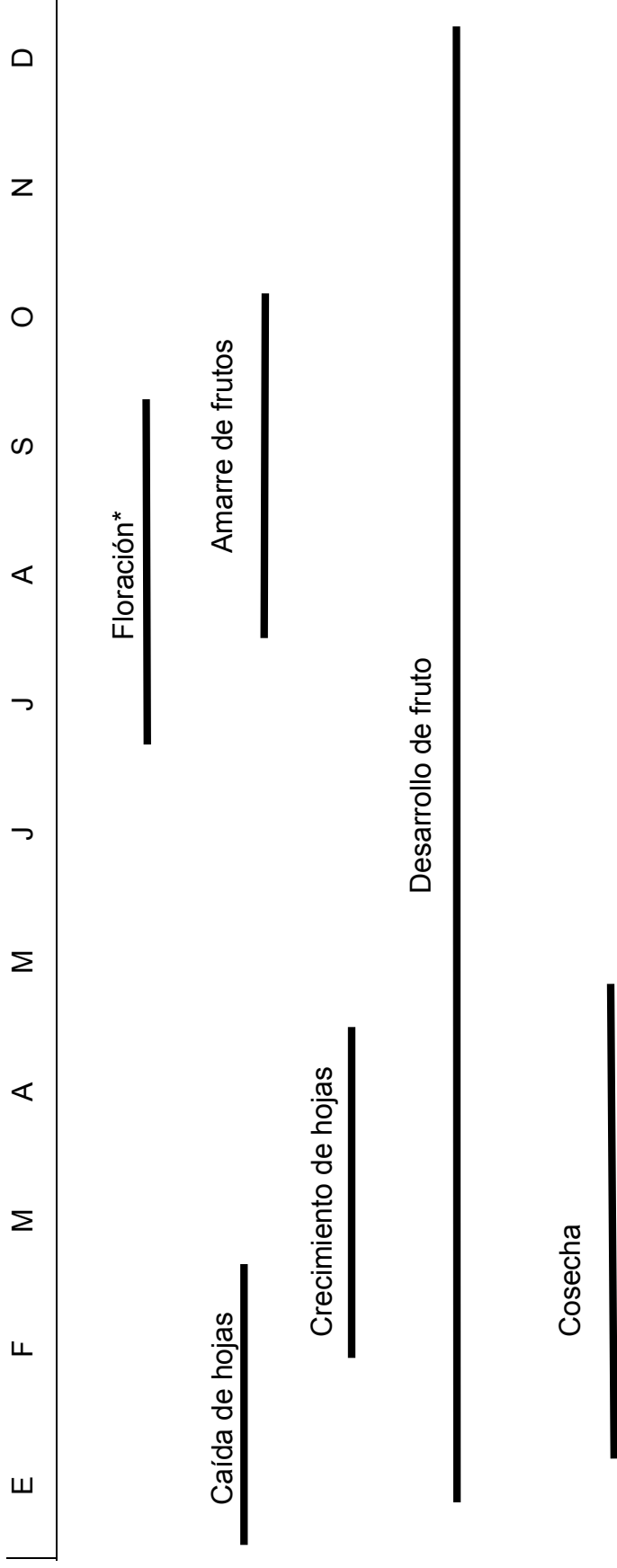


Figura 1. Etapas fenológicas de los árboles de mamey usados en el experimento 2004 - 2005.

* Los frutos que amarraron en 2005 serán cosechados en 2007.

4.3. Variables de nutrición

4.3.1. Concentración nutrimental en hojas

4.3.1.1. Macronutrientes

Nitrógeno (N): En el análisis inicial, durante amarre de fruto (noviembre 2004), la concentración de N en hojas de mamey fue de 14.16 mg g^{-1} (Cuadro 18), inferior a las consideradas como óptimas para aguacate por Embleton y Jones (1966) y Alcantar y Sandoval (1999) y para cítricos (Malavolta *et al.*, 1973) (Cuadros 2 y 4). Pero es similar a las reportadas para mango por Mosqueda (1983), Jones *et al.* (1991) (Cuadro 3) y Guzmán *et al.* (1997) quienes además señalaron como etapa crítica la formación de frutos. En el análisis realizado a las hojas en mayo 2006, después de 18 meses de la primera aplicación de los tratamientos, la concentración fue de 17.40 mg g^{-1} en el testigo y de 12.90 mg g^{-1} en el tratamiento con gallinaza y de 16.90 a 17.30 mg g^{-1} en los demás tratamientos (Cuadro 19). Las concentraciones se incrementaron en relación al análisis inicial lo que muestra el efecto benéfico de los tratamientos utilizados, con excepción del tratamiento con gallinaza, en donde disminuyó. Benitez *et al.* (2003) encontraron en hojas de mango 'Kent' concentraciones de 14.9 mg g^{-1} como mínimas y 16.1 mg g^{-1} como máximas en Sinaloa, México. Las concentraciones de N obtenidas en este análisis, son similares a las reportadas como óptimas para mango (Avilan y Figueroa, 1977; Mosqueda, 1983; Jones *et al.*, 1991). Se espera que con estos resultados se incremente el rendimiento y la calidad de la fruta debido a que el N en las hojas favorecen la retención de flores y frutos (Williams, 1965).

Fósforo (P): La concentración inicial (noviembre 2004) fue de 0.22 mg g^{-1} (Cuadro 18), que se considera baja comparada con los valores óptimos obtenidos para aguacate (Castillo, 1996; Embleton y Jones 1966), mango (Mosqueda, 1983 y Jones *et al.*, 1991) y cítricos (Embleton *et al.*, 1973, Malavolta 1989 y Neto *et al.*, 1988) (Cuadros 2, 3 y 4). Esto probablemente está relacionado con el pH del suelo donde se llevó a cabo la investigación, donde el suelo es ligeramente alcalino y puede dificultarse la absorción de este elemento. Cohen (1976) menciona que el P es requerido en mayor proporción durante el primer periodo de crecimiento del fruto de limón, siendo luego constante su concentración hasta la maduración. Después de 18 meses de la primera aplicación de los tratamientos (mayo 2006) se encontró que la concentración en el testigo fue de 0.97 mg g^{-1} (Cuadro 19), tomando en cuenta que en estos árboles no se hicieron aplicaciones de fertilizantes, los cambios se pueden atribuir a la época de muestreo, ya que la primera determinación se hizo en noviembre durante amarre de frutos; mientras que, la segunda, fue después de la cosecha. En los demás tratamientos las concentraciones fueron de 0.90 a 0.98 mg g^{-1} , similares a los contenidos reportados como óptimos para mango (Avilan, 1978; Jones *et al.*, 1991; Mosqueda, 1983) y aguacate (Embleton y Jones, 1966), lo que pone en evidencia el efecto benéfico de los tratamientos utilizados y la importancia de la época de muestreo. El valor más alto se encontró en el tratamiento con azufre, quizás esto tenga que ver con la disminución en el pH de suelo. Los análisis se deben de continuar en esta especie para tener mayor conocimiento sobre la variación nutrimental en las diferentes etapas fenológicas.

Potasio (K): En el análisis inicial realizado en noviembre de 2004, la concentración fue de 3.44 mg g⁻¹ (Cuadro 18), ubicándose por debajo de la concentración óptima propuesta para mango por Young y Koo (1971); Avilan y Figueroa (1977), Mosqueda (1983) y Jones *et al.* (1991) y para aguacate y cítricos (Embleton y Jones, 1966; Embleton *et al.*, 1973) (Cuadros 2, 3 y 4). Este resultado coincide con los encontrados por Sánchez *et al.* (2000) quienes indican que en aguacate “Hass” los mayores requerimientos de potasio se presentan en la floración y fructificación. En el análisis realizado en mayo del 2006 el contenido de K varió de 6.18 a 8.02 mg g⁻¹ (Cuadro 19). Se aprecia que la menor concentración (6.18 mg g⁻¹) se encontró en el tratamiento con azufre; sin embargo, este rango es considerado como óptimo en comparación con mango (Avilan y Figueroa, 1977; Mosqueda, 1983; Jones *et al.*, 1991). La concentración fue mayor en las hojas de los árboles que se les aplicó fertilizante químico, considerado como adecuado en relación a aguacate y cítricos (Embleton y Jones, 1966; Embleton *et al.*, 1973). Tomando en cuenta que en mamey estos son los primeros resultados, es necesario realizar otros análisis en etapas fenológicas diferentes para tener más evidencias al respecto.

Calcio (Ca): En el primer análisis realizado en noviembre 2004, la concentración foliar fue de 4.60 mg g⁻¹ (Cuadro 18) y es considerada baja en relación al rango establecido como adecuado para aguacate, mango y cítricos (Embleton y Jones, 1966; Jones *et al.*, 1991 y Embleton *et al.*, 1973) (Cuadros 2, 3 y 4). En el análisis realizado en mayo de 2006, la concentración de Ca fue de 17.19 a 23.51 mg g⁻¹ (Cuadro 19), considerada óptima en relación a aguacate (Embleton y Jones, 1966; Castillo 1996) y mango (Kumar y Nauriyal, 1977) pero inferior a niveles óptimos en cítricos (Embleton *et al.*, 1973). Los valores más altos se obtuvieron en los tratamientos con gallinaza (23.51 mg g⁻¹) y

vermicomposta (21.47 mg g^{-1}), los cuales se encuentran dentro del nivel óptimo reportado para mango (Jones *et al.*, 1991; Benton *et al.*, 1991). En limón el Ca es requerido durante la etapa de desarrollo del fruto, formación de las semillas y madurez fisiológica (Cohen, 1976).

Magnesio (Mg): En el análisis inicial (noviembre 2004) la concentración fue de 1 mg g^{-1} (Cuadro 18), considerada baja comparada con las reportadas para aguacate por Embleton y Jones (1966), para mango (Jones *et al.*, 1991) y cítricos por Malavolta *et al.* (1989) (Cuadros 2, 3 y 4). Esto coincide con Cohen (1976) quien menciona que el Mg en limón, es requerido en mayor proporción durante el primer periodo de crecimiento del fruto, siendo luego constante su concentración hasta la maduración. Para el análisis de mayo 2006, el contenido de Mg en hojas de mamey fue de 3.25 mg g^{-1} en el testigo y la mayor concentración se obtuvo en el tratamiento con vermicomposta (3.69 mg g^{-1}) (Cuadro 19), este rango es considerado óptimo en comparación con aguacate (Embleton y Jones, 1966); mango (Wolfe *et al.*, 1969; Young y Koo, 1969; Jones 1991) y cítricos (Embleton *et al.*, 1973, Neto *et al.*, 1988 y Malavolta *et al.*, 1989) (Cuadros 2, 3 y 4).

Azufre (S): La concentración de este nutrimento tuvo ligera variación en las dos fechas de muestreo. El contenido inicial fue de 4.22 mg g^{-1} (Cuadro 18), similar al reportado por Samra *et al.* (1977) en mango cv. Dashehari de 12 a 15 años donde encontraron que la concentración de S varió de 1 a 6.4 mg g^{-1} . Por otra parte, en aguacate, Benton *et al.* (1991) han sugerido que las concentraciones de suficiencia de S varían de 2 a 6 mg g^{-1} ; por otra parte, Alcantar y Sandoval (1999) mencionan que la concentración óptima es de 1.5 a 5 mg g^{-1} . De acuerdo a estos autores se puede considerar que los niveles

encontrados en hojas de mamey en ambos análisis son óptimos. Además, se observa en el Cuadro 19, que la aplicación de azufre incrementó en mayor medida la concentración de este nutriente en las hojas (6.20 mg g^{-1}). Salisbury y Ross (1994) mencionan que es difícil encontrar deficiencias de S en los cultivos, ya que la mayoría de los suelos están abastecidos de sulfatos y en la planta se redistribuye fácilmente hacia los tejidos maduros.

Cuadro 18. Contenido de macronutrientes en hojas de mamey en “La Huamuchilera”, Alpoyeca, Guerrero (noviembre de 2004).

Nutriente	Cantidad
	----- mg g^{-1} -----
N	14.16
P	0.22
K	3.44
Ca	4.60
Mg	1.00
S	4.22

Fuente: Laboratorio de nutrición vegetal del Colegio de Postgraduados.

Cuadro 19. Contenido de macronutrientes en hojas de mamey en “La huamuchilera”, Alpoyeca, Guerrero (mayo de 2006).

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- mg g^{-1} -----					
Testigo	17.40	0.97	6.99	19.83	3.25	3.90
Químico	17.30	0.92	8.02	17.19	3.64	3.10
Azufre	16.90	0.98	6.18	18.85	3.22	6.20
Gallinaza	12.90	0.95	6.67	23.51	3.45	4.60
Vermicomposta	17.30	0.90	6.21	21.47	3.69	5.40

Fuente: Laboratorio de nutrición vegetal del Colegio de Postgraduados.

4.3.1.2. Micronutrientos

Manganeso (Mn): El contenido de Mn al inicio del experimento (noviembre de 2004) fue de 6.60 mg kg⁻¹ (Cuadro 20), considerado bajo comparado con aguacate (Embleton y Jones, 1966), mango (Jones *et al.*, 1991) y cítricos (Malavolta *et al.*, 1989) (Cuadros 5, 6 y 7), mientras que para el segundo muestreo (mayo 2006) varió de 37.98 a 56.12 mg g⁻¹ (Cuadro 21), contenidos similares a los reportados en aguacate y cítricos por los autores antes mencionados. Los valores más altos se encontraron en las hojas del testigo (56.12 mg kg⁻¹) y del tratamiento con azufre (52.81 mg kg⁻¹), ubicados dentro del intervalo propuesto como óptimo para mango por Jones *et al.* (1991) (Cuadro 6).

Boro (B) y Hierro (Fe): Las concentraciones de B y Fe en tejido foliar antes de la aplicación de los tratamientos (noviembre de 2004) fueron de 92 mg kg⁻¹ y 28.20 mg kg⁻¹ (Cuadro 20). El B se encontró dentro del rango establecido como óptimo para aguacate (Embleton y Jones 1966); mango (Jones *et al.*, 1991) y cítricos (Embleton *et al.*, 1973 y Malavolta *et al.*, 1989) (Cuadros 5, 6 y 7). En el análisis final (mayo 2006), las concentraciones de B son altas en todos los tratamientos, comparados con los valores propuestos para mango, aguacate y cítricos. El contenido de Fe en el análisis inicial, se ubicó por debajo de los niveles óptimos propuestos para mango, aguacate y cítricos (Cuadros 5, 6 y 7). En la segunda fecha de muestreo (mayo 2006) las concentraciones fueron altas, variaron de 182.91 a 295.15 mg kg⁻¹ (Cuadro 21), a excepción del tratamiento con vermicomposta que se encontró dentro del rango establecido como óptimo para aguacate y mango (Cuadros 5 y 6).

Zinc (Zn) y cobre (Cu): En el análisis inicial (noviembre de 2004) la concentración de Zn fue de 2.20 mg kg⁻¹ (Cuadro 20), se ubicó por debajo del intervalo de suficiencia para aguacate (Embleton y Jones, 1966), mango (Jones *et al.*, 1991) y cítricos (Embleton *et al.*, 1973; Malavolta *et al.*, 1989) (Cuadros 5, 6 y 7). De acuerdo con Salisbury y Ross (1994), la baja concentración de Zn en esta etapa se debe a que es transportado a los puntos de mayor demanda que son los frutos pequeños, donde interviene en diversos procesos enzimáticos y síntesis de triptofano que es precursor del ácido indolacético. El análisis realizado en mayo de 2006 (Cuadro 21), indicó que la concentración de Zn varió de 32.05 a 37.72 mg kg⁻¹, se encontró dentro del rango establecido como óptimo para mango, aguacate y cítricos. En el caso del Cu en el análisis inicial la concentración fue de 0.20 mg kg⁻¹ (Cuadro 20) y en mayo de 2006 las concentraciones variaron de 0.34 a 1.91 mg kg⁻¹ (Cuadro 21), sin embargo, ambos niveles se ubicaron por debajo del intervalo de suficiencia propuesto para aguacate, mango y cítricos. Esto se debe seguramente a que el Cu disminuye gradualmente su disponibilidad en los suelos alcalinos y solamente se encuentran en proporciones abundantes en pH 5 y 7 (Gil, 1995).

Cuadro 20. Contenido de micronutrientes en hojas de mamey en “La Huamuchilera”, Alpoyeca, Guerrero (noviembre de 2004).

Nutriente	Cantidad
	-----mg kg ⁻¹ -----
Mn	6.60
B	92.00
Fe	28.20
Zn	2.20
Cu	0.20

Fuente: Laboratorio de nutrición vegetal del Colegio de Postgraduados.

Cuadro 21. Contenido de micronutrientes en hojas de mamey en “La huamuchilera”, Alpoyecá, Guerrero (mayo de 2006).

Tratamientos	Mn	B	Fe	Zn	Cu
	-----mg kg ⁻¹ -----				
Testigo	56.12	211.25	249.66	36.08	1.40
Químico	37.98	173.05	295.15	32.05	1.58
Azufre	52.81	194.76	249.91	37.44	1.91
Gallinaza	42.67	186.22	267.88	37.72	1.63
Vermicomposta	41.90	192.34	182.91	34.75	0.34

Fuente: Laboratorio de nutrición vegetal del Colegio de Postgraduados.

4.3.2. Interpretación de los resultados del análisis vegetal por el método DOP (Desviación del Óptimo Porcentual)

De acuerdo al método DOP, se muestra en el cuadro 22, los índices DOP y el Orden de Requerimiento Nutricional (ORN) obtenidos para las hojas de mamey analizadas en mayo de 2006, indican que los nutrientes limitantes son: S, K, N, Cu, Mn, Fe y Mg. Mientras que el Índice de Desbalance Nutricional (IDN), muestra que las hojas de los árboles a los que se les aplicaron vermicomposta fueron las más deficientes y las menos deficientes fueron las del testigo y gallinaza. Lo anterior se puede atribuir a que la cantidad de vermicomposta que se aplicó fue poca, con respecto a la fertilización química dado que no hay información para mamey, se prestó especial atención al pH ligeramente alcalino del suelo, para ello se usaron fertilizantes con reacción ácida para así disminuir el pH y obtener mayor disponibilidad de nutrientes para el cultivo. Tomando en cuenta la respuesta del testigo, es posible que parte del fertilizante químico aplicado se haya desplazado con el agua de riego, dado que esta práctica no fue controlada. El tratamiento con azufre al disminuir el pH del suelo favoreció la absorción de N, P, S y micronutrientes, al no presentarse como limitantes.

Cuadro 22. Diagnóstico nutrimental por el método (DOP) en hojas de árboles de mamey de “La huamuchilera” Alpoyecá, Guerrero.

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	B	Fe	Zn	Cu	ORNT	IDN†‡
Testigo	6.36	3.19	2.64	-1.69	-5.80	-15.95	21.21	10.30	0.22	1.32	2.19	S>Mg>Ca	70.87
Químico	5.75	-2.13	17.77	-14.77	5.51	-33.19	-17.97	-9.64	18.49	-10.00	15.33	S>Mn>Ca>Zn>B>P	150.55
Azufre	3.30	4.26	-9.25	-6.54	-6.67	33.62	14.06	1.69	0.33	5.14	39.42	K>Mg>Ca	124.28
Gallinaza	-21.15	1.06	-2.06	16.56	0.00	-0.86	-7.84	-2.77	7.54	5.93	18.98	N>Mn>B>K>S	84.75
Vermicomposta	5.75	-4.26	-8.81	6.45	6.96	16.38	-9.50	0.43	-26.57	-2.42	-75.18	Cu>Fe>Mn>K>P>Zn	162.71

† ORN= Orden de Requerimiento Nutrimental. ‡ IDN= índice de desbalance nutrimental

4.3.3. Concentración y extracción de nutrimentos por la pulpa, cáscara y semilla del fruto de mamey

En el cuadro 23, se muestran las concentraciones de nutrimentos en la pulpa de frutos de mamey en madurez fisiológica (cosecha 2006), no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos (Anexo 1).

En la cáscara y semilla el tratamiento con fertilizante químico superó estadísticamente a la gallinaza en el contenido de Mg (Cuadro 24) (Anexo 2). La mayor concentración nutrimental fue para el K 9.61 mg g^{-1} , seguido por N, Ca, P y Mg (Cuadro 25). Estos resultados coinciden con los reportados para mango por Laborem *et al.* (1979), Arias (1999), Guzmán *et al.* (1997) y Avilan (1983). Además Maldonado *et al.* (2001) encontró el mismo orden en limón.

Los micronutrimentos en los frutos se encuentran en menor cantidad, pero son de vital importancia en el metabolismo vegetal y le confieren mayor calidad. En el fruto de mamey el B se encontró en mayor concentración con 55.68 mg kg^{-1} , seguido por Fe, Zn, Mn y Cu (Cuadro 25). La cáscara y semilla registraron mayores concentraciones de N, Ca, Mg, Mn, Fe y Zn superando estadísticamente a la pulpa (Cuadro 25) (Anexo 3). El nutrimento más extraído por los frutos de mamey es K con 9.61 mg g^{-1} , seguido del N con 6.55 mg g^{-1} y Ca con 1.24 mg g^{-1} respectivamente (Cuadro 25). El orden de extracción del fruto de mamey es similar al reportado para mango por Arias (1999) y Avilan (1980a). Maldonado *et al.* (2001) indican que el K y N son los elementos requeridos en mayor cantidad por el fruto del limón mexicano, seguidos de Ca, P y Mg. En cuanto a los micronutrimentos, se extrajo en mayor medida B seguido de Fe, Zn, Mn y Cu (Cuadro 25). Estos resultados coinciden con los encontrados para mango cv. "Haden" por Arias (1999).

El orden de extracción de los nutrimentos fue de la siguiente manera: K>N>Ca>P>Mg y B>Fe>Zn>Mn>Cu (Cuadro 25). De acuerdo a los kilogramos de N, P₂O₅, K₂O, Ca y Mg extraídos por los frutos y considerando un rendimiento promedio de 7 ton ha⁻¹, con respecto a la gallinaza, se requiere aplicar 39 kg ha⁻¹ de K para completar la cantidad extraída por el fruto, mientras que es necesario aplicar 4 kg de N ha⁻¹ y 27.55 kg de K ha⁻¹ de vermicomposta. Se tiene que tomar en cuenta la cantidad de macro y micronutrimentos utilizados por la planta para su crecimiento vegetativo y reproductivo, de no ser así, con el tiempo se generarán deficiencias.

Cuadro 23. Concentración de macro y micronutrientes en la pulpa de frutos de mamey, tratados con abonos orgánicos e inorgánicos, cosechados en mayo de 2006 en "La huamuchilera", Alpoyeca, Guerrero.

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	B	Fe	Cu
Testigo	2.49 a	0.35a	5.76a	0.44a	0.21a	0.55a	1.15a	27.12a	20.18a	0.11a
Vermicomposta	2.71a	0.29a	5.45a	0.36a	0.19a	0.28a	0.38a	25.38a	15.43a	0.10a
Azufre	2.35a	0.28a	4.93a	0.39a	0.21a	0.30a	0.71a	28.50a	16.18a	0.18a
Gallinaza	2.86a	0.32a	5.12a	0.30a	0.16a	0.47a	1.10a	27.84a	13.04a	0.19a
Químico	3.38a	0.32a	5.74a	0.37a	0.22a	0.71a	0.86a	27.98a	14.52a	0.23a

Fuente: Laboratorio de nutrición vegetal del Colegio de Postgraduados.

Cuadro 24. Concentración de macro y micronutrientes en cáscara y semilla de frutos de mamey tratados con abonos orgánicos e inorgánicos, cosechados en mayo de 2006 en "La huamuchilera", Alpoyeca, Guerrero.

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	B	Fe	Cu
Testigo	4.32a	0.35a	5.12a	0.99a	0.32ab	2.02a	2.17a	26.32a	21.73a	0.10a
Vermicomposta	3.41a	0.33a	4.01a	1.04a	0.33a	1.80a	2.41a	30.46a	22.66a	0.20a
Azufre	3.67a	0.33a	4.14a	1.01a	0.32ab	2.01a	2.74a	28.06a	17.80a	0.10a
Gallinaza	3.61a	0.32a	3.69a	0.68a	0.27b	1.70a	2.01a	27.94a	29.38a	0.15a
Químico	3.96a	0.36a	4.10a	0.70a	0.37a	1.44a	2.42a	28.82a	27.01a	0.19a

Fuente: Laboratorio de nutrición vegetal del Colegio de Postgraduados. ¹Medias con las letras iguales en cada columna son estadísticamente iguales entre sí (Duncan, 0.05).

Cuadro 25. Concentración y extracción total de nutrimentos por el fruto de mamey en madurez fisiológica de "La huamuchilera" Alpayeca, Guerrero (Mayo de 2006).

Variable	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	B	Fe	Cu
	-----mg g ⁻¹ -----mg kg ⁻¹ -----									
Pulpa	2.76b ^z	0.31a	5.40a	0.35b	0.20b	0.46b	0.84b	27.36a	15.87b	0.16a
Cáscara y semilla	3.79a	0.34a	4.21a	0.88a	0.32a	1.79a	2.35a	28.32a	23.72a	0.15a
Total	6.55	0.65	9.61	1.24	0.52	2.26	3.19	55.68	39.59	0.31
	-----kg-----g-----									
Extracción total con rendimiento de 7 ton ha ⁻¹	45.85	4.55	67.27	8.68	3.64	15.82	22.33	389.76	277.06	2.17

Fuente: Laboratorio de nutrición vegetal del Colegio de Postgraduados. ^zMedias con las letras iguales en cada columna son estadísticamente iguales.

4.4. Crecimiento del diámetro del tronco

Con relación al crecimiento de los árboles, el análisis de varianza para el crecimiento del diámetro del tronco, indicó que no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Anexo 4), aún cuando estos árboles fueron propagados por semilla. Los promedios iniciales del diámetro de los árboles fueron: tratados con fertilizante químico 229.18 mm, testigo 222.02 mm, gallinaza 214.46mm, vermicomposta 200.54mm y azufre 198.55 mm. Al finalizar el experimento, el mayor incremento en porcentaje lo obtuvo el tratamiento con azufre (15.50%) seguido por testigo, gallinaza, vermicomposta y químico 14.09, 13.73, 12.40 y 10.87% respectivamente como se muestra en la Figura 2. Trocme (1966), señala la existencia de una relación entre el volumen explorado por las raíces y el diámetro del tallo, como índice de vigor en relación con el rendimiento. A mayor volumen, corresponde generalmente un rendimiento más elevado (Kolesnikov, 1971).

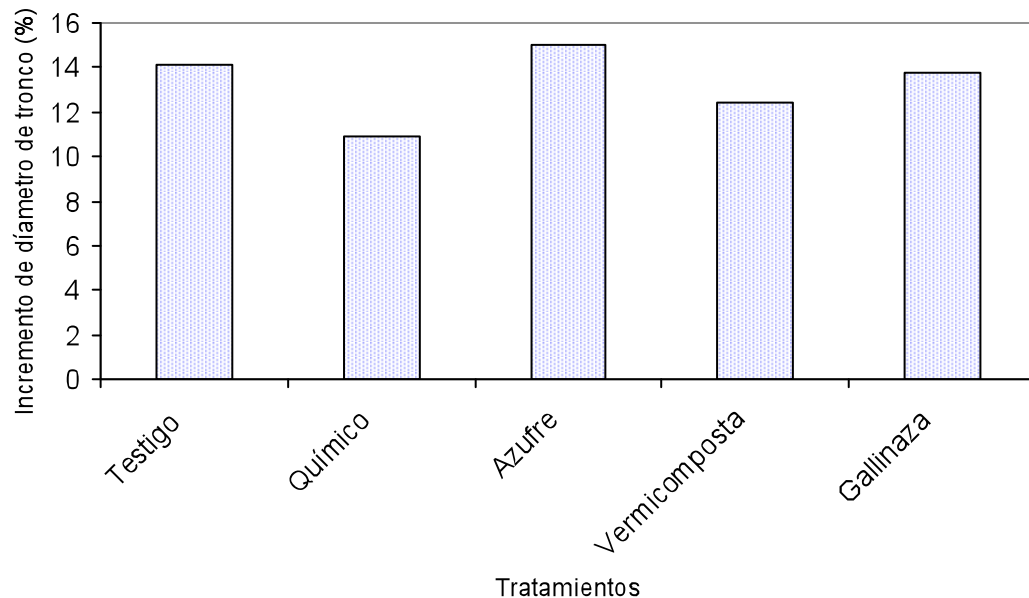


Figura 2. Incremento de diámetro de tronco en árboles de mamey.

4.5. Variables de raíz

4.5.1. Longitud de raíces

Al comparar el efecto de los tratamientos para la variable longitud de raíces a 1 y 3 metros de distancia del tronco, en la orientación norte a la profundidad de 0-30 cm el análisis de varianza indica que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos (Figura 3) (Anexo 5). Con relación a la orientación, no hubo diferencias estadísticas, aunque se observa que la mayor longitud de raíces se presentó en el lado norte (Figura 4), esto coincide con lo encontrado en manzano por Ibáñez (1999) quien indica que hay mayor crecimiento de raíces sobre la hilera de árboles que en este caso, es por donde es conducido el riego.

No se encontraron diferencias significativas con respecto a las distancias del tronco (1, 2 y 3 m) en la orientación norte (Figura 5) (Anexo 7). Para la orientación sur, la mayor longitud de raíces se encontró a 1 m de distancia del tronco, siendo estadísticamente superior a 2 m (Figura 5) (Anexo 7). Estos resultados son similares a los encontrados en árboles de mango, donde la mayor cantidad de raíces de diámetro menores a 1mm se encontró localizada a 1.5 m del tronco (Avilan, 1974).

Las profundidades muestreadas (0-30 y 30-60 cm) fueron estadísticamente diferentes (Anexo 8), la mayor longitud de raíces se encontró de 0-30 cm de profundidad, cuando se aumenta la profundidad se observó menor longitud (Figura 6). Cabe indicar que las características físicas de los suelos influyen en la distribución del sistema radical, así la presencia de horizontes compactados, impiden la penetración de raíces (Greacen *et al.*, 1969).

Atkinson *et al.* (1980) encontraron que el 70% del sistema radical en árboles de manzano se encuentra entre 0 y 30 cm de profundidad, disminuyendo conforme aumenta la profundidad. En aguacate el sistema radical es típicamente superficial,

particularmente en suelos de textura ligera (Salazar-García y Cortés-Flores, 1986). Coincidiendo con Gallegos (1983), quien mencionó que las raíces activas del árbol de aguacate se encuentran en los primeros 20 cm de profundidad.

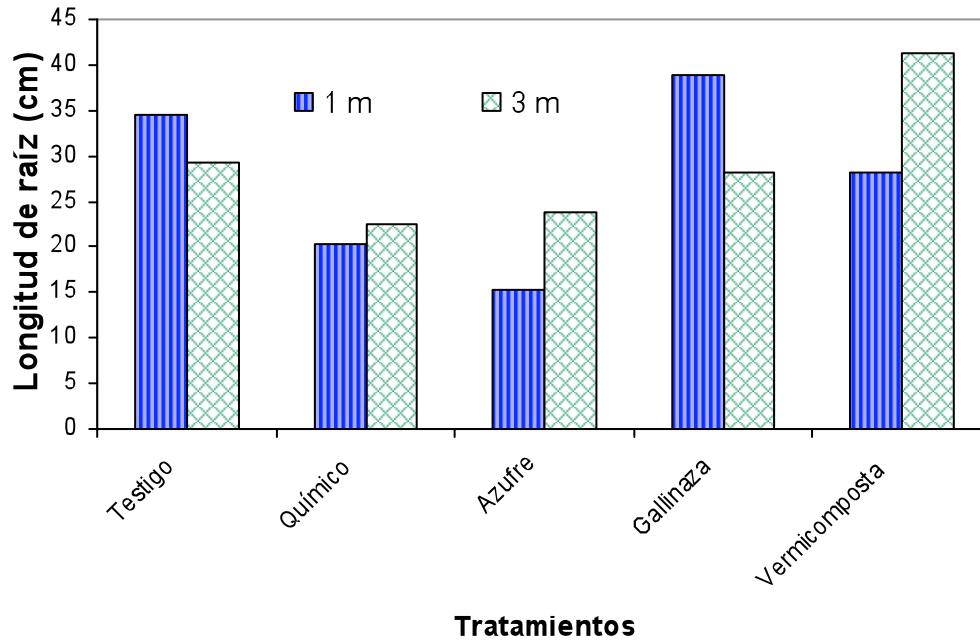


Figura 3. Longitud de raíz en árboles de mamey con diferentes tratamientos.

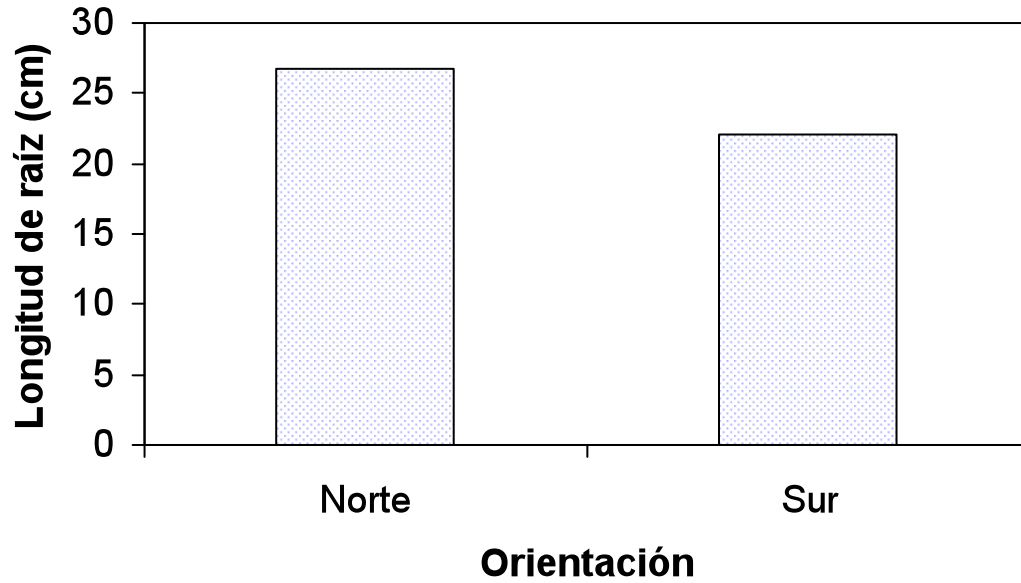


Figura 4. Influencia de la orientación en la longitud de raíz en árboles de mamey.

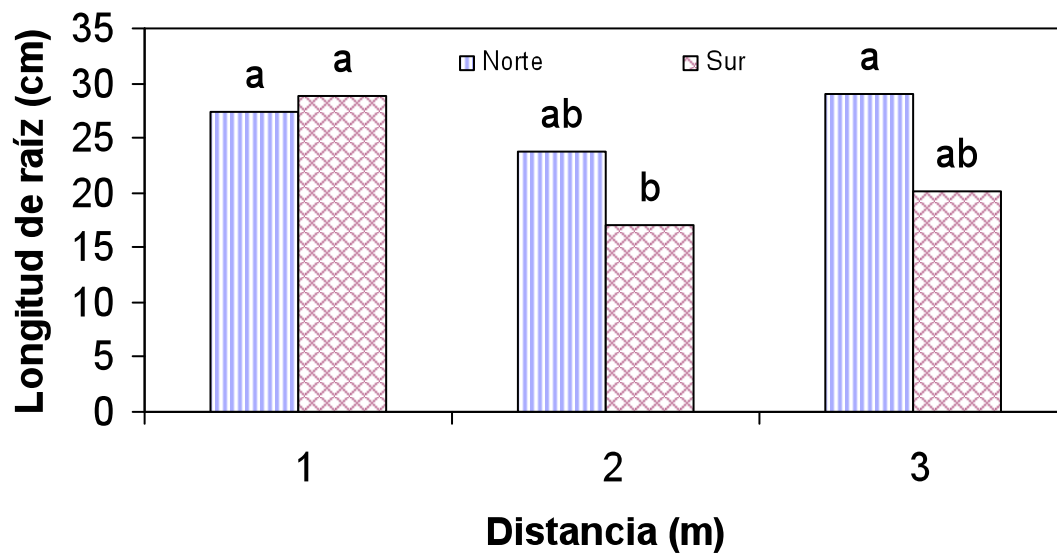


Figura 5. Longitud de raíz a tres distancias del tronco (m) y dos orientaciones en árboles de mamey (barras con misma letra por orientación son estadísticamente iguales, Duncan $p \leq 0.05$).

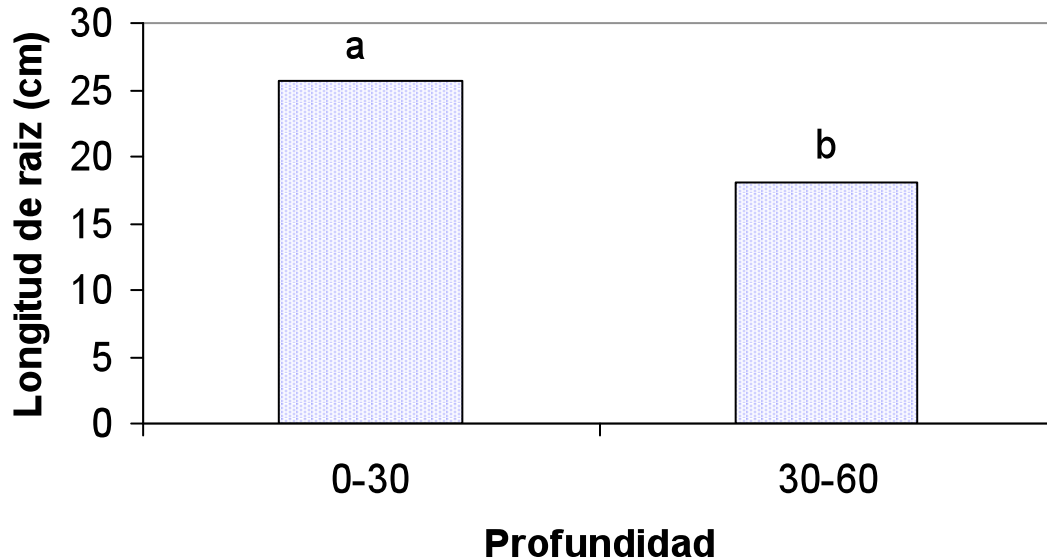


Figura 6. Longitud de raíz a dos profundidades (cm) en árboles de mamey (barras con misma letra son estadísticamente iguales, Duncan $p \leq 0.05$).

4.5. 2. Densidad de raíces

El comportamiento de la densidad de raíces con respecto a tratamientos fue igual a la observada para longitud de raíces. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos a 1 y 3 m de distancia del tronco (Anexo 5), aunque la mayor densidad fue para los tratamientos con vermicomposta y gallinaza (Figura 7).

El análisis de varianza para la variable densidad de raíz comparando orientación (norte y sur) indica que no hubo diferencias significativas (Anexo 6), aunque la Figura 8 muestra mayor densidad numérica de raíces en la orientación norte. El agua de riego en esta dirección favorece el desarrollo de raíces en esta parte del suelo. Además, esto es importante, ya que permite conocer las áreas de mayor concentración de raíces, con el objeto de asegurar la eficiente utilización de los fertilizantes aplicados.

Con respecto a la distancia del tronco no se encontraron diferencias estadísticas en la orientación norte. Sin embargo al sur la distancia de 1 m presenta el valor más alto, siendo estadísticamente diferente a la distancia de 2 m (Figura 9) (Anexo 7).

La mayor densidad de raíces se localizó de 0-30 cm de profundidad, encontrándose diferencia estadística con la profundidad de 30-60 cm (Figura 10) (Anexo 8). La longitud y densidad de raíces disminuye conforme aumenta la profundidad y compactación del suelo que generalmente va asociado al estrés de agua y/o transporte nutrimental (Williamson *et al.*, 1992).

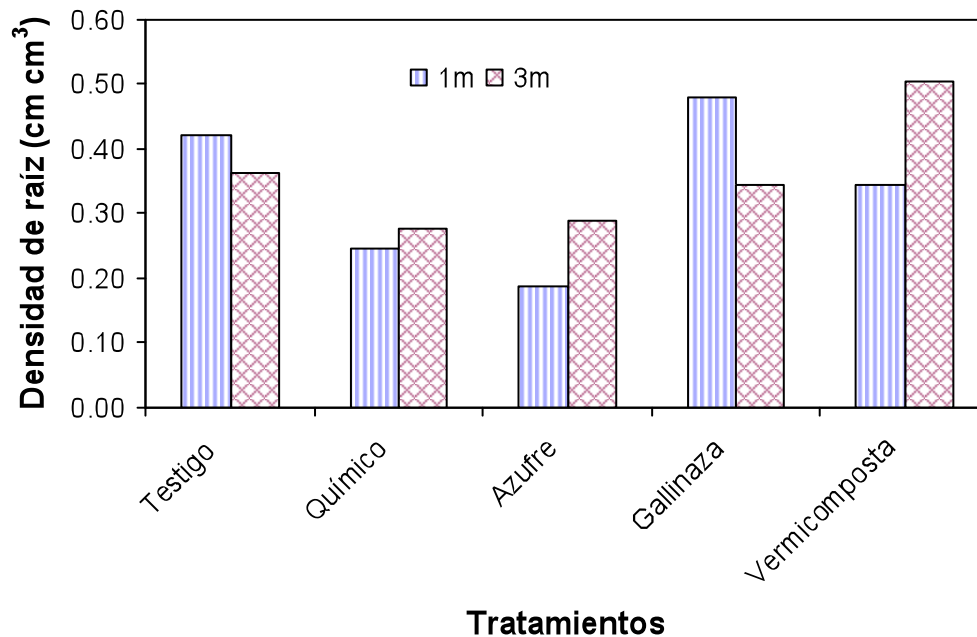


Figura 7. Densidad de raíz en árboles de mamey con cinco tratamientos.

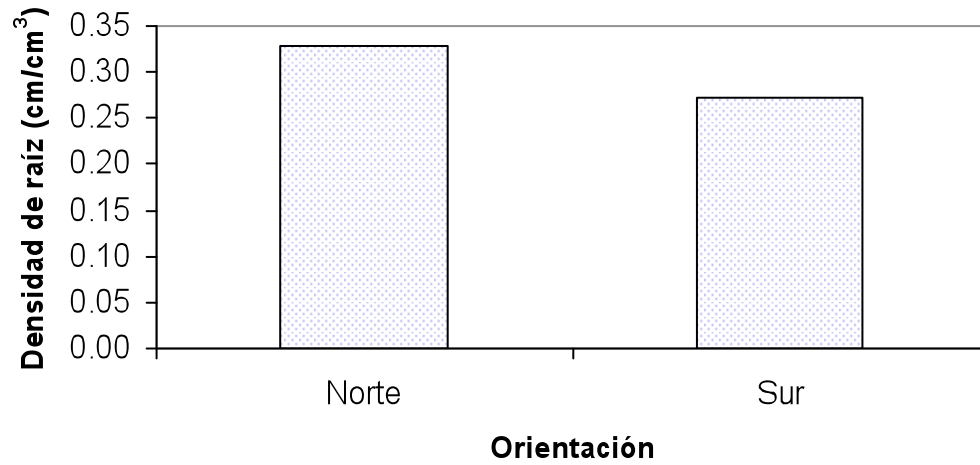


Figura 8. Densidad de raíces en árboles de mamey en dos orientaciones.

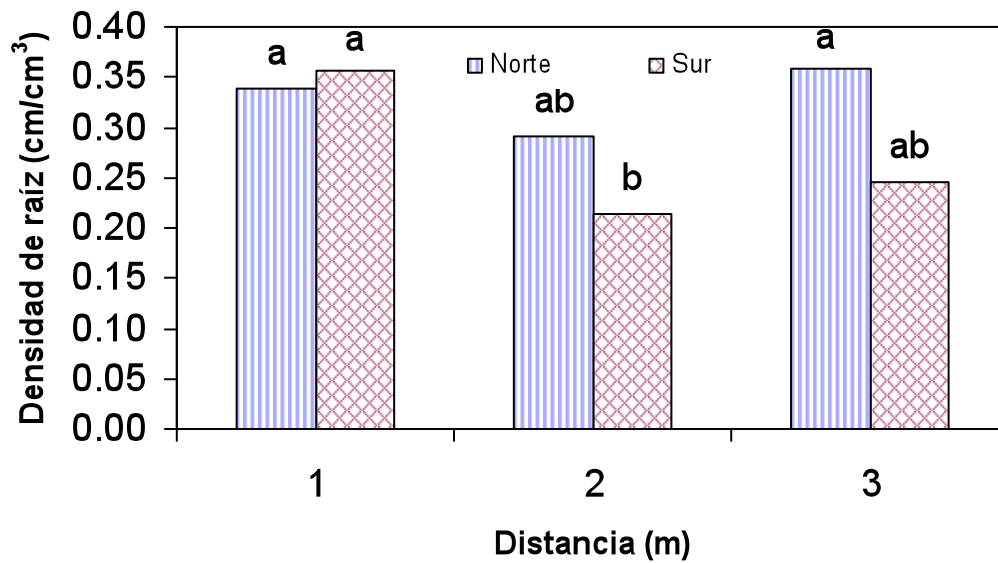


Figura 9. Densidad de raíz a tres distancias del tronco (m) en árboles de mamey (barras con misma letra por orientación son estadísticamente iguales, Duncan $p \leq 0.05$).

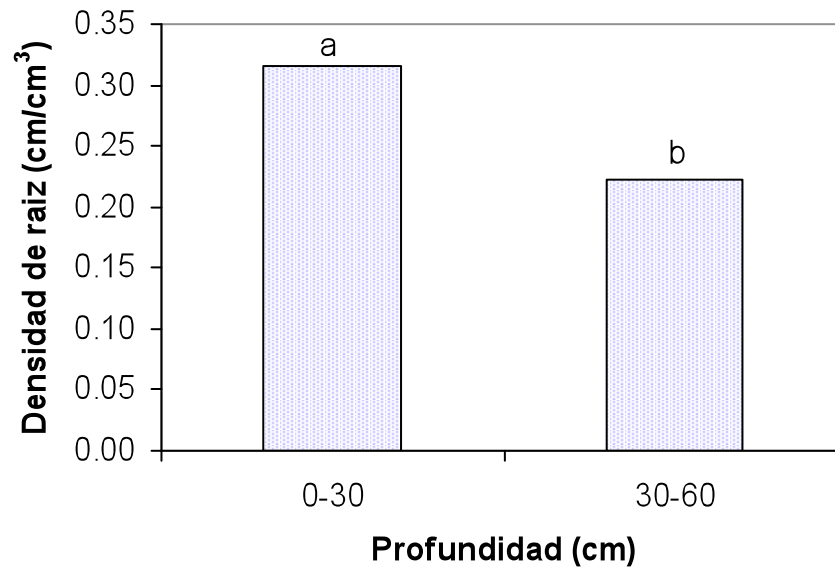


Figura 10. Densidad de raíz en árboles de mamey a dos profundidades (cm) (barras con letra diferente son estadísticamente distintas, Duncan $p \leq 0.05$).

V. CONCLUSIONES

- El valor del pH disminuyó ligeramente en las profundidades estudiadas (0-30 y 30-60 cm) al finalizar el experimento.
- Los macronutrientes encontrados en mayor proporción en hojas de mamey fueron Ca, N, K y S.
- La semilla y cáscara registraron mayores concentraciones de macro y micronutrientes que la pulpa. Los elementos que extraen en mayor proporción los frutos de mamey son K (9.61 kg t^{-1}) y N (6.55 kg t^{-1}).
- Los tratamientos evaluados no afectaron el crecimiento de diámetro del tronco.
- La mayor longitud y densidad de raíces se tuvo a la profundidad de 0 a 30 cm, la orientación sur presentó mayor longitud y densidad de raíces a 1 metro de distancia del tronco, mientras que en la orientación norte no existieron diferencias significativas entre distancias.

Recomendaciones

Debido a que el trabajo se efectuó con árboles propagados por semilla, los cuales presentan variabilidad genética, se requiere precisar sobre estas tendencias y es necesario continuar el estudio como mínimo por 3 años más para tener resultados confiables sobre el efecto de los tratamientos aplicados al suelo, lo cual permitirá tener mayor conocimiento sobre los requerimientos nutrimentales de este frutal.

VI. LITERATURA CONSULTADA

- Aguilar, J.J. M; A. López J.; J.I. Cortés F.; E. Castillejos, A y A. Martínez G. 1997. Efecto del método y dosis de aplicación de zinc en aguacate. Memoria 1997. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del aguacate en el Estado de México (CICTAMEX, S.C). Coatepec Harinas, México. Pp.57-69.
- Alcántar, G.G. y M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. Publicación especial No. 10. Edo de Méx. México. 154 p.
- Almeyda, N y F. W. Martín. 1979. Frutas tropicales. El zapote mamey. Agricultura de las Américas. Febrero: 8-34.
- Anónimo. 1996. Fertilizante microbiano sintropico. Fertilizantes América Latina 1(3):23-30.
- Arias De L. S, J. 1999. Estado nutrimental del mango cv. Haden en respuesta a la fertilización N P K, bajo un enfoque de manejo integrado. Tesis de maestría en Edafología. Colegio de postgraduados, Montecillo, México.
- Arredondo V., C. 1996. Aplicación de estiércol bovino como complemento a la fertilización química del maíz de temporal. p. 194. In: Memorias del XXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Obregón, Sonora, México.
- Atkinson, D. and Wilson, S.A. 1980. The growth and distribution of fruit tree roots: some consequences on nutrient uptake: pp. 137-150. En Atkinson, D.; Jackson, J.E.; Sharples, R.O. y Waller, W.M. (eds.) Mineral Nutrition of Fruit Trees. Butterworths, London.
- Avilan R., L. 1974. Sistema radicular del mango (*Mangifera indica* L.) en un Regosol Aluvial. Agron. Trop. 24 (1): 3-10.
- Avilán R., L. 1974. Cuatro años de fertilización en mango (*Mangifera indica* L.) en suelos de la serie Maracay. Agron. Trop. 24 (2): 97-106.
- Avilán, R., L. 1983. La fertilización del mango (*Mangifera indica* L.) en Venezuela. Fruits 38(3):183-188.
- Avilan, R., L. y M. Figueroa. 1977. Época de la fertilización de mango (*mangifera indica* L.) en suelos de la serie Maracay. Agron. Trop. 24(2):97-106.
- Avilan, L., y L. Meneses. 1979. Efecto de las propiedades físicas del suelo sobre la distribución de las raíces del mango (*Mangifera indica* L.) Turrialba 29(2): 117-122.

- Avilan R., L., O. Chauran y M. Figueroa. 1978. Evaluación del estado nutricional del mango (*Mangifera indica* L.) y el aguacate (*persea americana* Mill) y distribución radicular del mango cultivado en los suelos de las mesas orientales de Venezuela. *Agron trop.* 28(1): 3-18.
- Avilan R., L.; G. Laborem; M. Figueroa y I. Rangel. 1980a. Absorción de nutrientes por una cosecha de Níspero (*Achras sapota*. L) *Agronomía Tropical.* 30(1-6): 7-16.
- Avilan R. L., G. Laborem E., M. Figueroa y L. Rangel. 1980b. Exportación de nutrientes por una cosecha de guanabana (*Annona muricata* L.). *Agron. Trop.* 31(1-6):1-6.
- Balerdi, C. F., J. F. Crane y C. W. Campbell. 1996. The mamey sapote. Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural sciences. University of Florida. F-C 30. 8p.
- Bates, T.E. 1971. Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: A review. *Soil Sci.* 112:116-130.
- Benítez P., D.; M. Hernández, M.; T. Osuna E.; M. Valenzuela L y B. Galván, P. 2003. Muestreo y análisis foliar relacionados con fenología en mango en el sur de Sinaloa, México. *Terra* 21:273-283.
- Benton, J.J.B. Wolf and H. A. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook (a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide)* micro-macro publishing. Inc., Athens, Georgia. 162 p.
- Bernal, R.C. y M. C. Urias. 1991. Agricultura orgánica en hortalizas para exportación. En: *Memorias del Primer Simposio Nacional sobre Agricultura sostenible.* Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. pp. 303-309.
- Bittenbender, H. C., N. V.Hue, K. Fleming and H. Brown. 1998. Sustainability of organic fertilization of macadamia with macadamia husk-manure compost. *Communications in soil science and plant analysis* 29(3 & 4): 409 -419.
- Bouyoucus, G. T. 1951. A calibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agron. J.* 43: 434-438.
- Bower, J.P. 1985. The calcium accumulation pattern in avocado fruit as influenced by long-term irrigation regime. *South African Growers' Association. Yearbook.* 8:97-99.
- Bremner, J. M. 1965. total Nitrogen. In. Ca. A. Black (ed). *Methods of soil Anal. Part. 2.* AMER. Soc. of Agron. Madrisos Wisconsin U.S.A. pp 1149-1178.
- Cadahia, L.C. 2000. *Fertirrigación. Cultivos Horticolas y Ornamentales.* Ediciones Mundi- Prensa. 475 p.
- Campbell, R. J., G Zill and H. Mahdeem. 1997. New mamey sapote cultivars from Tropical América. *Proc. Interamer. Soc. Hort. Trop.* 41(1):219-222.

- Carranza, A.R. y Toyos A.S., 1994. Agricultura orgánica en Baja California Sur: Un principio del desarrollo sustentable. En: II Symposium Internacional. Agroecología - Sostenibilidad - Educación. Colegio de Postgraduados. San Luís Potosí, México.
- Castellanos R., J.Z. 1980. El estiércol como fuente de nitrógeno. Seminarios Técnicos 5(13). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.
- Castellanos R., J.Z. 1982. La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. Seminarios Técnicos 7(8): 32. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.
- Castillo G., A.M. 1996. Fluctuación anual de carbohidratos y nutrimentos en relación al amarre de fruto en aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Colín V-33. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Chapman, H. D. 1968. The mineral nutrition of citrus. In: the citrus industry. Reuther, W. Batchelor, L. Y Webber, H. (Eds.). California. U.S.A. 2:127-178.
- Chapman, H.D. , y P.F Pratt., 1973. métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Trad. Agustin Contin. Centro regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional (A:I.D.). Ed. Trillas. México D.F.195 p.
- Chávez, C.X. 1987. Adelanto de la producción en el mango manila y haden con aplicaciones foliares de nitrato de potasio. Desplegable para productores No. 3. SARH-INIFAP-CIFAPMICH-CEFAPAVA-Apatzingan, Michoacán.
- Claro,C.P; Núñez, E R.; Etchevers-Barra J. D., P. Sánchez, G y J., Alvarado L. 2002. Respuesta, en invernadero, del maíz al azufre en dos suelos del estado de Puebla, México, *Agrociencia* 36: 633-642.
- CSTPA. 1980. Handbook on reference methods for soil testing (revised edition). Coincil soil testing and plant analysis. Athens Georgia, USA. 247 p.
- Cohen, A. 1976. Citrus fertilization. International Potash Institute. Bern, Switzerland.
- Comisión Nacional de Fruticultura. 1974. El cultivo del mamey. Serie de divulgación. Folleto Núm. 14. México.
- Cooke, G. W. 1975. Fertilizing for maximum yield. *In*: Giardini, L.; F. Pimpini; M. Borin; G. Gianquinto. 1992. Effects of poultry manure and mineral fertilizers on the yield of crops. *J. Agric. Sci.* 118: 207-213.
- Cutting, J.G.M. and J.P. Bower. 1992. The effect of vegetative pruning on fruit material composition and postharvet quality in 'Hass' avocado pp. 407-443. In: Lovatt, C.J. (ed.). Proc. Second World Avocado Cong. Orange, Calif. USA, April 21-26, 1991.

- Davenport, T.L. and J.T. O'Neal. 2001. Flowering and fruit development patterns of five mamey sapote cultivars in South Florida. Proc. of Interamer. Soc. Trop. Hort.44:56-59.
- De Roo, H. 1969. Tillage and root growth to: Root growth; W. L. Whittington (Editor), London, Butterworths. pp 339-357.
- Díaz, P. 1998. Biofertilización del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L) con bacterias promotoras de crecimiento, micorriza arbuscular y vermicomposta. Tesis de maestría. Colegio de postgraduados, Montecillo, México.
- Edwards, C.A., I. Burrows, K.E. Fletcher and B.A. Jones. 1985. The use of earthworms for composting farmwastes. pp. 229-242. In: J.K.R. Gasser (ed.). Composting of agricultural and other wastes. Elsevier Publisher. Luxemburgo, U.K.
- Embleton, T.W., W.W. Jones and M.J. Garber. 1959. Leaf analysis as a guide to nitrogen fertilization of avocado. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 74: 378-382.
- Embleton, T.W., W.W. Jones, C.K. Labonauskas and W. Reuther. 1973. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization. pp. 183-210. In: W. Reuther, L.D. Batchelor y H.J. Webber (eds.). The citrus industry. Division of Agricultural Sciences, University of California. Berkeley, CA.
- Embleton, T.W. and W.W. Jones. 1966. Avocado and mango nutrition. pp. 51-76. In: Childers, N.F. (ed.). Temperate to Tropical Fruit Nutrition. Horticultural Publications. Rutgers State University. New Brunswick, N. J.
- Epstein, E. 1972. Mineral nutrition of plants, principles and perspectives. John Wiley and sons. Inc. New York, USA. 549 p.
- Etchevers B., J. D., G. Espinoza y E. Riquelme. 1971. Manual de fertilidad y fertilizantes. Segunda edición. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía Chillan Chile. 35 p.
- Ewart, A. and W.M. Kliever. 1977. Effects of controlled day and night temperatures and nitrogen on fruit set, ovule fertility, and fruit composition of several wine grape cultivars. Amer. J. Enol. Vit. 28: 88-95.
- Faust, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. Wiley. New York. USA 328p.
- Gallegos, E.R. 1983. Algunos aspectos del aguacate y su producción en Michoacán. Grupo editorial Gaceta, S.A. Universidad Autónoma Chapingo. México. 317 p.
- Giardini, L.; F. Pimpini; M. Borin and G. Gianquinto. 1992. Effects of poultry manure and mineral fertilizers on the yield of crops. J. Agric. Sci. 118: 207-213.
- Gil M. F. 1995. Elementos de fisiología vegetal. Relaciones hídricas, nutrición mineral, transporte y metabolismo. Ed. Mundi prensa, Madrid. pp. 254-271.

- Ginsberg, L. 1985. Postharvest physiological problems of avocados. South African Avocado Grower' Association Yearbook 8: 8-11.
- Greacen, E.L.; Barley, K. P. y Farrel D.A. 1969. The mechanism of roots growth in soils with particular reference to the implications for root distribution. In: Root growth; W. J. Whittington (Editor) London, Butterworths. pp 256-268.
- Gros, A y Domínguez V.A. 1992. Abonos guía práctica de la fertilización. Ed. Mundi Prensa, Madrid. 450 p.
- Guerrero, G. A. 1990. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ed. Mundi Prensa, Madrid. 267 pp.
- Gutiérrez, R.N. 1986. Dinámica nutrimental en árboles de aguacate cv. Fuerte tratados contra *Phytophthora cinnamomi* Rands. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Guzmán, E.C., R. Mosqueda, V., S. Alcalde, B. and A. Martínez, G. 1997. Macro and micronutrientes foliar content variation in mango cv. Manila. *Acta Horticulturae* 455: 471-478.
- Hidalgo, I. y M. Candela. 1969. Morfología radicular de la vid. Madrid. INIA. p. 101.
- Hochmuth, G.J. 2003. Progress in mineral nutrition and nutrient management for vegetable crops in last 25 years. *HortScience* 35(5):999-1003.
- <http://www.guerrero.gob.mx> (revisado 20 mayo 2006).
- Ibáñez. 1999. Cubiertas, riego y fertilización foliar en árboles de manzano con deficiencias nutricionales. Tesis de maestría. Programa en Fruticultura. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Ibarra E. M. E. 2005. Morfología de hojas y fenología en selecciones de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.Moore & Stearn) de Alpoyecá, Gro., y Cazones, Ver. Tesis de Maestría en Fruticultura. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Ibarra, N.G., A. García y M.A. Moreno. 1995. Las comunidades de artrópodos de dos cafetales con diferentes prácticas agrícolas (orgánico y convencional). El caso de las arañas (Aracnida, Araneae). Memoria XXX Congreso nacional de Entomología. Chapingo, México. 12-13 p.
- Jara P. E. 2001. Respuesta de la frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) 'Autumn Bliss' a la aplicación de vermicomposta asociada con lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet.). Tesis de maestría. Programa en Fruticultura. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Jones, B.J. Jr., B. Wolf and H.A. Mills. 1991. Plant analysis handbook. Micro-Macro Publishing. Georgia. 162 p

- Kass, C. L. D. 1996. Fertilidad de suelos. Universidad Estatal a Distancia. San José Costa Rica. 376 pp.
- Kolesnikov, V. 1971. The root system of fruit plants, Moscow, MIR Publishers, p. 269.
- Koo, R.C.J. 1984. Recommended fertilizers and nutritional sprays for citrus. Bulletin 536D. Agricultural Experimental Station, University of Florida. Gainesville, FL.
- Kross, B.C., M.L. Nelson, A. Ayebo, and J.K. Jhonson. 1995. Humans. In: soil Amendments. Impacts on Biotic Systemns. Ed. Jack E. Rechigl. Lewis Publishers, London. Pp.153-214.
- Köseoglu, A.T., N. Eryüce, and H. Colakoglu. 1995. The effect of N, P, K fertilizers on fruit yield and quality of satsuma mandarines (*Citrus unshiu* Marc.). Acta Horticulturae. 379:89-96.
- Kumar, S. and J.P. Nauriyal. 1977. Nutritional studies on mango-tentative lesf analysis standards. Indian Jo Hort. 34:100-106.
- Laborem G., E., L.V. Avilan y M. Figueroa. 1979. Extracción de nutrientes por una cosecha de mango (*Mangifera indica* L.). Agron. Trop. 29(1): 3-15.
- Lindsay, W.L. 1979. Chemical equilibrium in soils. Wiley. New York.
- Lindsay, W.L. and W.A. Novell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and coper. Soil Sci. Amer. J. 42: 421-428.
- Litz, R.E. 1997. The mango botany production and uses. Cab. International New York U.S.A. pp: 175-194.
- Loeppert, R.H., L.R. Hossner and P.K. Amin. 1984. Formation of ferric oxihydroxides from ferrous perchlorates in stirred calcareous systems. Soil Sci. Soc. Amer. J. 48: 677-683.
- Lovatt, C.J. 1993. Physiology of reproduction of citrus and avocado. VI Curso de Actualización Frutícola. Tópicos selectos para el desarrollo de la fruticultura. Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S. C. Coatepec Harinas, México.
- Maldonado, R. T; J.D. Etchevers, G. Alcántar, G.; J. Rodríguez A. y M.T. Colinas L. 2001. Estado nutrimental del limón mexicano en suelos calcimorficos. Terra 19: 163-174.
- Malavolta, E. And A.V. Netto. 1989. Nutricao mineral, calagem, gessagem e adubacao dos citros. Associacao Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, Brazil.

- Manzano, E. J. 2001. Caracterización de algunos parámetros de calidad en frutos de zapote mamey (*Calocarpum sapota* (Jacq) Merr. en diferentes condiciones de almacenamiento. Proc. Soc. Trop. Hort. 43:53-56.
- Maraikar, S.; and S. L. Amarasiri. 1989. Effect of cattle and poultry dung addition on available P and exchangeable K of a red-yellow podzolic soil. Tropical Agriculturalist 144:51-59.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. San Diego, CA.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. Inc. U.S.A. 543 p.
- Marschner, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. 2a ed., Ed. Academic Press, London. 889 pp.
- Mengel, K. and E. Kirkby. 1982. Principles of plant nutrition. 3rd ed. International Potash Institute. Bern, Switzerland.
- Miller, D. E. 1986. Root systems in relation to stress tolerance. Hortscience. 24: 963-970.
- Montañés, L., Heras, L. y M. Sanz. 1991. Desviación del Óptimo Porcentual (DOP): Nuevo índice para la interpretación del análisis vegetal. An. Aula Dei, 20 (3-4), pp. 93-107.
- Moosler, M. A. and O. N. Nesheim. 2002. Florida Crop/Pest Management profile. Mamey sapote and sapotilla. University of Florida. Cooperative Extensión Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. <http://edis.ifas.ufl.edu/P1054>.
- Mosqueda, V.R.1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en frutales tropicales y subtropicales. INIA, SARH, México. Pp.16-26.
- Mudson, R.D., and W.L. Nelson. 1973. Principles and practices in plant analysis. In: Walsh, L.M., and Beaton, J.D., (eds). Soil Testing and plant analysis. Soil Sci. Soc. Amer. Inc. Madrinós, Wsconsin, U.S.A. pp. 223-248.
- Nadir, M. 1972. Matieres fraiches, matieres seches et teneurs des elements mineraux dans les differents organes et parties des citrus en production. Al-Awamia 43:17-30.
- Netto, A.V., B.V. Rajj, E.E.A Blasco, E. Malavolta, G.C. Vitti, H. Cantarella, T.J. Sabrino, J.A. Quaggio, H.D. Negri, O. Rodrigues y O.C. Bataglia. 1988. Recomendacoes de adubacão e calagem para citros no estado de Sao Paulo. Laranja. Cardeirópolis. 3(9): 1-15

- Newman, E. Y. 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. *Journal of applied Ecology* 3:139:145.
- Olsen, S.R., V. Cole, F.S. Watanabe, and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. U.S.Dept. Agr.Circ. 939.
- Ortiz, M. L. 1984. Determinación de la formula de abono químico mas adecuada en el cultivo de aguacate variedad Hass. In: Simposium sobre cultivo, producción y comercialización del aguacate. IV congreso Nacional. Uruapan, Michoacán. México. Pp. 21-28.
- Parnes, R. 1990. Fertile soil. A grower's guide to organic and inorganic fertilizers. Afhacess. Davis, California, USA.
- Pasricha, N. S., and R. L. Fox. 1993. Plant nutrient sulfur in the tropics and subtropics. *Adv. Agron.* 50: 209-269.
- Pennington, T. D. y Sarukhán, J. 1998. Árboles tropicales de México: Manual para la Identificación de las Principales Especies. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. D. F. México. 518 p.
- Pérez Z., O. 2002. Evaluación de mejoradores del suelo en limón mexicano. *Terra* 20: 337-346.
- Petterson, T. A.; M. Blackmer, T.; D. Francis, D. and J. Schepers, J. 1993. Using a chlorophyllmeter to improve N management . *Neb. Guide.* Intitute of Agriculture and natural Resources, University of Nebraska Lincoln No. 693-1171-A. (Disponible en línea en <http://www.infomart.nebraska.lin./art/publuc/ptc2/18-35/gid.htm>) (revisado el 22 de marzo de 2005).
- Quinteros, R. 1999. el cultivo del aguacate orgánico. Memórias del IV foro nacional sobre agricultura orgânica. Jose Feliciano Ruiz Figueroa (Ed.). Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México. Pp 167-170.
- Requejo, R., R. Mendoza, L. Escobedo and J.M. Dimas. 1994. Effect of acid liquids fertilizers on corn, barley and tritcale in greenhouse. In: Symposium Fertilizer Technology its Efficient Use for Crop Production. Transactions 15th World Congress of Soil Science. Acapulco, Mexico.
- Richards, L.A. 1990. Diagnostico y rehabilitación de suelos salinos y sodicos. 6ta. Ed. Departamento de agricultura de Estados Unidos de América. Limusa. Méx, D.F.
- Robson, A.D. and M.G. Pitman. 1983. Interactions between nutrient higher plants. pp. 147-180. In: A. Lauchli y R.L. Bielski (eds.). *Encyclopedia of plant physiology.* Springer Verlag. Berlin, Germany.

- Rodríguez, P.F., G. Velásquez, C. Chamorro y N. Martínez. 1992. adaptación tecnológica de la lombricultura en la zona cafetera de alban Cundinamarca. *Acta Biológica Colombiana*. 7-8:91-109.
- Romero, L. M. R. 1997. Abonos orgánicos y químicos en producción, sanidad, absorción nutrimental de papa y efecto en el suelo. Tesis de Maestría en ciencias. Colegio de postgraduados en ciencias agrícolas. Montecillo, México. 135 p.
- Romero L., María del R., A. Trinidad S., R. García E. y R. Ferrara C. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 34: 261-269.
- Russell, R. 1977. *Plant root systems*. Londres. Mc Graw Hill. Cap. 5 y 9.
- Ryugo, K. 1993. *Fruticultura, ciencia y arte*. Agt Editor, S.A. México. 460 p.
- SAGARPA. 2005. *Anuario de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos*. Centro de Estadística Agropecuaria. México.
- Salazar G., S. and J. I. Cortés-Flores. 1986. Root distribution of mature avocado trees growing in soils of different texture. *Calif. Avocado Soc. Yrbk.* 70:165- 174.
- Salazar-García, S. 2002. *Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones*. INPOFOS, INIFAP. Querétaro, México.
- Salisbury, F.B. y C. W. Roos. 1994. *Fisiología vegetal*. Grupo Editorial Interamericana. USA. Pp. 142-143.
- Samra. J. S., R.S. Thakur, and K.L. Chadha. 1977. Effect of foliar application of urea on yield parameters of mango. *Indian Journal of Horticulture* 34, 26-29.
- Sanchez, E.; Righetti, T. and Sugar, D. 1995. Partitioning and Recycling of Fall Applied boron in Comice Pears.; INTA Alto Valle, General Roca, Río Negro. Argentina
- Sánchez, G.P. y P. Ramírez M. 2000. Fertilización y nutrición del aguacatero. pp. 103-113. In: D. Téliz (ed.). *El aguacate y su manejo integrado*. Mundi-Prensa. México.
- Slatyer, R. 1967. *Plant water relationships*. N.Y. Academic Press. Cap. 5. 1967.
- Soane, B.D.; Blackwell, P.S.; Dicson, J.W. and Painter, D.J. 1981. Compactation by agricultural vehicles. A review. *Soil and Tillage Research*, 1: pp. 207-237.
- Sotomayor, C.. 1998. Efectividad de aspersiones foliares de boro en la cuaja frutal de almendros cvs. Non Pariel y Carmel. IX Congreso Latinoamericano de Horticultura. 277.
- Sumner, M. 2000. *Handbook of soil science*. CRC Press. Washington, DC. (Boswell et. al., 1985).

- Swietlik, D. and J. V. Laduke. 1991. Productivity, growth and leaf mineral composition of orange and grapefruit trees foliar-sprayed with zinc and manganese. *J. Plant Nutrition* 14(2):129-142.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. *Plant Physiology*. The Benjamin/Cummings Publ. Co., Inc. Redwood City, Calif., USA 565 p.
- Tavera y, S.,G. 1985. Criterios para la interpretación y aprovechamiento de los reportes de laboratorio para las áreas de asistencia técnica. Publicación 3. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Delegación La Laguna. Matamoros, México.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton, and J.L. Havlin. 1993. *Soil Fertility and Fertilizers*. Fifth edition. In. MacMillan Publishing Company, New York. 304-363 pp.
- Tisdale, S.L.,and W.L. Nelson. 1966. *Soil fertility and fertilizers*. The Macmillan Co. New York.
- Trejo, R.P. 1972. Interaccion gallinaza-Nitrógeno en el cultivo de maíz de riego en Chapingo México. Tesis profesional. ENA. Chapingo. Méx.
- Trocme, S. y R. Gras.1966. *Suelo y fertilización en fruticultura*, Trad. J. de la Vega; Madrid, Mundi-Prensa. 346 p.
- Vega P., A. 1994. Enfermedades del mango *Manguifera indica* L. en el valle de Apatzingan, Michoacán, SARH-INIFAP. Centro de investigación del Pacifico Centro. Folleto No. 20.
- Velasco V., J. 1996. Efecto de la Vermicomposta e inoculación con la endomicorriza arbuscular (*Glomus intraradix*) y *Azospirillum brasilensi* en la producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Viets, F.G. and W.L. Lindsay. 1973. Testing soils for zinc, copper, manganese, and iron, pp.153-172. in L.M.Walsh y J.D. Bealon (eds). *Soil testing and plant analysis*, revised edition. Soil Sci. Soc. of Amer, Madison, Wisconsin
- Voster, L.L. and J.J. Bezuidenhout. 1988. Does zinc play a role in reducing pulp spot? *South African Avocado Grower's Assn. Yrbk.* 11, p 60.
- Walkey, A. and T.A.. Black. 1947. A critical examination of rapid method for determining organic carbon in soil. Effects of variations in digest conditions and organic soil constituents. *Soil Sci.* 63:251-263.
- Westerman, R.L. 1990. *Soil testing and plant analysis*. Third ed. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

- Westwood, M.N.1982. Fruticultura de zonas templadas. Edición Mundi-prensa, Madrid. España pp.155-173.
- Whiley, A. W.; B. Schaffer and B. N. Wolstenholme. 2002. The avocado botany, production and uses. CABI Publishing. London. 416 pp.
- Williams, R.R. 1965. The effect of summer nitrogen applications on the quality of apple blossom. J. Hort. Sci. 40: 31-41.
- Williams, L.E. and R.J. Smith. 1991. The effect of rootstock on the partitioning of dry weight, nitrogen and potassium, and root distribution of cabernet sauvignon grapevines. Am. J. Enol. Vitic; 42 (2), pp. 118-122.
- Williamson, J.G.,D.C. Coston and J.A. Comell. 1992. Root restriction affects shoot development of peach in a high-density orchard. J. Amer. Soc. Hort Sci. 117(3):362-367.
- Witney, G.W., P.J. Hoffman, and B.N. Wolstenholme. 1990. Mineral distribution in avocado trees with reference to calcium quality and fruit quality. Sci. Hort. 44:279-291.
- Wolfe, H., Evan Oordt., R. Figueroa y R. Franciosi. 1969. El cultivo del mango en el Perú. Ministerio de Agricultura y Cría. Boletín Técnico No. 74. Lima-Perú. 39 Pág.
- Young, T.W. and C. J. R. Koo. 1969. Mineral composition of Florida mango leaves Proc. Fla. State Hort. Soc. 82: 324-328.
- Young, T.W.; and C. J. R. Koo. 1971. Variations in mineral content of Florida mango leaves. Proc. Fla. State Hort. Soc. 84: 298-303.

VII. APENDICE

Anexo 1. Análisis de varianza para pulpa

	C.M.	F	Pr > F	r- cuadrada	C.V.
N	0.643542	2.28	0.1086	0.378314	19.22687
Error	0.282010				
P	0.002780	0.75	0.5756	0.165921	19.25755
	0.003726				
K	0.545130	0.07	0.9897	0.018700	51.10442
	7.628305				
Ca	0.010620	2.39	0.0968	0.389528	17.83690
	0.004438				
Mg	0.002330	0.46	0.7611	0.110139	34.90244
	0.005020				
Mn	0.129182	0.52	0.7246	0.121143	107.1629
	0.249915				
Zn	0.395167	1.12	0.3855	0.229351	70.67090
	0.354083				
B	5.89948	0.01	0.9999	0.001863	106.1084
	842.87518				
Fe	28.686830	0.60	0.6694	0.137616	43.62242
	47.938320				
Cu	0.012457	0.60	0.6694	0.137631	85.62258
	0.020815				

Anexo 2. Análisis de varianza para cáscara y semilla

	C.M.	F	Pr > F	r- cuadrada	C.V.
Nitrógeno	0.501867	1.42	0.2767	0.274025	15.67805
Error	0.354563				
Fósforo	0.001067	0.51	0.7322	0.118875	13.43121
	0.002110				
Potasio	1.161450	0.26	0.8963	0.065844	49.70302
	4.394158				
Calcio	0.128980	1.88	0.1655	0.334471	29.54345
	0.068438				
Mg	0.005620	3.87	0.0236	0.507965	11.66945
	0.001451				
Mn	0.229757	0.17	0.9512	0.042978	65.03578
	1.364323				
Zn	0.309130	0.11	0.9769	0.028680	71.04065
	2.791826				
B	9.05602	0.01	0.9998	0.002696	105.5377
	893.27807				
Fe	83.147667	0.46	0.7665	0.108492	56.91075
	182.198470				
Cu	0.009730	0.63	0.6488	0.143778	82.59451
	0.015451				

Anexo 3. Análisis de varianza para pulpa, cáscara y semilla

	C.M.	F	Pr > F	r- cuadrada	C.V.
Nitrógeno	10.73296000	28.86	<.0001	0.431681	18.59127
Error	0.37184842				
Fósforo	0.00625000	2.31	0.1371	0.057240	15.79592
	0.00270895				
Potasio	14.0896900	2.86	0.0990	0.070010	46.12997
	4.9253492				
Calcio	2.62144000	60.32	<.0001	0.613491	33.11756
	0.04346184				
Mg	0.15252250	44.97	<.0001	0.542018	21.99665
	0.00339145				
Mn	17.67570250	26.19	<.0001	0.407979	72.62525
	0.67498250				
Zn	22.80100000	17.33	0.0002	0.313171	71.83129
	1.31594316				
B	9.18722	0.01	0.9085	0.000352	94.13973
	686.89791				
Fe	615.597160	6.00	0.0190	0.136345	51.17420
	102.615522				
Cu	0.00324000	0.19	0.6616	0.005094	80.90281
	0.01665132				

Anexo 4. Análisis de varianza para el incremento de diámetro de tronco

	C.M.	F	Pr > F	r- cuadrada	C.V.
	12.3780825	0.52	0.7212	0.122163	36.56039
	23.7189367				

Anexo 5. Análisis de varianza para tratamientos: longitud (L) y densidad (D) de raíces, distancia de tronco (1, 2 y 3 m), orientación (norte) y profundidad (0-30 cm).

	C.M.	F	Pr > F	r- cuadrada	C.V.
L1M	381.374867	2.24	0.1137	0.373774	47.57830
Error	170.389815				
L2M	234.181933	1.15	0.3730	0.234047	60.01374
	204.371963				
L3	218.973842	1.58	0.2318	0.295890	40.62752
	138.953942				
D1M	0.05818250	2.24	0.1139	0.373530	47.93828
	0.02602167				
D2M	0.03553000	1.15	0.3728	0.234127	60.08506
	0.03099333				
D3M	0.03288250	1.57	0.2343	0.294593	40.70288
	0.02099667				

Anexo 6. Análisis de varianza para orientación (norte y sur) a la profundidad de 0-30 cm.

	C.M.	F	Pr > F	r- cuadrada	C.V.
Longitud	165.957120	2.98	0.0952	0.096270	30.56216
	55.639741				
Densidad	0.02465333	2.97	0.0961	0.095783	30.32250
	0.00831190				

Anexo 7. Análisis de varianza para distancia del tronco (1, 2 y 3 m), en las orientaciones norte y sur a 0-30 cm de profundidad.

	C.M.	F	Pr > F	r- cuadrada	C.V.
Longitud	122.735333	2.65	0.0479	0.355988	27.86668
	46.258050				
Densidad	0.01831733	2.65	0.0480	0.355833	27.64403
	0.00690833				

Anexo 8. Análisis de varianza para la profundidad 0-30 y 30-60

	C.M.	F	Pr > F	r- cuadrada	C.V.
Longitud	285.994845	4.86	0.0408	0.212561	35.11457
	58.859678				
Densidad	0.04232000	4.81	0.0417	0.210778	34.87958
	0.00880333				