



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA**

**RESPUESTA DE TRES CULTIVARES DE MANGO *Mangifera indica* L. A LA
APLICACIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS**

NAIN PERALTA ANTONIO

**T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO.

2013

La presente tesis titulada: “RESPUESTA DE TRES CULTIVARES DE MANGO Mangifera indica L. A LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS” realizada por el alumno: Nain Peralta Antonio, 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

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. A. ENRIQUE BECERRIL ROMÁN

DIRECTOR DE TESIS



DR. ANDRÉS REBOLLEDO MARTÍNEZ

ASESORA



DRA. ANA LID DEL ANGEL PÉREZ

ASESOR



M.C. DAVID JAÉN CONTRERAS

Montecillo, Texcoco, Estado de México, abril de 2013.

RESPUESTA DE TRES CULTIVARES DE MANGO *Mangifera indica* L. A LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS

Nain Peralta Antonio, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2013

Resumen

El objetivo del trabajo fue determinar el efecto de fertilizantes orgánicos sobre fertilidad del suelo, presencia de micorrizas y crecimiento, rendimiento y calidad de frutos en tres cultivares de mango (Manila, Tommy Atkins y Ataulfo). Las fuentes de fertilización fueron: Lombricomposta, bocashi y gallinaza (5 y 10 t ha⁻¹), 230-0-300 y 230-0-0 g de NPK árbol⁻¹ y se comparó con un testigo. El diseño utilizado para las variables de suelo fue completamente al azar y para el resto de variables fue parcelas divididas en completamente al azar: Parcela grande (cultivares) y la parcela chica (fuentes de fertilización); con tres repeticiones, considerando un árbol como unidad experimental. Las variables medidas fueron: Fertilidad del suelo (pH, materia orgánica, % de arena, % arcilla, % limo, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn), presencias de micorrizas (% de colonización de raíces y número de esporas en suelo), contenido nutrimental de hoja y fruto (N, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu y Mn), diámetro de tallo, floración, rendimiento y calidad del frutos. Se realizaron análisis de varianza y pruebas de medias de Tukey (P≤0.05). Se encontraron diferencias estadísticas significativas en: Fertilidad del suelo (N, K, Cu y Zn), número de esporas micorrízicas (en cultivares), diámetro de tallo en cultivares, número de panículas (cultivares y fuentes de fertilización), concentración nutrimental foliar en cultivares (N, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn y Cu) y fuentes de fertilización (N, K, Ca, Mg, Fe, Mn y Cu), concentraciones nutrimentales de frutos en cultivares (K, Mg, Fe, Mn y Cu) y fuentes de fertilización (N, K, Mg, Zn, Fe, Mn y Cu), calidad del fruto en cultivares (diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso, pérdida de peso, SST, acidez titulable, color, firmeza y relación pulpa-cáscara-semilla) y en fuentes de fertilización (SST, firmeza y relación pulpa-cáscara-semilla). Se concluye que la aplicación de fertilizantes orgánicos influyó en la fertilidad del suelo, concentraciones nutrimentales de hojas y frutos, floración, rendimiento y calidad de frutos.

Palabras clave: Micorrizas, concentración foliar, Tommy Atkins, Manila, Ataulfo.

RESPONSE OF TREE MANGO CULTIVARS *Mangifera indica* L. TO ORGANIC FERTILIZERS APLICATION

Nain Peralta Antonio, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2013

Abstract

The aim of this work was determine the effect of organic fertilizers on soil fertility, mycorrhizal presence, and growth, yield and fruit quality in three mango cultivars (Manila, Tommy Atkins and Ataulfo). The fertilization sources were vermicompost, bokashi, and poultry manure (5 and 10 t ha⁻¹), 230-0-300 and 230-0-0 g of NPK tree⁻¹, and they were compared with a control. The experimental design for soil variables was completely randomize and the other variables was a split-plot design in completely randomized: Large plot (cultivars) and small plot (fertilization sources), with three replications, considering a tree as the experimental unit. Variables measured were fertility soil (pH, organic matter, % sand, %clay, % silt, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn), mycorrhizae presences (% root colonization and number of spores in soil), fruit and leaf nutritional concentration (N, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu y Mn), stem diameter, flowering, yield and fruit quality. Were performed variance analysis and Tukey test ($P \leq 0.05$). Significant statistics differences were found in soil fertility (N, K, Cu and Zn), number of mycorrhizal spores in cultivars, stem diameter in cultivars, number of panicles (cultivars and fertilizations sources), foliar nutritional concentration in cultivars (N, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn and Cu) and fertilization sources (N, K, Ca, Mg, Fe, Mn y Cu), fruits nutritional concentrations in cultivars (K, Mg, Fe, Mn and Cu) and fertilizations sources (N, K, Mg, Zn, Fe, Mn and Cu) fruit quality in cultivars (polar diameter, equatorial diameter, weight, weight loss, TSS, titratable acidity, color, firmness and relation flesh-peel-seed) and fertilizations sources (TSS, firmness and relation flesh-peel-seed). It is conclude that organic fertilizers influence in fertility soil, nutritionals concentrations in leaves and fruits, flowering, yield and fruits quality.

Key words: Mycorrhizal, foliar concentration, Tommy Atkins, Manila, Ataulfo.

Dedicatoria

Dedico esta obra a todas las personas que me apoyaron y estuvieron a mi lado durante el estudio de maestría: familia, amigos, compañeros de clases y profesores.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado salud y fuerzas para concluir con éxito mis estudios.

A mi gran familia, por haberme apoyado en cada momento; a mi madre Florencia Antonio; mi padre, Agustín Peralta, mis hermanas, Saraí, Teresa, Lorena y Lucieli; a mi abuela Cecilia Morales.

A mi esposa e hija, Araceli y Abril, respectivamente, por haberme dado la dicha de ser esposo y padre.

A mis asesores: Dr. A. Enrique Becerril Román, Dr. Andrés Rebolledo Martínez, Dra. Ana Lid del Angel Pérez y M.C. David Jaén Contreras, por haberme guiado, brindarme conocimientos y amistad.

Al Colegio de Postgraduados, ya que gracias a sus catedráticos he enriquecido mis conocimientos en el ámbito profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnologías (CONACyT), por el apoyo otorgado para el estudio de Maestría en Ciencias en el Colegio de Postgraduados.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarias (INIFAP), ya que el trabajo de investigación se llevó a cabo en sus instalaciones y su personal desempeñó un papel fundamental en el desarrollo de las actividades.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Importancia del mango.....	5
2.1.1. Mango orgánico	6
2.2. Estado nutrimental del mango.....	7
2.2.1. Concentración nutrimental en hojas de mango	8
2.2.2. Concentración nutrimental en frutos de mango.....	9
2.2.3. Fertilización del mango	10
2.2.3.1. Fertilización mineral.....	11
2.2.3.2. Fertilización orgánica.....	12
2.3. Hongos micorrízicos arbusculares (HMV)	14
2.3.1. Efectos benéficos de hongos micorrízicos arbusculares.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Área de estudio	18
3.1.1. Clima.....	18
3.2. Diseño experimental.....	19
3.3. Variables medidas.....	21
3.3.1. Fertilidad del suelo	21
3.3.2. Presencia de micorrizas.....	22
3.3.2.1. Porcentaje de colonización en raíces	22
3.3.2.2. Número de esporas en el suelo.....	23
3.3.3. Concentración nutrimental foliar y de frutos	24
3.3.3.1. Nitrógeno	24
3.3.3.2. Potasio, calcio y magnesio	25
3.3.3.3. Zinc, fierro, manganeso, cobre	26
3.3.4. Vigor del árbol.....	26
3.3.5. Floración y rendimiento.....	27
3.3.6. Postcosecha.....	27
3.3.6.1. Tamaño de fruto y pérdida de peso	27

3.3.6.2. Sólidos solubles totales	28
3.3.6.3. Acidez titulable	28
3.3.6.4. Color del epicarpio.....	28
3.3.6.5 Firmeza.....	29
3.3.6.6 Relación cáscara-pulpa-semilla.....	29
3.4. Manejo de la plantación	29
3.5. Análisis de varianza	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Fertilidad del suelo	30
4.1.1. pH y materia orgánica	30
4.1.2. Porcentaje de arena, arcilla y limo	30
4.1.3. Macronutrientes	32
4.1.4. Micronutrientes.....	36
4.2. Presencia de micorriza.....	38
4.2.1. Porcentaje de colonización en raíces.....	38
4.2.2. Número de esporas en suelo	39
4.3. Vigor de árbol.....	40
4.4. Floración y rendimiento	43
4.4.1. Floración	43
4.4.2. Rendimiento.....	44
4.5. Concentración nutrimental foliar y de frutos	51
4.5.1. Hoja.....	51
4.5.1.1. Nitrógeno, potasio, calcio y magnesio	51
4.5.1.2. Zinc, fierro, manganeso y cobre	63
4.5.2. Concentración nutrimental del fruto	72
4.5.2.1. Nitrógeno, potasio, calcio y magnesio	72
4.5.2.2. Zinc, fierro, manganeso y cobre	78
4.6. Calidad postcosecha	86
4.6.1. Dimensiones del fruto	86
4.6.2. Peso y pérdida de peso	87
4.6.3. Sólidos solubles totales y acidez titulable	89

4.6.4. Color del epicarpio	92
4.6.5. Firmeza	94
4.6.6. Relación cáscara-semilla-pulpa	96
V. CONCLUSIONES	98
VI. LITERATURA CITADA	99
VII. APÉNDICE	109

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Fuentes de fertilización que se evaluaron en los cultivares de mango Manila, Tommy Atkins y Ataulfo.....	21
Cuadro 2. Características de tres fuentes orgánicas utilizadas para la fertilización de mango.	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento climáticos durante el 2009, 2010, 2011 y 2012 en el área del Campo Experimental Cotaxtla.....	20
Figura 2. Porcentaje de arena (A), arcilla (B) y limo (C) en suelo manejado con fertilizantes orgánicos, en dos profundidades de muestreo en 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	31
Figura 3. Concentración de nitrógeno a diferentes profundidades de suelo manejado con diferentes fuentes de fertilización. A) N en la profundidad de 0 a 20 cm; B) N en la profundidad de 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$. CV= Coeficiente de variación.....	33
Figura 4. Concentración de potasio en suelo, manejado con diferentes fuentes de fertilización. A) K en la profundidad de 0 a 20 cm; B) K en la profundidad de 20 a 40 cm	

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	34
Figura 5. Concentración de calcio en suelo, manejado con diferentes fuentes de fertilización. A) Ca en la profundidad de 0 a 20 cm; B) Ca en la profundidad de 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	35
Figura 6. Concentración de cobre en suelo, manejado con diferentes fuentes de fertilización. A) Cu en la profundidad de 0 a 20 cm; B) Cu en la profundidad de 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	37
Figura 7. Concentración de zinc dos profundidades de suelos y dos años de evaluación, manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Zinc en la profundidad de 0 a 20 cm; B) zinc en la profundidad de 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	38
Figura 8. Número de esporas micorrízicas en la rizósfera de tres cultivares de mangos manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Esporas en cultivares; B) esporas en las fuentes de fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	40
Figura 9. Diámetro de tallo de tres cultivares de mangos fertilizados con diferentes fertilizantes. A) Diámetro de tallo en cultivares; B) diámetro de tallo en fuentes de fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($P < 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	41
Figura 10. Incremento de grosor de tallo de tres cultivares de mangos fertilizados con diferentes fertilizantes. A) Incremento de tallo en cultivares; B) incremento de tallo en fuentes de fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($P < 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	42
Figura 11. Floración de tres cultivares de mangos Manila, Tommy Atkins y Ataulfo fertilizados con diferentes fuentes de fertilización durante tres ciclos de producción. A) Número de panículas en cultivares; B) número de panículas en fuentes fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	44

Figura 12. Rendimiento del cultivar Tommy Atkins fertilizados con diferentes fuentes de fertilización en el ciclo de producción 2010. A) Frutos por árbol; B) peso de frutos (kg) por árbol; C) Rendimiento ($t\ ha^{-1}$); D) peso de fruto (g) por cm^2 de área transversal del tallo (ATT). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). CV= Coeficiente de variación.....46

Figura 13. Rendimiento de tres cultivares de mangos y la eficiencia del árbol, durante el ciclo de producción 2011. A) Frutos por árbol; B) Peso de frutos (kg) por árbol; C) rendimiento ($t\ ha^{-1}$); D) peso de frutos (g) por cm^2 de área transversal del tallo (ATT). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). CV= Coeficiente de variación.....48

Figura 14. Rendimiento de tres cultivares de mangos, manejados con diferentes fuentes e fertilización, en ciclo de producción 2011. A) Frutos por árbol; B) peso de frutos (kg) por árbol; C) rendimiento ($t\ ha^{-1}$); D) peso de fruto (g) por cm^2 de área transversal del tallo (ATT) por efecto de fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). CV= Coeficiente de variación.50

Figura 15. Rendimiento de dos cultivares de mangos y la eficiencia del árbol, durante el ciclo de producción 2012. A) Frutos por árbol; B) peso de frutos (kg) por árbol; C) rendimiento ($t\ ha^{-1}$); D) peso de fruto (g) por cm^2 de área transversal del tallo (ATT). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). CV= Coeficiente de variación.....51

Figura 16. Concentración de nitrógeno en hojas de tres cultivares de mango. A) N previo a floración 2010; B) N previo a cosecha 2010; C) N previo a floración 2011; D) N previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P\leq 0.05$). CV= coeficiente de variación.53

Figura 17. Concentración de potasio en hojas de tres cultivares de mangos. A) K previo a floración 2010; B) K previo a cosecha 2010; C) K previo a floración 2011; D) K previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P\leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.54

Figura 18. Concentración de calcio en hojas de tres cultivares de mango. A) Ca previo a floración 2010; B) Ca previo a cosecha 2010; C) Ca previos a floración 2011; D) Ca

previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	56
Figura 19. Concentración de magnesio en hojas de tres cultivares de mango. A) Mg previo a floración 2010; B) Mg previo a cosecha 2010; C) Mg previos a floración 2011; D) Mg previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	57
Figura 20. Concentración de nitrógeno en hojas de mango manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) N previo a floración 2010; B) N previo a cosecha 2010; C) N previos a floración 2011; D) N previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	58
Figura 21. Concentración de potasio en hojas de mango manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) K previo a floración 2010; B) K previo a cosecha 2010; C) K previos a floración 2011; D) K previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	59
Figura 22. Concentración de calcio en hojas de mango manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Ca previo a floración 2010; B) Ca previo a cosecha 2010; C) Ca previos a floración 2011; D) Ca previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	61
Figura 23. Concentración de magnesio en hojas de mango manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Mg previo a floración 2010; B) Mg previo a cosecha 2010; C) Mg previos a floración 2011; D) Mg previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	62
Figura 24. Concentración de zinc en hojas de tres cultivares de mango. A) Zn previo a floración 2010; B) Zn previo a cosecha 2010; C) Zn previo a floración 2011; D) Zn previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	64
Figura 25. Concentración de fierro en hojas de tres cultivares de mango. A) Fe previo a floración 2010; B) Fe previo a cosecha 2010; C) Fe previo a floración 2011; D) Fe previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	65

Figura 26. Concentración de manganeso en hojas de tres cultivares de mango. A) Mn previo a floración 2010; B) Mn previo a cosecha 2010; C) Mn previo a floración 2011; D) Mn previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	67
Figura 27. Concentración de cobre en hojas de tres cultivares de mango. A) Cu previo a floración 2010; B) Cu previo a cosecha 2010; C) Cu previo a floración 2011; D) Cu previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	68
Figura 28. Concentración de hierro en hojas de árboles de mangos manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Fe previo a floración 2010; B) Fe previo a cosecha 2010; C) Fe previo a floración 2011; D) Fe previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	69
Figura 29. Concentración de manganeso en hojas de árboles de mangos manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Mn previo a floración 2010; B) Mn previo a cosecha 2010; C) Mn previo a floración 2011; D) Mn previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	71
Figura 30. Concentración de cobre en hojas de árboles de mangos manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Cu previo a floración 2010; B) Cu previo a cosecha 2010; C) Cu previo a floración 2011; D) Cu previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	72
Figura 31. Concentración de nitrógeno en frutos de mango cv. Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. A) N en semilla; B) N en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	74
Figura 32. Concentración de potasio, calcio en frutos de mango 'Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. A) K en cáscara; B) K en semilla; C) K en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	75

Figura 33. Concentración de magnesio en frutos de mango cv. Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. A) Mg en cáscara; B) Mg en semilla; C) Mg en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	76
Figura 34. Concentración de potasio en frutos de tres cultivares de mango, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) K en cáscara; B) K en semilla; C) K en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	77
Figura 35. Concentración de magnesio en frutos de mango, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Mg en cáscara; B); Mg en semilla; C) Mg en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	78
Figura 36. Concentración de zinc en frutos de mango Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. A) Zn en cáscara; B) Zn en semilla; C) Zn en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	80
Figura 37. Concentración de manganeso en frutos de mango Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. A) Mn en cáscara; B) Mn en semilla; C) Mn en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	81
Figura 38. Concentración de hierro en frutos de tres cultivares de mango, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Fe en cáscara; B) Fe en semilla; C) Fe en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV = Coeficiente de variación.....	82
Figura 39. Concentración de manganeso y cobre en frutos, de tres cultivares de mango, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Mn en cáscara; B) Mn en semilla; C) Mn en pulpa; D) Cu en cáscara; E) Cu en semilla; F) Cu en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	83

Figura 40. Concentración de zinc y hierro en frutos de mango, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Zn en cáscara; B) Zn en semilla; C) Zn en pulpa; D) Fe en cáscara; E) Fe en semilla; F) Fe en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	84
Figura 41. Concentración de manganeso y cobre en distintas partes de frutos de mango Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Mn en cáscara; B) Mn en semilla; C) Mn en pulpa; D) Cu en cáscara; E) Cu en semilla; F) Cu en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	85
Figura 42. Dimensiones de frutos de tres cultivares de mango manejado con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Diámetro polar en cultivares; B) diámetro polar en las fuentes de fertilización; C) Diámetro ecuatorial en cultivares; D) diámetro ecuatorial en las fuentes de fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	87
Figura 43. Peso y pérdida de peso de tres cultivares de mango, manejado con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Peso de frutos en cultivares; C) peso de frutos en las fuentes fertilización; A) pérdida de peso de frutos en cultivares; D) pérdida de peso de frutos en las fuentes de fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	88
Figura 44. Contenido de sólidos solubles totales (A) y porcentaje de ácido málico (B) en frutos de mangos del cultivar Tommy Atkins en la etapa de madurez de consumo, correspondiente al ciclo de producción 2010. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	90
Figura 45. Contenido de sólidos solubles totales en frutos de tres cultivares de mango (A), manejados con diferentes fuentes de fertilización (B). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	91
Figura 46. Contenido de ácido málico en frutos de tres cultivares de mango (A), manejado con diferentes fuentes de fertilización (B). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	92

Figura 47. Color del fruto: Angulo hue (A) e índice de saturación (B) en la cáscara de frutos de mango del cultivar Tommy Atkins, en el ciclo de producción 2010. Medias con la misma letra, por grado de madurez, son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	93
Figura 48. Color del fruto: Angulo hue (A) e índice de saturación (B) en la cáscara de frutos de tres cultivares de mango, en el ciclo de producción 2011. Medias con la misma letra, por grado de madurez, son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	94
Figura 49. Firmeza de frutos de tres cultivares de mango, en dos etapas de maduración, manejados con diferentes fuentes de fertilización y correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Firmeza en cultivares; B) firmeza en las fuentes de fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	95
Figura 50. Relación cáscara-semilla-pulpa en frutos de tres cultivares de mango, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) % Cáscara; B) % pulpa; c) % semilla. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	97
Figura 51. Relación cáscara-semilla-pulpa de frutos de mango, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Cáscara; B) pulpa; c) semilla. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	98

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS DEL APÉNDICE

Cuadro A1. Significancia estadística de las variables suelo, calidad y contenido nutrimental de frutos del cultivar Tommy Atkins.	109
Cuadro A2. Significancia estadística de las variables de diámetro de tallo, floración, rendimiento, calidad y contenido nutrimental de tres cultivares de mango.	112
Figura A1. pH y contenido de materia orgánica del suelo, posterior a la aplicación de fertilizantes orgánicos. A) pH en 2010, B) materia orgánica en 2010, C) pH en 2011, D) materia orgánica en 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	116
Figura A2. Concentración de fósforo a diferentes profundidades de suelo manejados con diferentes fuentes y dosis de fertilización. A) F en la profundidad 0 a 20 cm; B) F en la profundidad 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	117
Figura A3. Concentración de magnesio a diferentes profundidades de suelo manejados con diferentes fuentes y dosis de fertilización. A) Mg en la profundidad de 0 a 20 cm; D) Mg en la profundidad de 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	118
Figura A4. Concentración de hierro en dos profundidades de suelo, posterior a la aplicación de fertilizantes orgánicos. A) Fe en la profundidad de 0 a 20 cm; B) Fe en la profundidad de 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).....	119
Figura A5. Concentración de manganeso dos profundidades de suelos y dos años de evaluación, manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Mn en la profundidad de 0 a 20 cm; B) Mn en la profundidad de 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	120
Figura A6. Porcentaje de colonización micorrízica en raíces de tres cultivares de mangos manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Porcentaje de colonización de raíces en cultivares; B) porcentaje de colonización de raíces en las fuentes de fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	121

Figura A7. Rendimiento de dos cultivares de mangos, manejados con diferentes fuentes e fertilización, en ciclo de producción 2012. A) Número de frutos por árbol; B) peso de frutos (kg) por árbol; C) rendimiento ($t\ ha^{-1}$); D) peso de frutos (g) por cm^2 de área transversal del tallo (ATT). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). CV= Coeficiente de variación.	122
Figura A8. Concentración de calcio en frutos de mango 'Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. A) Ca en cascara; B) Ca en semilla; C) Ca en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P\leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	123
Figura A9. Concentración de nitrógeno en frutos de tres cultivares de mango, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) N en cáscara; B) N en semilla; C) N en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P\leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	123
Figura A10. Concentración de calcio y magnesio en frutos de tres cultivares de mango, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Ca en cáscara; B) Ca en semilla; C) Ca en pulpa; D) Mg en cáscara; E) Mg en semilla; F) Mg en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P\leq 0.05$).	124
Figura A11. Concentración de potasio, calcio en frutos de mango, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) N en cascara; B) N en semilla; C) N en pulpa; D) K en cáscara; E) K en semilla; F) K en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P\leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	125
Figura A12. Concentración de calcio en frutos de mango, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Ca en cascara; B) Ca en semilla; C) Ca en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P\leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	126
Figura A13. Concentración de fierro en frutos de mango Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. A) Fe en cáscara; B) Fe en semilla; C) Fe en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P\leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	126

Figura A14. Concentración de cobre en distintas partes de frutos de mango Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. A) Mn en cáscara; B) Mn en semilla; C) Mn en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	127
Figura A15. Concentración de zinc, de tres cultivares de mango, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Zn en cáscara; B) Zn en semilla; C) Zn en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	127
Figura A16. Dimensiones de frutos de mango del cultivar del cultivar Tommy Atkins, en el ciclo de producción 2010. A) Diámetro polar; B) diámetro ecuatorial. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	128
Figura A17. Peso y porcentajes de pérdida de peso en frutos de mango del cultivar del cultivar Tommy Atkins, en el ciclo de producción 2010. A) Peso fresco del fruto; B) pérdida de peso de frutos. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	128
Figura A18. Firmeza de frutos de mango cultivar Tommy Atkins en madurez fisiológica (A) y madurez de consumo (B). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.....	129
Figura A19. Relación cáscara-semilla-pulpa de frutos de mango Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.	129

I. INTRODUCCIÓN

En México, el sistema producto mango es manejado bajo el esquema de producción convencional, propuesta en la década de los 50 y caracterizado por el empleo de agrotóxicos, eje de la llamada “Revolución verde”. Alrededor del 98.8 % de la superficie plantada a nivel nacional se rige bajo dicho sistema (Gómez *et al.*, 2005) y está enfocado en brindar soluciones a las inclemencias de las que son víctimas los cultivos (plagas y enfermedades) y es también el principal medio para la nutrición de los mismos. La efectividad de los agroquímicos se atribuye al amplio espectro y rápido efecto de los venenos químicos para combatir insectos plagas o patógenos, en tanto que en el aspecto nutrimental, las sales utilizadas se encuentran diseñadas de tal manera que esté disponible para las plantas en un tiempo muy corto, por lo tanto, en suelos muy pobres el efecto es muy notorio. Tanto ha sido su eficacia que se calcula que a nivel mundial el sector agrícola consume el 85 % del total de plaguicidas producidos (OMS, 1990; López, 1993).

A raíz del empleo constante de insumos sintéticos en la agricultura, efectos colaterales han impactado al ambiente y a la sociedad. Ecológicamente, muchas especies de insectos benéficos han sido mermadas de los ecosistemas, tanto de la parte aérea como edáfica debido a la aplicación de fungicidas, insecticidas, acaricidas y nematocidas, un ejemplo claro son las abejas las cuales mueren al alimentarse de flores contaminadas (RAP-AL Uruguay, 2009). La sociedad también ha resultado afectada, en particular los individuos que formulan, manufacturan, mezclan, transportan, cargan, almacenan o aplican productos químicos. Las fuentes de contaminación a la que está expuesta la población son: Alimentos de origen vegetal y animal y en menor grado el agua y el aire, se calcula que aproximadamente el 47 % del total plaguicidas aplicados en la agricultura se deposita en suelos, agua y atmósfera (OMS, 1990). Del total de plaguicida que ingresa al organismo humano, gran parte es eliminado mediante la orina, heces fecales y respiración, los compuestos organoclorados y organofosforados por su alta lipofilicidad (afinidad por grasas y lípidos de alta solubilidad) tienden a acumularse, principalmente en el tejido celular graso de la leche materna y de la

sangre; se metabolizan y en algunos casos llegan a formarse sustancias tóxicamente más activas que el compuesto original, o bien, se crean metabolitos muy afines con el ADN y con capacidad mutágena importante, como es el caso del carbosulfán o paratión (Ramírez y Lascaña, 2001; Ramón y Rodas, 2007). En casos extremos, los efectos se han reflejado en malformaciones congénitas (adquirida durante la gestación o heredado de los progenitores), teratogénesis (malformaciones anatómicas macroscópicas), reducción en la capacidad del sistema inmunológico, incremento en riesgo cancerígeno, mutaciones genéticas, esterilidad y alteraciones hormonales y endocrinas (Nivia, 2000). En el ámbito agrícola, el impacto negativo consiste en la resistencia que adquieren los insectos plagas y patógenos hacia uno o más agrotóxicos, en consecuencia se usa cada vez mayor volumen y toxicidad de venenos químicos (Gutiérrez *et al.*, 2003); estas acciones alejan cada vez más las posibilidades de obtener frutos inocuos y con ello la exportación de frutos, tal como sucede en el estado de Veracruz, que a pesar de ser quinto productor nacional de mango, el 100 % de los frutos se destina al mercado nacional.

El estado de Veracruz posee una gran potencial para la explotación del mango, ya que según Martínez *et al.* (2007) agroecológicamente el 91.6 % de su superficie se clasifica como “zonas aptas” y “moderadamente aptas” para el cultivo de este frutal; a pesar de ello, la situación actual por la que atraviesan los productores de mango involucra: Rendimientos bajos, frutos con problemas fitosanitarios y mercado incipiente; dichos aspectos obligan a los productores abandonar al mango y adoptar nuevos cultivos capaces de satisfacer sus necesidades económicas; estas circunstancias han forzado a que entre regiones productoras exista un amplio intervalo en el nivel de tecnificación del cultivo, distritos como La Antigua, que concentra aproximadamente el 35 % de la superficie plantada, el manejo agronómico de los árboles incluye productos químicos para forzar la floración, controlar malezas, mosca de la fruta y enfermedades, como resultado se eleva el costo de producción, aunque los rendimientos llegan a estar por arriba de 7 t ha^{-1} , altos en comparación con otros distritos en los que el manejo del cultivo es mínimo o nulo, en el cual la producción de frutos se ve mermada alcanzando rendimientos por debajo de las 4 t ha^{-1} (SIAP, 2012).

Considerando que la situación descrita anteriormente se repite en varias regiones productoras de mango a nivel nacional y tomando en cuenta que actualmente la sociedad centra su preferencia en consumir alimentos vegetales producidos de manera ecológica e incluso está dispuesta a pagar más por los productos y/o frutos, el enfoque orgánico en la agricultura es una exigencia. Dentro del sistema de producción orgánica es de suma importancia la generación de tecnología para el control de plagas y enfermedades y la nutrición de los cultivos, ya que son disciplinas muy relacionadas con la producción y calidad de frutos.

Específicamente la nutrición de los árboles es un aspecto de gran relevancia ya que se relaciona con todas las funciones de la planta. La fertilización orgánica se fundamenta en incorporar al suelo materia orgánica, la cual proporciona múltiples bondades, tales como: Enriquecer el nivel de fertilidad del suelo, estimular la abundancia y diversidad de fauna edáfica mejorando inicialmente las características físicas y en un plazo más largo las propiedades químicas del suelo (Julca-Otiliano *et al.*, 2006; Félix-Herrán *et al.*, 2008; Cabrera y Crespo, 2001).

A nivel comercial, son escasas las investigaciones sobre la nutrición orgánica en México y el mundo. En Cuba, Corrales *et al.* (2003) en mango 'Super-Haden' de 10 años de edad, estudiaron el efecto de la lombricomposta (10, 20 y 30 kg árbol⁻¹) combinada con las dosis de fertilizantes minerales (g árbol⁻¹) de N (0, 254 y 508), P₂O₅ (0, 45 y 90) y K₂O (0, 165 y 330); ellos observaron que la interacción de 10 kg de humus de lombriz, más las dosis medias y altas de las fuentes minerales, indujeron los mayores rendimientos con 249.3 y 247 kg de fruto árbol⁻¹, respectivamente, ambas superaron al testigo. En República Dominicana, Santos (2007) evaluó la fórmula 15-15-15 de NPK (1.1, 1.4 y 1.8 kg árbol⁻¹) más la adición de composta al suelo (13.6 kg árbol⁻¹), sus resultados indicaron que la aplicación de 1.8 kg (una vez al año) y 1.3 kg (dos veces al año) de la dosis mineral, más la incorporación de composta, incrementó el número de frutos de mango 'Keitte' por árbol en un 17 % y 24 %, respectivamente, en comparación con los árboles que no se fertilizaron. La investigación en Nigeria de Moyin-Jesu y Adeofun (2008), al evaluar el efecto de cenizas de palma de aceite,

bagazo y estiércol de aves (desde la germinación hasta 20 semanas después), mostró que la aplicación de 40 g de cenizas más estiércol de aves en 10 kg del sustrato, aumentó la altura de la planta, circunferencia del tallo, área de hoja, número de hojas y longitud de raíz en un 22 %, 24 %, 1 %, 27 % y 10%, respectivamente, en comparación con la aplicación de 2 g de la fórmula 15-15-15 de NPK por cada 10 kg de sustrato. En Egipto Abd El-Motty *et al.* (2010) evidencian que la utilización de extractos de algas (al 2 %) más levadura (al 0.2 %) como fertilizantes foliares en el cultivar Keitte, aumentaron el rendimiento y calidad de frutos en comparación con el testigo.

Aunque los trabajos mencionados anteriormente se realizaron en condiciones edafoclimáticas diferentes a los existentes en la República Mexicana, son alentadores por los resultados obtenidos, demostrando las bondades de la aplicación de paquetes tecnológicos orgánicos que incluyen fertilización orgánica, motivo por el cual, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de diferentes fuentes de fertilización orgánica sobre la fertilidad y condición biológica del suelo, el diámetro de tallo, la producción y calidad de frutos de tres cultivares de mango en la zona costera central del estado de Veracruz, México.

Para el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

1. Determinar el efecto de los fertilizantes orgánicos sobre la fertilidad del suelo.
2. Determinar el efecto de los fertilizantes orgánicos sobre la presencia de hongos micorrízicos en raíces.
3. Evaluar la respuesta de los fertilizantes orgánicos en el grosor de tallo, rendimiento y calidad de frutos en tres cultivares de mango.
4. Determinar la concentración nutrimental en follaje y frutos de tres cultivares de mango.

Las hipótesis planteadas se presentan a continuación:

Con la aplicación de fertilizantes orgánicos se logrará:

1. Incrementar la fertilidad del suelo.
2. Aumentar la población de micorrizas en la rizósfera de los árboles.
3. Incrementar el grosor de tallo, rendimiento y la calidad de frutos.
4. Elevar la concentración nutrimental en el follaje y en frutos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia del mango

En México el mango ocupa un lugar preponderante, segundo lugar entre los frutales plantados por su superficie y cuarto en volumen de producción. Durante el 2010 su participación en la superficie plantada y el volumen producido fue de 183,108 ha y 1 632 649 t, respectivamente. De los 23 estados productores, el 78 % y 79 % de la superficie plantada y el volumen de producción nacional, se distribuyen en seis estados ubicados en el Golfo de México y el Pacífico: Veracruz, Sinaloa, Chiapas, Guerrero, Michoacán y Oaxaca. En 2010, en México se reportó que de la superficie plantada a nivel nacional, el 40.9 % se manejó en condiciones de riego mientras que el 59.1 % restante se manejó en la modalidad de temporal. El rendimiento medio fue de 9.3 t ha⁻¹ con un precio medio rural de \$2662 por tonelada. Los cultivares reportados en México fueron: Ataulfo, Manila, Haden, Tommy Atkins, Kent, Keitt, Manililla, Oro, Obo, criollo y algunas sin clasificar; los primeros cuatro representan más del 70 % de la superficie plantada, 73.4 % del volumen producido y 79.4 % del valor generado por esta fruta en el país (SIAP, 2012). En el contexto internacional México es importante exponente en la producción de mango, posicionándose como quinto productor, aportando el 5.4 % de la producción mundial; en el panorama de exportación, ha sido superado por la India pasando de primero a segundo país exportador y es seguido por Brasil, Perú, Pakistán y Ecuador al cubrir en conjunto el 74.8 % de las exportaciones. Las estadísticas reflejan

que aumenta la competencia directa con países sudamericanos por acaparar mercados internacionales, principalmente Estados Unidos. Las importaciones también han ido aumentando en los últimos años con una tasa de crecimiento de 13.5 % entre 2005 y 2009, colocándose en el 2009 en 3,000 t, entre el 2008 y 2009, el 67 % del mango importado provino de Ecuador, 13.9 % de Tailandia, el 9.4 % de Perú, 7.8 % de Brasil y 1.4 % de Guatemala (Financiera Rural, 2010a).

2.1.1. Mango orgánico

Es muy escasa la información de la cantidad de mango orgánico que se produce en el mundo, Garrett (2004) reporta que la producción de mango fresco se encuentra muy dispersa, y se identifican dos áreas de importancia, en el continente africano sobresalen los países de Kenia, Sudáfrica, Rwanda, Ghana, Camerún, Burkina Faso y Guinea, cuyo destino casi en su totalidad es el mercado Europeo, desafortunadamente no se cuentan con información respecto a volumen y frecuencia; en América Latina los países que destacan en producción son Colombia, México, República Dominicana y Brasil, se estima que en el 2002 la región exportó cerca de 6,500 t de fruta fresca, 8,000 t de puré y 230 t de fruta deshidratada. El consumo anual per cápita ha subido en Estados Unidos y la Unión Europea. En el mercado estadounidense se comercializaron en el 2002 alrededor de 1900 t de mango fresco orgánico, proveniente principalmente de México y Ecuador y se estima que ese mismo año en la Unión Europea el consumo fue de 4,400 t, del cual aproximadamente el 45 % provino de países Latinoamericanos, específicamente Brasil, República Dominicana y Perú; el resto lo aportaron países africanos y asiáticos. Se estima que esta fruta tiene una participación del 3.2 % que se maneja en la Unión Europea y continuará creciendo en los próximos años (CICO-CORPEI, 2008).

En México durante el periodo 2004-2005 se reportó una superficie de 2,132 hectáreas de mango con manejo orgánico, equivalente a 1.2 % del total convencional, con rendimientos 5.15 t ha^{-1} superior al de su homólogo convencional, para entonces el total de mango orgánico producido en el país se concentró más del 60 % en Oaxaca,

Chiapas, Michoacán, Sinaloa, Jalisco y Tabasco (Gómez *et al.*, 2005). En el 2008 se reportó que a nivel nacional la superficie de cultivos con manejo orgánico fue de 326,436 ha, de las cuales el mango ocupó el 3 %, equivalente a 9,793 ha (Financiera Rural, 2010b).

El valor del mango orgánico está por encima del convencional, durante el 2000 el sobreprecio era del 100 %. En el 2003 los precios internacionales oscilaban entre 5 y 6 dólares para mango orgánico y 2.8 dolores para el convencional por caja de 4 kg; sin embargo este margen se ha reducido en los últimos años, principalmente a nivel finca (Garrett, 2004).

2.2. Estado nutrimental del mango

De acuerdo con los criterios de esencialidad, la planta requiere de 17 elementos: tres orgánicos (C, H y O) y 14 minerales (macro y micro elementos). La deficiencia de alguno de ellos puede ocasionar desordenes fisiológicos, abatir el rendimiento y mermar la calidad de los frutos. La disponibilidad de nutrimentos además de influir en los procesos fisiológicos y en el aspecto productivo, se ha observado que también puede estar involucrado con los ataques de plagas y patógenos (Ponchner *et al.*, 1993a).

Diversos estudios corroboran que el aspecto nutrimental del árbol influye en su capacidad productiva, Sergent *et al.* (1995) al evaluar durante cuatro años diferentes dosis de N, P y K en árboles de mango 'Haden' de seis años, observaron que el número de frutos aumentaba conforme se elevaban las dosis de N y K, sugiriendo que el K y el N inciden sobre las funciones reproductivas de la planta; en Michoacán Romero-Gomezcaña *et al.* (2006), aplicaron calcio (0, 5, 10, 15 y 20 g L⁻¹) en árboles de 16 años de edad del cultivar Haden y observaron que los rendimientos fueron superiores en dichos árboles en comparación con el testigo, asimismo el incremento en las relaciones K/Ca y K+Mg/Ca influyeron en algunos parámetros de calidad como aumento en firmeza y disminución en la relación °brix/acidez; sin embargo;

desbalances nutrimentales pueden provocar desórdenes en la fisiología de la planta; Salazar *et al.* (1993) observaron en las muestras foliares concentraciones normales de N, niveles excesivos de Mg y concentraciones bajas P, Ca y K, los autores atribuyen que la carencia de K y Ca provocó trastornos fisiológicos en el árbol ocasionando disminución en producción y calidad de frutos. Altos niveles de N también pueden conducir a una disminución del rendimiento y retrasar el desarrollo de color en los frutos (Smith, 2000).

2.2.1. Concentración nutrimental en hojas de mango

Para conocer el estado nutrimental de los árboles, la concentración foliar y la condición del suelo son herramientas básica para este fin. Respecto a hojas, la concentración de nutrientes varía de acuerdo a la edad, posición en la rama, orientación y prácticas de manejo (Young y Koo, 1969; Cruzaley *et al.*, 2003); sin embargo, la tendencia general es que la concentración de N, P, K disminuyan conforme aumenta la edad, contrario a lo que sucede con el Ca, cuya concentración aumenta a medida que es mayor la edad de la hoja (Chadha *et al.*, 1980; Benítez-Pardo *et al.*, 2003).

Los primeros trabajos enfocados en estudiar el aspecto nutrimental de árboles de mango inició a mediados del siglo pasado, entre los pioneros se encuentran Young y Koo (1969) quienes estudiaron el estado nutrimental de árboles en producción y observaron variación en la concentración de las hojas de acuerdo a su edad, en aquellas con edad de dos a tres meses mostraron 1.38 g kg^{-1} de N, 0.133 g kg^{-1} de P y 117 mg kg^{-1} de Zn, mientras que en hojas de 15 a 16 meses de edad encontraron concentraciones de 1.19 g kg^{-1} de N, 0.089 g kg^{-1} de P y 115 mg kg^{-1} de Zn, notándose un decremento conforme aumenta la edad. La ubicación de las hojas en el árbol también influye en su composición, debido a la movilización de los nutrimentos dentro de la planta; Chadha *et al.* (1980) observaron que el contenido de K en las hojas fue mayor en la parte baja de la copa y disminuyó conforme se acercaron a las partes altas. Estudios más recientes de Benítez-Pardo *et al.* (2003) indicaron que casi todos

los minerales estudiados presentaron la mayor concentración en los estratos bajo y medio de la copa; estos mismos autores mencionan que la orientación de las hojas influyó en su estado nutricional, en lado sur el N fue de 16.1 g kg⁻¹ mayor en comparación con el norte que fue de 14.9 g kg⁻¹, comportamiento similar mostró el Mg²⁺ con 1.38 g kg⁻¹ en el lado sur, mayor que el norte quien mostró valores de 1.25 g kg⁻¹, lo cual se explica por una mayor exposición a vientos, luminosidad y radiación.

Wolfe *et al.* (1969) determinaron que los niveles adecuados para el mango según el análisis foliar varían de 1.2 g kg⁻¹ a 1.4 g kg⁻¹ para el N, de 0.1 g kg⁻¹ a 0.2 g kg⁻¹ para el caso de P, K de 1.0 g kg⁻¹ a 1.2 g kg⁻¹ y para Mg de 0.3 g kg⁻¹ a 0.6 g kg⁻¹. Por su parte Young y Koo (1969) indican como adecuado las siguientes concentraciones: N de 1.0 g kg⁻¹ a 1.5 g kg⁻¹, P de 0.08 g kg⁻¹ a 0.17 g kg⁻¹, K de 0.3 g kg⁻¹ a 0.8 g kg⁻¹, Ca de 2.0 g kg⁻¹ a 3.5 g kg⁻¹, Mg de 0.15 g kg⁻¹ a 0.4 g kg⁻¹, Mn de 73 mg kg⁻¹ a 183 mg kg⁻¹, Cu de 21 mg kg⁻¹ a 43 mg kg⁻¹, Fe de 38 mg kg⁻¹ a 120 mg kg⁻¹ y Zn de 56 mg kg⁻¹ a 119 mg kg⁻¹, para hojas de seis años de edad.

2.2.2. Concentración nutricional en frutos de mango

La absorción de nutrientes está en función de la fenología del árbol. Durante la fructificación, los frutos presentan dos fases en su ciclo de desarrollo, el primero es un incremento en tamaño (expansión) que difiere según el cultivar, en el caso de Tommy Atkins la mayor tasa de crecimiento se da entre los 61 y 79 días después de floración (DDF), alcanzando casi un 70 % de largo y 74 % de diámetro total. Posterior a los 79 y hasta los 110 DDF se lleva a cabo la segunda fase de crecimiento que básicamente es incremento en peso fresco (69 %) y peso seco (83 %). EL ritmo de absorción de nutrientes está en función del crecimiento del fruto, en etapas tempranas la absorción de N, P, K, Ca y Mg es mínima, e incrementa después de los 61 y 93 DDF hasta alcanzar la madurez fisiológica, es en esta etapa donde se absorbe más del 77 % del total extraído. Para el caso de elementos menores algunos como el Fe y Mn siguen la misma tendencia que los elementos mayores, el resto como S, Cu, B y Zn difieren de los anteriores (Fallas *et al.*, 2010); sin embargo, en el cultivar Manila Guzmán *et al.*

(1996) observaron un patrón de absorción relativamente diferente al de 'Tommy Atkins', ya que el N, P, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn mostraron mayor concentración en los tejidos durante los primeros 40 DDF, en la etapa de mayor crecimiento celular, mostrando un abatimiento posterior a los 60 DDF; aunque el K fue la excepción, ya que la mayor concentración fue en la etapa de máximo crecimiento, alrededor de los 60 y 70 DDF. Casos específicos como el K, P, Mg, Fe, Cu y Mn se observó que después de un decremento se presentó un incremento alrededor de los 90 DDF, prolongándose hasta la última etapa de crecimiento, donde se obtuvo la máxima acumulación de materia seca.

Laborem *et al.* (1979) han reportado que la absorción de nutrientes en frutos es en el siguiente orden de magnitud: N>K>Ca>Mg>P>Fe>Mn>Cu>Zn>B, aunque el orden puede diferir ligeramente con otros autores. Se ha reportado que en madurez comercial el fruto de mango Manila extrae (base en peso seco) 348.6 mg de N, 42.1 mg de P, 529.5 mg de K, 66.9 mg de Ca, 47.8 mg de Mg, 1.5 mg de Fe, 0.4 mg de Cu, 0.1 mg de Mn y 0.6 mg de Zn. Siendo la extracción en el siguiente orden de magnitud K>N>Ca>Mg>P>Fe>Zn>Cu>Mg (Guzmán *et al.*, 1996). Para el caso de 'Tommy Atkins' se reportan concentraciones de 3.47 g kg⁻¹ de N, 0.492 g kg⁻¹ de P, 2.1 g kg⁻¹ de K, 2.05 g kg⁻¹ de Ca, 1.69 g kg⁻¹ de Mg, 238 mg kg⁻¹ de Mn, 48 mg kg⁻¹ de B, 99 mg kg⁻¹ de Zn, 121 mg kg⁻¹ de Cu y 131 mg kg⁻¹ de Fe (Laborem *et al.*, 1979). Para este mismo cultivar Fallas *et al.* (2010) reporta que en peso fresco la cantidad absorbida de elementos mayores fue (mg kg⁻¹): 1065.3 de N, 198.3 de P, 1541.3 de K, 289 de Ca y 192.7 de Mg; la cantidad elementos menores (mg kg⁻¹) fue de 8500 de Fe, 1105 de Cu, 1190 Zn, 3456.7 Mg y 680 de B.

2.2.3. Fertilización del mango

La extracción de nutrientes por las frutas y su remoción al momento de la cosecha ocasiona empobrecimiento del suelo, por ello, la fertilización se vuelve una práctica necesaria en las labores del cultivo, cuya principal función es restituir elementos esenciales en cantidad y momento adecuado, de tal forma que el árbol

pueda expresar su máximo potencial productivo. La dosis de fertilización estará en función de la edad del árbol, a medida que va incrementándose la edad también se incrementará la dosis. Avilán y Rengifo (1992) recomiendan que durante los primeros 10 años de edad se vaya incrementando las dosis de fertilización (g árbol^{-1}) de 20 a 1360 g de N, de 10 a 680 g de P_2O_5 y de 25 a 1630 g de K_2O ; de los 12 a los 18 años mantener la dosis de 1322 a 1980, 660 a 990 y 1580 a 2370 gramos de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente; posterior a los 20 años disminuir paulatinamente las dosis de fertilización. Por otra parte la FHIA, (2009) recomienda para una densidad de plantación de 185 árboles por hectárea, que en el primer año, la fertilización sea únicamente de N y P_2O_5 con dosis de 30 a 50 y 30 g árbol^{-1} , respectivamente; en los años posteriores las dosis se incrementan paulatinamente hasta un máximo de 600 a 700, 200 y de 600 a 700 g árbol^{-1} de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente, cuando los árboles hayan alcanzado 20 años de edad.

2.2.3.1. Fertilización mineral

Conociendo la curva de absorción de nutrimentos del árbol la fertilización mineral puede ser una herramienta muy eficiente, ya que pueden ajustarse programas de fertilización y su rápida liberación en el suelo puede asegurar una buena producción y calidad del fruto. De igual manera, se puede prever la aplicaciones simultaneas de elementos y con ello evitar problemas de antagonismo (Fallas *et al.*, 2010). Otra ventaja que brindan los fertilizantes minerales es que la vía de aplicación no se limita únicamente la parte edáfica, sino que puede realizarse de manera foliar con resultados favorables en rendimiento, calidad organoléptica y vida de anaquel del fruto (Romero-Gomezcaña *et al.*, 2006).

Las desventajas del empleo de fertilizantes minerales es que en condiciones de exceso de agua los nutrimentos se pueden lixiviar con facilidad, en especial el nitrógeno; una mínima cantidad puede significar una deficiencia o exceso de fertilizante; utilizar dosis inadecuadas puede provocar un desequilibrio en la fertilidad

del suelo, incluso, si llegan a acumularse por encima de ciertos niveles, puede considerarse como una contaminación (Cubero y Vieira, 1999).

Los trabajos enfocados en la fertilización del mango, en su gran mayoría han considerado únicamente a los macronutrientes. Vega y Molina (1999) en árboles de Tommy Atkins de ocho años de edad, aplicaron dosis de 0, 852.9, 1705.7, 2558.6 y 3411.4 g de NH_4NO_3 , y dosis constantes de 931.7 y 714.3 g árbol^{-1} de P_2O_5 y K_2O , respectivamente, los resultados mostraron que las dosis de 1705.7, 2558.6 y 3411.4 g de NH_4NO_3 , lograron rendimientos de 3.1, 3.4 y 3.3 t ha^{-1} , respectivamente, superior a las otras dosis nitrogenadas. En el cultivar Haden, Morales y Rivas (2004) evaluaron en árboles de cuatro años los siguientes tratamientos: 1) 13.043 g de urea + 869.5 g de fosfato amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$) + 500 g de KCl planta^{-1} , 2) 651 g de urea + 434.7 g de $(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$ + 250 g de KCl planta^{-1} y 3) 325.5 g de urea + 217.4 g de $(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$ + 125 g de KCl planta^{-1} , las tres dosis en diferentes frecuencias de plantación; los resultados mostraron que el tratamiento tres, aplicándolo 50 % antes de la floración + 50% cada 6 meses y/o 30% + 70 % cada tres meses, alcanzaron rendimientos de 54.2 y 53.3 kg árbol^{-1} , respectivamente, superando al resto de los tratamientos.

2.2.3.2. Fertilización orgánica

La principal ventaja de la fertilización orgánica es la incorporación de materia orgánica al suelo, cuyos beneficios pueden ser numerosos; de los cuales se puede mencionar: Mejorar las estructura física, al aumentar la fuerza de cohesión en suelos arenosos y disminuirlas en suelos arcillosos, mejora y regula la velocidad de infiltración, aumenta la capacidad de retención de agua, la permeabilidad hídrica y gaseosa, regula la temperatura del suelo y reduce la evaporación y erosión (Félix-Herrán *et al.*, 2008). Las propiedades químicas también se ven influidas ya que aumenta la capacidad de intercambio catiónico, mantiene a los elementos esenciales alrededor de sistema radical de las plantas, facilita la absorción de nutrientes al tener efecto quelatante sobre el Fe, Mn, Zn, Cu y otros microelementos. En lo biológico estimula la microflora del suelo, modifica la actividad enzimática, favorece la respiración radical, favorece la

capacidad germinativa de las semillas, mejora los procesos energéticos de las plantas, favorece la síntesis de ácidos nucleicos y el CO₂ desprendido favorece la solubilización de compuestos minerales (Peña *et al.*, 2002). La materia orgánica también provee de sustratos para la micro, meso y macrofauna, que de manera directa participan en los procesos que se dan lugar en el suelo e incrementa los antagonistas que suprimen patógenos (Cabrera y Crespo, 2001; Nicholls y Altieri, 2008); es fuente de alimento para microorganismos edáficos que realizan funciones específicas y que actúan como simbioses con determinadas plantas como es el caso de los hongos micorrízicos (Julca-Otiliano *et al.*, 2006).

Como toda práctica también puede presentar algunos inconvenientes, (Félix-Hernán *et al.*, 2008) mencionan que algunas de las desventajas es que la concentración de nutrientes puede ser baja y variable, ocasionando desbalance de nutrientes; es muy difícil encontrar fertilizantes orgánicos con la misma calidad, ya que existen muchos factores que provocan heterogeneidad de los mismos; y los costos en el manejo del suelo aumentan inicialmente.

De los trabajos que se han realizado con enfoque orgánico en mango, se puede mencionar a Moyin-Jesu y Adeufon (2008) quienes evaluaron diferentes tratamientos en árboles bajo condiciones de vivero, desde la germinación hasta 20 semanas después. Los resultados que obtuvieron muestran que al aplicar 40 g de la mezcla cenizas de palma de aceite + estiércol de aves en 10 kg del sustrato, aumenta la altura de la planta, circunferencia del tallo, área de hoja, número de hoja y longitud de raíz en un 22 %, 24 %, 1 %, 27 % y 10 % respectivamente, en comparación con la aplicación de 2 g de la dosis 15-15-15 de N, P, K por cada 10 kg del sustrato. También un aumento de la concentración de P, K, Ca y Mg en las hojas de 3 %, 11 %, 95 % y 91 % respectivamente, en comparación con el fertilizante mineral.

Trabajos realizados en árboles en fase productiva, generalmente integran la aplicación de fertilizantes minerales y fertilizantes orgánicos. En Cuba Corrales *et al.* (2003) evaluaron humus de lombriz en mango variedad Super Haden, de 10 años de

edad, las dosis manejadas fueron 10, 20 y 30 kg planta⁻¹, todas combinadas con dosis minerales (g árbol⁻¹): N (0, 254 y 508), P₂O₅ (0, 45 y 90) y K₂O (0, 165 y 330). Se observó que la interacción 10 kg de humus de lombriz más las dosis medias y altas de las fuentes minerales, lograron obtener los mayores rendimientos con 249.3 y 247 kg de fruto árbol⁻¹, respectivamente; de igual manera estos tratamientos mostraron mayores concentraciones de SST y vitamina C, junto con las más altas concentraciones de N, P y K en frutos con valores de 0.72 g kg⁻¹, 0.066 g kg⁻¹ y 0.86 g kg⁻¹, respectivamente. En República Dominicana, Santos (2007) evaluó la fórmula 15 N-15 P-15 K, en dosis de 1.8, 1.4 y 1.1 kg árbol⁻¹ más la adición de composta (13.6 kg árbol⁻¹); sus resultados indicaron que la aplicación de 1.8 kg de la fórmula 15N-15P-15K árbol⁻¹ + 13.6 kg de composta árbol⁻¹, una vez al año, y 1.3 kg de 15 N-15 P-15 K árbol⁻¹ + 13.6 kg de composta árbol⁻¹ dos veces al año, aumentó el número de frutos en 17 % y 24 % en comparación con los tratamientos donde no se aplicó composta.

En estudios recientes incluso se han evaluado biofertilizantes elaborados a base de algas y extractos activos de levaduras de pan, iniciando las aspersiones una vez que el árbol hubo alcanzado la floración plena; las aplicaciones de algas al 2 % + levadura al 0.2 % fue el más eficaz al aumentar el rendimiento y la calidad de los frutos, también mejoró las concentraciones de N, K y B en las hojas (El-Motty *et al.*, 2010).

2.3. Hongos micorrízicos arbusculares (HMV)

Las micorrizas se caracterizan por formar asociaciones simbióticas entre hongos del suelo y las raíces de la mayoría de las plantas, siendo beneficiados ambos integrantes de la simbiosis, de entre estas asociaciones destacan por su ubicuidad las micorrizas arbusculares, su importancia abarca desde incrementos en la absorción de nutrimentos en el suelo, su influencia sobre las relaciones hídricas y protección contra agentes patógenos del suelo, hasta un papel ecológico que parecen jugar en la sucesión de especies en las comunidades vegetales naturales (Aguilera *et al.*, 2007-2008). Las micorrizas arbusculares, formados por los Glomeromycota, fueron las primeras asociaciones mutualísticas que surgieron entre las plantas y hongos primitivos

que emprendieron el proceso de terrestrialización (proceso natural por el cual un medio acuático se convierte en suelo firme), hace más de 460 millones de años (Honrubia, 2009). En una completa revisión sobre la distribución filogenética y evolución de las micorrizas en las plantas terrestres, se confirma que el 82 % y 92 % de las especies y familias de plantas son colonizadas con micorrizas, predominando las micorrizas arbusculares, ya que están presente entre las plantas más primitivas, como hepáticas, pteridófitos y las gimnospermas más antiguas (Wang y Qiu, 2006). Lo anterior contribuye al desarrollo, nutrición e incremento de tolerancia a condiciones de estrés biótico o abiótico. (Jaizme-Vega y Rodríguez-Romero, 2008).

El proceso de simbiosis inicia con la penetración de una hifa especializada llamada apresorio, la cual se origina de una espora, raíz infectada o segmento de hifa que se encuentra en el suelo y se activa cuando se presentan las condiciones ambientales o señales químicas favorables. El apresorio sirve de sostén en la fase primaria de penetración de la raíz (Bonfante-Fassolo y Perotto, 1995). La colonización fúngica ocurre de manera continua en dos sentidos, hacia el interior y exterior de la raíz. Una vez dentro de la raíz, se origina una hifa infectiva denominada haustorio, la cual penetra en el interior radical, ramificándose intensamente de manera dicotómica en los espacios intercelulares de la vía apoplasto y las células corticales de la raíz sin llegar a penetrar nunca la endodermis. No existen modificaciones morfológicas a la raíz, llegando a ser parte integrante de dicho órgano, a su vez la raíz actúa como un hábitat ecológico protegido; físicamente el micelio externo se considera como una extensión de la raíz (Salamanca y Silva, 1998).

Los HMA que colonizan las raíces de las plantas, se caracterizan por formar una estructura en forma de un diminuto arbolillo en las células del parénquima radical llamada "arbúsculos" esta estructura garantiza el intercambio de sustancias esenciales entre la planta y el hongo (Montaño *et al.*, 2007). Los arbúsculos son estructuras que viven poco tiempo, menos de 15 días, son destruidos en el interior de las propias células por fagocitosis (Solórzano *et al.*, 2001); este continuo proceso de degradación y formación de nuevas estructuras, es ventajoso para la planta, ya que al degradarse

libera nutrimentos en la célula de la raíz y de ahí distribuirse hacia las partes demandantes de la planta (Salazar, 2002).

Paralelamente se originan células de almacenamiento, que contienen en su interior gránulos de fosfolípidos como material de reserva, que serán utilizadas cuando se presente escases de compuestos energéticos para el crecimiento de estos. Reciben su nombre de acuerdo al género que los origine. En algunas especies del género *Glomus*, se forman vesículas y se originan por el hinchamiento de una hifa, generalmente terminal; en el caso de la *Gigaspora* y *Scutellospora*, son llamadas células auxiliares y se forman en el exterior de la raíz. En ambos casos su formación está condicionada a una estabilización en la simbiosis micorrízica (Schenck y Smith, 1982; Alarcón y Ferrera, 1999).

El papel de los HMA es relevante para el buen funcionamiento de los agroecosistemas, además de poseer un gran potencial como bioinsumo agrícola no contaminante y de bajo costo, posee la ventaja de que de manera natural participa en la nutrición de las plantas (Read y Pérez-Moreno, 2003).

2.3.1. Efectos benéficos de hongos micorrízicos arbusculares

Las micorrizas arbusculares protagonizan una serie de acciones benéficas a favor de las plantas y desempeñan un papel fundamental en la captación de nutrimentos en el sistema suelo-planta, incidiendo principalmente en aquellos que tienen una lenta difusión como es el caso del fósforo (Salamanca y Silva, 1998). Los efectos favorables en la nutrición de los árboles propician una reducción en la adición de los fertilizantes químicos hasta en un 25 % y la aplicación de fósforo se puede reducir hasta un 50 %. Considerando que existe un efecto antagónico hacia patógenos, se reduce también el empleo de fungicidas y bactericidas (Xoconostle y Ruíz, 2002). Debido a la producción de glicoproteínas como la glomalina, los HMA actúan como un medio para secuestrar y estabilizar suelos con alta concentración de elementos potencialmente tóxicos (Gonzales *et al.*, 2004).

Para que la asociación simbiótica entre el hongo y la planta se lleve a cabo, es necesario determinar la compatibilidad entre los organismos, lo cual requiere de la diferenciación celular y molecular coordinada de ambos simbios, para formar una interface especializada en la cual ocurre la transferencia bidireccional de nutrientes (Guzmán-Gonzales y Farías-Larios, 2005). Esto significa que una especie de HMA puede mostrar mejor respuesta con una especie de vegetal específico.

En mango se han realizado escasos estudios para identificar la colonización micorrízica. Uno de los trabajos es el reportado por Reddy y Bagyaraj (1994), en el cultivar Nekkare utilizado como portainjerto, en el cual se inocularon nueve diferentes especies de micorrizas arbusculares y se evaluó su respuesta simbiótica. De los nueve hongos, *Gigaspora margarita* presentó los mejores resultados en crecimiento y nutrición, reflejados en una mayor altura de planta, diámetro de tallo, producción de biomasa y alto contenido de fósforo. La inoculación con el hongo también propició que el patrón 'Nekkare' estuviera en condiciones para injertarse a los ocho meses, adelantándose alrededor de 4 a 6 meses.

En India Hasan y Khan (2005) realizaron un estudio preliminar en seis distritos, considerando las variedades Dasher, Chausa, Amrapali, Rataul y Langra. Los árboles se encontraban bajo condiciones de vivero y árboles establecidos en campo con diferentes edades (0 a 5, 6 a 10 y >10 años). La finalidad fue registrar el estado micorrízico de las variedades cultivadas. Los resultados mostraron mayor colonización de raíces en árboles mantenidos en vivero, con porcentajes de 22.5 ± 7.2 y 31.7 ± 6.2 . De los establecidos en campo apreciaron que los que tenían edad entre 0 a 5 años mostraron los valores más altos de colonización y conforme la edad aumentó el porcentaje de raíces colonizadas disminuyó. Entre variedades, la más alta colonización de raíces en vivero fue mostrado por 'Amrapali', mientras que en condiciones de campo fue 'Chausa'. Respecto al número de esporas, el comportamiento fue similar que en colonización de raíces, es decir, mayor cantidad de esporas en árboles jóvenes (en vivero y establecidos en campo); sin embargo, entre variedades se observó un ligero

cambio; en condiciones de vivero la variedad Rataul mostró mayor cantidad de esporas micorrízicas (356 ± 71.7 esporas por 100 g de suelo) y en campo 'Chausa' nuevamente presentó el mayor número de esporas (321.7 ± 64.4 esporas por 100 g de suelo).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El trabajo se desarrolló en el Campo Experimental "Cotaxtla", perteneciente al Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuaria (INIFAP), localizada a $18^{\circ} 56' 13''$ Latitud Norte y $96^{\circ} 11' 38''$ Longitud Oeste, a 15 metros sobre el nivel del mar. El suelo corresponde al tipo vertisol pélico, de textura arcillosa (30 %), profundidad de un metro, pH ligeramente ácido (6.5) y la pendiente del terreno es menor al 3 % (FitzPatric, 1984). De acuerdo con Osuna-Enciso *et al.* (2000), el clima que predomina es Aw_0 (w)(g) cálido sub húmedo, con temperatura media anual de $24.5^{\circ}C$, máximas de $30.9^{\circ}C$ y mínimas de $20^{\circ}C$; la precipitación media anual es de 1,410.89 mm, de la cual, aproximadamente, el 90 % se distribuye en el periodo junio a noviembre y el resto entre diciembre y enero, con un periodo seco de febrero a mayo; los vientos pueden alcanzar velocidades de 30 a 120 km por hora. El experimento se realizó en una huerta plantada con mangos de los cultivares 'Manila Cotaxtla 2' (en adelante se manejará solo como 'Manila'), 'Tommy Atkins' y 'Ataulfo', que se establecieron en noviembre de 2006, plantados a distancias de 6 m x 2.5 m, en una superficie de 2.970 m^2 , equivalente a $666\text{ árboles ha}^{-1}$.

3.1.1. Clima

Durante el periodo que comprendió el estudio, el comportamiento del clima se caracterizó por mostrar temperaturas mínimas que oscilaron entre $14^{\circ}C$ (diciembre 2010) a $29^{\circ}C$ (enero 2011), temperaturas máximas de $26.6^{\circ}C$ (diciembre 2010) a $37.7^{\circ}C$ (enero 2011) y una temperatura media de $19.8^{\circ}C$ (diciembre 2010) a $33.0^{\circ}C$ (enero 2011); la humedad relativa fluctuó entre 74.2 % a 87.9 %, con excepción de los meses

abril, mayo, junio 2011, donde osciló entre 27.2 % a 30.2 %; respecto a la precipitación pluvial, en 2009 los meses abril y mayo fueron los más secos con precipitaciones menores a 2 mm, en 2010 el mes de marzo fue el más seco ya que no se presentaron precipitaciones, mientras que el septiembre del mismo año se precipitó la mayor cantidad de lluvia (584.6 mm), en 2011, febrero, marzo y abril fueron los meses de sequía, mientras que de junio a noviembre de ese año se precipitó la mayor cantidad de lluvia (323 mm), finalmente en 2012, marzo resultó con la menor precipitación anual al no superar los 4 mm de lluvia, tal como se muestra en la Figura 1.

3.2. Diseño experimental

Con excepción de las variables de suelo, en la cual se empleó un diseño completamente al azar, en el resto de variables se empleó un diseño en parcelas divididas en completamente al azar, siendo la parcela grande el cultivar y la parcela chica las fuentes de fertilización. Se utilizaron tres repeticiones, considerando un árbol como unidad experimental. Las fuentes de fertilización empleados en los tres cultivares de mango se muestran en el Cuadro 1.

Las fuentes orgánicas utilizadas mostraron diferente pH, contenido de materia orgánica y contenido nutrimental como se muestra en el Cuadro 2. Su aplicación en los árboles fue en una sola fecha al año, hasta el 2009 las aplicaciones se realizaron en la periferia de la copa, se realizaron excavaciones de aproximadamente 20 cm de ancho por 10 cm de profundidad en la cual se depositaron los fertilizantes y se procedió a cubrirlos. A partir del 2010 y en adelante los fertilizantes se depositaron en uniformemente en el toda el área de copa en los primeros 10 cm de profundidad y se cubrió con suelo.

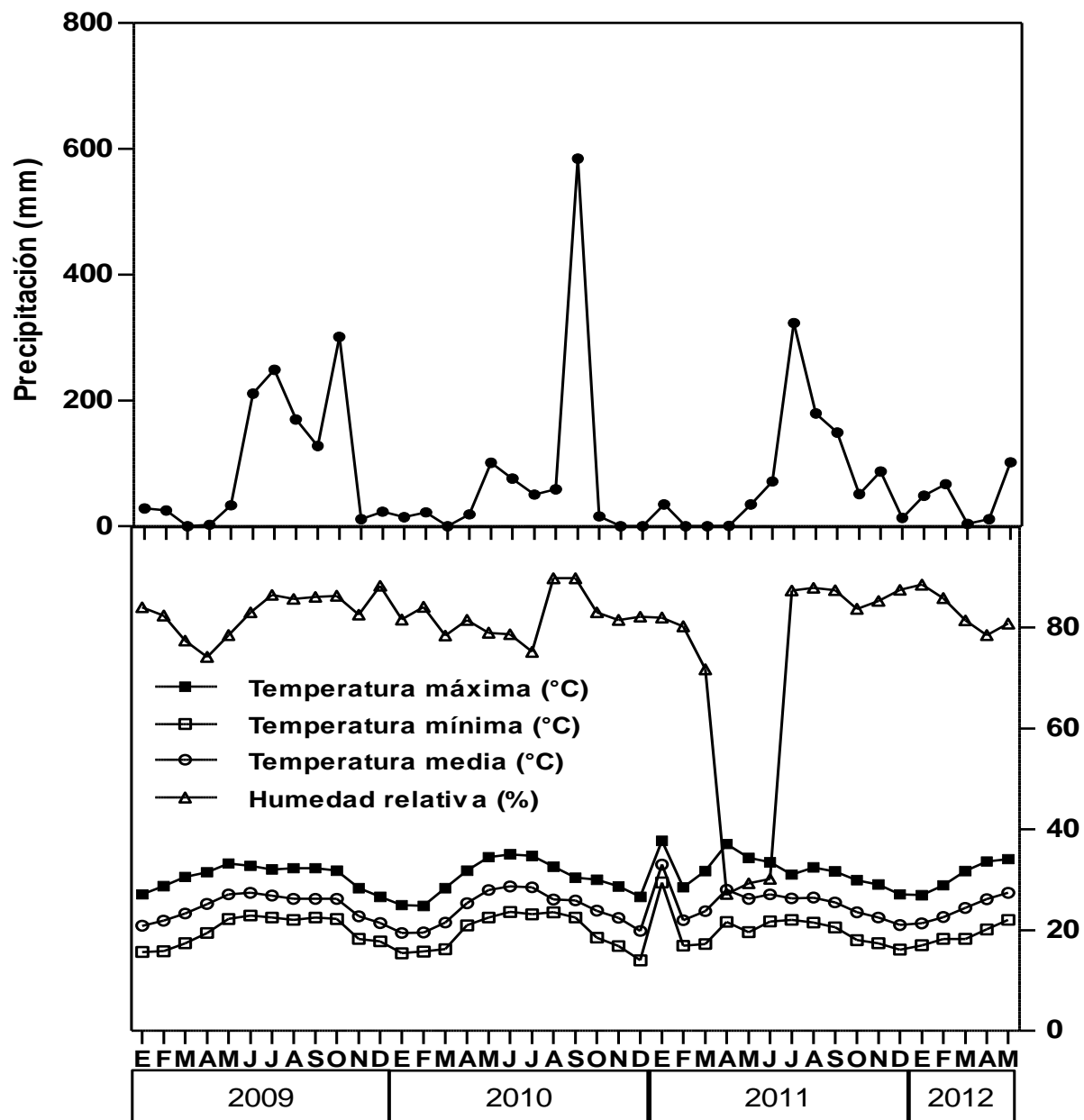


Figura 1. Comportamiento climáticos durante el 2009, 2010, 2011 y 2012 en el área del Campo Experimental Cotaxtla.

3.3. Variables medidas

3.3.1. Fertilidad del suelo

Se determinó la concentración de nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca) magnesio (Mg), Cobre (Cu), Zinc (Zn), hierro (Fe) y manganeso (Mn). También el pH, contenido de materia orgánica, % de arena, % de arcilla y % de limo. En las unidades experimentales se tomaron muestras de suelo en la parte media de la copa en el lado sur, en las profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm. Se colectó 1 kg de suelo, y se depositó en el interior de bolsas de plástico previamente etiquetados para su posterior análisis físico químico. Los análisis se realizaron en el laboratorio de suelo del Campo Experimental Cotaxtla (INIFAP).

Cuadro 1. Fuentes de fertilización que se evaluaron en los cultivares de mango Manila, Tommy Atkins y Ataulfo.

Fertilizantes	Dosis por hectárea	Dosis por árbol
Lombricomposta	10 t ha ⁻¹	15 kg
Bocashi	10 t ha ⁻¹	15 kg
Gallinaza	10 t ha ⁻¹	15 kg
Mineral	153.2-0-199.8 kg de NPK ha ⁻¹	230-0-300 g*
Mineral	199.8 kg de NPK ha ⁻¹	230-0-0 g**
Gallinaza	5 t ha ⁻¹	7.5 kg
Bocashi	5 t ha ⁻¹	7.5 kg
Lombricomposta	5 t ha ⁻¹	7.5 kg
Testigo	-	-

*500 g de urea+500 de KCl; **500 de KCl

3.3.2. Presencia de micorrizas

3.3.2.1. Porcentaje de colonización en raíces

En abril de 2010, se tomaron muestras de suelo (300 g) en el lado sur del tronco de cada unidad experimental, de los tres cultivares de mango, a 15 cm de distancia de tronco y de profundidad. El suelo colectado se introdujo en bolsas de plástico previamente identificadas y se transportó al laboratorio. Se realizó la separación de suelo y raíz de cada muestra. Para observación de estructuras micorrízicas en la raíz se utilizó la técnica de clareo y tinción descrita por Phillips y Hayman (1970). El cual se describe a continuación.

Cuadro 2. Características de tres fuentes orgánicas utilizadas para la fertilización de mango.

Fuentes orgánicas	pH	MO (%)	mg kg ⁻¹								
			N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Gallinaza	7.17	34.14	3220	10613	13673	1362	1361	64.72	31.78	27.2	66.28
Lombricomposta	4.74	6.68	3115	214.21	3466	9010	1313	94.31	1.9	9.99	37.27
Bocashi	7.31	28.81	322	894	12356	6020	2713	35.77	4.06	19.11	53.72
			kg t ⁻¹ de fertilizante								
Gallinaza		341.4	3.220	10.613	13.673	1.362	1.361	0.065	0.032	0.027	0.066
Lombricomposta		66.8	3.115	0.214	3.466	9.010	1.313	0.094	0.002	0.010	0.037
Bocashi		288.1	0.322	0.894	12.356	6.020	2.713	0.036	0.004	0.019	0.054

1. Obtención y preparación de muestras. Las raíces se lavaron con agua de llave para eliminar los residuos de suelo. Por la cantidad de muestras que se manejaron fue necesario agregarles a las raíces una solución de F.A.A. (Formol, Ácido acético. Alcohol).
2. Aclareo. Se cortaron los segmentos de la raíz a 2 cm de longitud y se introdujeron en cápsulas de tinción. Las cápsulas se colocaron en un vaso de precipitado, y se cubrieron con KOH al 10 % permaneciendo sumergidas en todo momento, las cápsulas se calentaron dentro de una olla de presión de 10 lb durante 10 minutos, el proceso se repitió hasta que se aclaró el sobrenadante.

3. Blanqueo. Se les adicionó H₂O₂ al 10 % en suficiente cantidad hasta cubrir las cápsulas que contenían las raíces, se agitó durante tres minutos y después se enjuagó con agua de llave.
4. Acidificación. Las raíces se sumergieron en HCl al 10 % y se agitó durante tres minutos. Se eliminó el HCl sin enjuagar se le agregó el colorante azul tripano.
5. Tinción. Las cápsulas que contenían las raíces fueron colocadas nuevamente en la olla de presión y se calentó a durante 10 minutos a 10 lb de presión. Concluido el tiempo se retiró el vaso de precipitado y se dejó reposar hasta el momento de montar las raíces.
6. Montaje semipermanente. Los segmentos de raíces teñidas se colocaron en portaobjetos (20 segmentos por porta objetos). Se les agregó unas gotitas de lactoglicerol para retirar el exceso de colorante. Se colocaron los cubreobjetos, procurando evitar la formación de burbujas de aire.
7. Observación al microscopio. Cada montaje se observó en el microscopio con el objetivo de 40x, se pasó tres veces por cada segmento de raíz a distancias equidistantes (superior, centro e inferior). A cada campo que presentó estructuras micorrizadas (hifas, vesículas o arbusculos), independientemente de la intensidad de micorrización, se le asignó el valor de 1. Dependiendo del número de campos observados se obtuvo el porcentaje de colonización micorrízica utilizando la siguiente ecuación.

$$\% \text{ colonización} = \frac{cc}{co} \times 100$$

Dónde: cc= campos colonizados; co= campos observados

3.3.2.2. Número de esporas en el suelo

Se cuantificó el número de esporas por el método de tamizado y decantación propuesto por Gerderman y Nicolson (1963) el cual se describe de la siguiente manera:

1. En un vaso de precipitado de 2 L, se colocaron 100 g de suelo de rizósfera y se le agrego 1 L de agua potable. Se agitó durante cinco minutos y se dejó sedimentar las partículas durante otros cinco minutos. La suspensión del suelo-agua se pasó por una serie de tamices graduados colocados en orden decreciente de apertura de malla (45,

60, 100, de la serie USA). Se agregó nuevamente agua al decantado y se volvió a repetir el proceso.

2. De cada malla se recuperó el suelo tamizado retenido y con ayuda de una pizeta se transfirió a un vaso de precipitado, finalmente se pasó por un papel filtro cuadrado para su observación.
3. Las esporas retenidas en el papel filtro se observaron en el microscopio estereoscópico, guiándose por la periferia del papel, se seleccionó y cuantificó el número de esporas micorrízicas.

3.3.3. Concentración nutrimental foliar y de frutos

Se realizaron determinaciones nutrimentales foliares y de fruto. En cada unidad experimental se colectaron hojas (20 hojas por árbol), se depositaron en una bolsa de papel estraza previamente identificada y se trasladó al laboratorio, posteriormente se lavaron, secaron (a 70 °C hasta alcanzar peso constante) y molieron; en 2010 las hojas se colectaron en enero (previo a floración) y mayo (previo a cosecha), mientras que en 2011 las colectas fueron en diciembre (previo a floración) y abril (previo a cosecha). Los frutos se colectaron cuando alcanzaron la madurez fisiológica, se separaron en sus diferentes componentes: cáscara, semilla (testa + embrión) y pulpa, se tomaron 20 g en fresco de cada componente y se secaron en una estufa a 70 °C hasta peso constante. Posteriormente las muestras de hojas y frutos se molieron y se realizó la digestión de las mismas.

3.3.3.1. Nitrógeno

El nitrógeno total se determinó mediante el método microkjeldahl. Se pesó 0.1 g de materia seca (ms), se depositó en tubos de ensaye, al que se le agregó una pizca de la mezcla CuSO_4 , NaSO_4 y selenio negro en una relación 3.5:96:0.5, posteriormente se adicionó 4 mL de ácido sulfúrico-salicílico; se sometieron a digestión a una temperatura de 270 °C en una plancha de arena durante un periodo de tres horas, hasta obtener un extracto de color verde olivo. Al concluir la digestión se vertió al tubo

aproximadamente 4 mL de agua destilada para que no se cristalizara. Posteriormente, en el tubo de salida del aparato destilador se colocaron matraces Erlenmeyer los cuales contenían 20 mL de ácido bórico al 4 % + los indicadores (verde de bromocresol y rojo de metilo), la muestra digestada se colocó en el bulbo destilador y se le adicionó 10 mL de NaOH al 10 N. Se conectó el flujo de vapor y se inició la destilación, hasta obtener aproximadamente 50 mL del destilado y hubo alcanzado una tonalidad azul claro. La titulación de la solución extraída se realizó con ácido sulfúrico 0.04 N, que al mezclarse con la solución adquirió un color rosado, se cuantificó el gasto del ácido y se realizaron los cálculos con la siguiente ecuación:

$$g \text{ de N } 100 \text{ g de materia seca (ms)} = \frac{(V \text{ muestra} \times V \text{ blanco})N \text{ ácido} \times 14}{P \text{ muestra} \times 10}$$

En donde:

V muestra= volumen de H₂SO₄ para titular la muestra.

V blanco= volumen de H₂SO₄ para titular el blanco.

N= normalidad exacta del H₂SO₄.

14= peso miliequivalente del N (mg).

P muestra= peso de la muestra en gamos

10= factor para convertir en porcentaje (1000/100).

3.3.3.2. Potasio, calcio y magnesio

Se utilizó el método de “digestión húmeda”, que consistió en pesar 0.5 g de materia seca, se depositó en tubos de ensaye y se les adicionó 10 mL de ácido nítrico concentrado + 3.5 mL de la ácido perclórico y ácido sulfúrico, los tubos de ensaye se colocaron en una plancha de arena donde se calentó a una temperatura de 300 °C hasta que la mezcla líquida adquirió una apariencia incolora, al retirarlo de la campana se le adicionó agua destilada para evitar la cristalización. Para obtener la solución madre el producto obtenido se aforó a 25 mL con agua destilada y se filtró.

De la solución filtrada se tomó 0.5 mL de alícuota y se depositó en un matraz de 50 mL y se aforó con agua destilada. Posteriormente se procedió a tomar la lectura en un espectrofotómetro de absorción atómica (GBC Scientific Equipment) con emisión de llama, el cálculo se realizó con las siguientes ecuaciones:

$$g \text{ de K } 100 \text{ g de materia seca (ms)} = \frac{ppmK \times V. \text{ aforamiento} \times \text{dilución}}{10,000}$$

$$g \text{ de Ca } 100 \text{ g de materia seca (ms)} = \frac{ppmK \times V. \text{ aforamiento} \times \text{dilución}}{10,000}$$

$$g \text{ de Mg } 100 \text{ g de materia seca (ms)} = \frac{ppmK \times V. \text{ aforamiento} \times \text{dilución}}{10,000}$$

3.3.3.3. Zinc, fierro, manganeso, cobre

Para los elementos menores, la determinación se realizó directamente de la solución madre, con el espectrofotómetro de absorción atómica. Los cálculos se realizaron utilizando la siguiente ecuación:

$$mg \text{ kg de materia seca (ms)} = \frac{ppm \text{ leídas} \times 25}{0.5}$$

3.3.4 Vigor del árbol

Debido a que los árboles se podaron cada año, posterior a la cosecha, se consideró como parámetro de crecimiento, el diámetro de tallo, para ello se marcaron los troncos de los árboles a una altura de 15 cm del suelo, para mantener constante la sección de medición, se utilizó una cinta métrica para medir el perímetro del tallo y posteriormente se calculó el área transversal del tronco.

3.3.5 Floración y rendimiento

Se contabilizó el número total de panículas por árbol en los ciclos de producción 2010 y 2011. Para determinar el rendimiento se cosecharon todos los frutos de cada árbol cuando los frutos alcanzaron la madurez fisiológica, se contabilizó y pesó el número total de fruto. Conociendo el diámetro de tallo se expresó también la eficiencia del árbol con relación a la producción en peso de fruta (g) por cm² de área transversal de tronco (ATT).

3.3.6 Postcosecha

Una vez que los frutos alcanzaron la madurez fisiológica, se cosecharon de cada árbol, ocho frutos y se trasladaron al laboratorio de postcosecha del Colegio de Postgraduados campus Montecillo, los frutos se mantuvieron en condiciones ambientales (20 °C a 21 °C) durante ocho días, periodo en el cual alcanzaron la madurez de consumo. Los parámetros de calidad medidos se mencionan a continuación.

3.3.6.1. Tamaño de fruto y pérdida de peso

Empleando un vernier manual se midió las dimensiones del fruto de mango (polar y ecuatorial). Con una balanza granataria A&D Co Model EY-2200 se tomó el peso individual de los frutos en su madurez fisiológica y de consumo, para determinar el porcentaje de peso que perdieron los frutos en un periodo de ocho días, para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{\textit{peso inicial} - \textit{peso final}}{\textit{peso inicial}} \times 100$$

3.3.6.2. Sólidos solubles totales

Se determinó en la madurez de consumo utilizando un refractómetro manual Bausch and Lomb, siguiendo la metodología A.O.A.C. (1990), que consistió en tomar 5 g de pulpa, se exprimió y las gotas de jugo se colocaron en el refractómetro y se tomó la lectura, los resultados obtenidos se expresaron en ° Brix.

3.3.6.3. Acidez titulable

En la madurez de consumo se determinó la acidez por el método de A.O.A.C. (1990), se tomó 10 g de pulpa, se licuó en 50 mL de agua destilada. se tomó 10 mL de la mezcla y se tituló con NaOH (0.1 N). El resultado obtenido se expresó como porcentaje de ácido málico (ácido prevaeciente en mango y participa en el ciclo de Krebs y la obtención de ATP) por gramo de pulpa, el cual se calculó con la siguiente ecuación.

$$\% \text{ ácido málico} = \frac{(\text{mL NaOH gastado})(N \text{ NaOH})(\text{meq del ácido})(V)(100)}{\text{peso de la muestra} \times \text{alícuota}}$$

3.3.6.4. Color del epicarpio

El cambio de color en el epicarpio de los frutos de madurez fisiológica a madurez de consumo, se realizó utilizando un colorímetro Hunter Lab D25-PC2 con una apertura de 1.25 cm, las lecturas fueron tomadas con base en la escala: L (luminosidad), A (cambios de verde a rojo) y B (cambios de azul a amarillo). En cada cara lateral del fruto se marcó de manera circular (diámetro aproximado de 2 cm) en el cual se tomaron las lecturas correspondientes.

3.3.6.5 Firmeza

Utilizando un texturómetro MODEL FDV-30 y un puntal cónico de diámetro de 0.7 mm se midió la fuerza de penetración del puntal, en los mismos puntos donde se midió color, se eliminó la cáscara y se procedió a tomar la lectura correspondiente a firmeza, los datos se expresaron en Newton. Las mediciones se realizaron en madurez fisiológica y ocho días después (madurez de consumo).

3.3.6.6 Relación cáscara-pulpa-semilla

En madurez fisiológica los frutos se pesaron individualmente en una balanza electrónica de 2.0 kg de capacidad (A&D Co Model EY-2200), posteriormente se realizó la separación de pulpa, semilla y cáscara. Los porcentajes de cada componente se obtuvieron a través de una regla de tres, considerando como el 100 % el peso total del fruto.

3.4. Manejo de la plantación

En los tres años de evaluación los árboles de mango recibieron 10 riegos rodados durante la época de estiaje (diciembre a mayo). El control de maleza a lo largo de la hilera de árboles fue manual, manteniendo una cubierta de pasto. La fertilización de los árboles fue septiembre del 2009, 2010 y 2011, los fertilizantes minerales. En ambos años, los árboles se podaron inmediatamente después de la cosecha de frutos, para evitar el traslape de las ramas y eliminar las dañadas y enfermas. La cosecha de frutos en el 2010 se realizó entre mediados de junio y principios de agosto, en tanto que, para el 2011 inició a mediados de mayo y concluyó a principios de junio; en el 2012 la cosecha inició a finales de abril y principios de junio.

3.5. Análisis de varianza

Los datos obtenidos se sometieron al análisis de varianza utilizando el paquete sistema de análisis estadístico (SAS) versión 9.0, se realizaron pruebas de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Fertilidad del suelo

4.1.1. pH y materia orgánica

El pH del suelo en el primer y segundo año de muestreo (2010 y 2011) no mostró diferencias estadísticas significativas entre las fuentes de fertilización y el testigo, en ninguna de las profundidades (Figura A1). Los resultados difieren con lo indicado por Moyin-Jesu y Adeofun (2008) y Orozco y Muñoz (2011), quienes al utilizar fertilizantes orgánicos apreciaron pH más altos en estos comparados con el testigo.

Respecto a la materia orgánica, tampoco se apreciaron diferencias estadísticas significativas en ninguno de los años y profundidades de muestreo (Figura A1). Los resultados obtenidos en materia orgánica se asemejan a lo observado por Corrales (2000), quien al evaluar la gallinaza (0, 10, 20 y 30 kg árbol⁻¹) apreció igualdad estadística entre las fuentes incorporadas y el testigo en el contenido de materia orgánica.

4.1.2. Porcentaje de arena, arcilla y limo

Al segundo año de evaluación (2011) el porcentaje de arena en el suelo fue estadísticamente significativo, en la profundidad de 0 a 20 cm, y fue la dosis mineral 230-0-300 g de NPK árbol⁻¹ el que exhibió el porcentaje más bajo. En el estrato de 20 a

40 cm de profundidad se encontraron porcentajes de área estadísticamente iguales entre las fuentes de fertilización y el testigo (Figura 2 A).

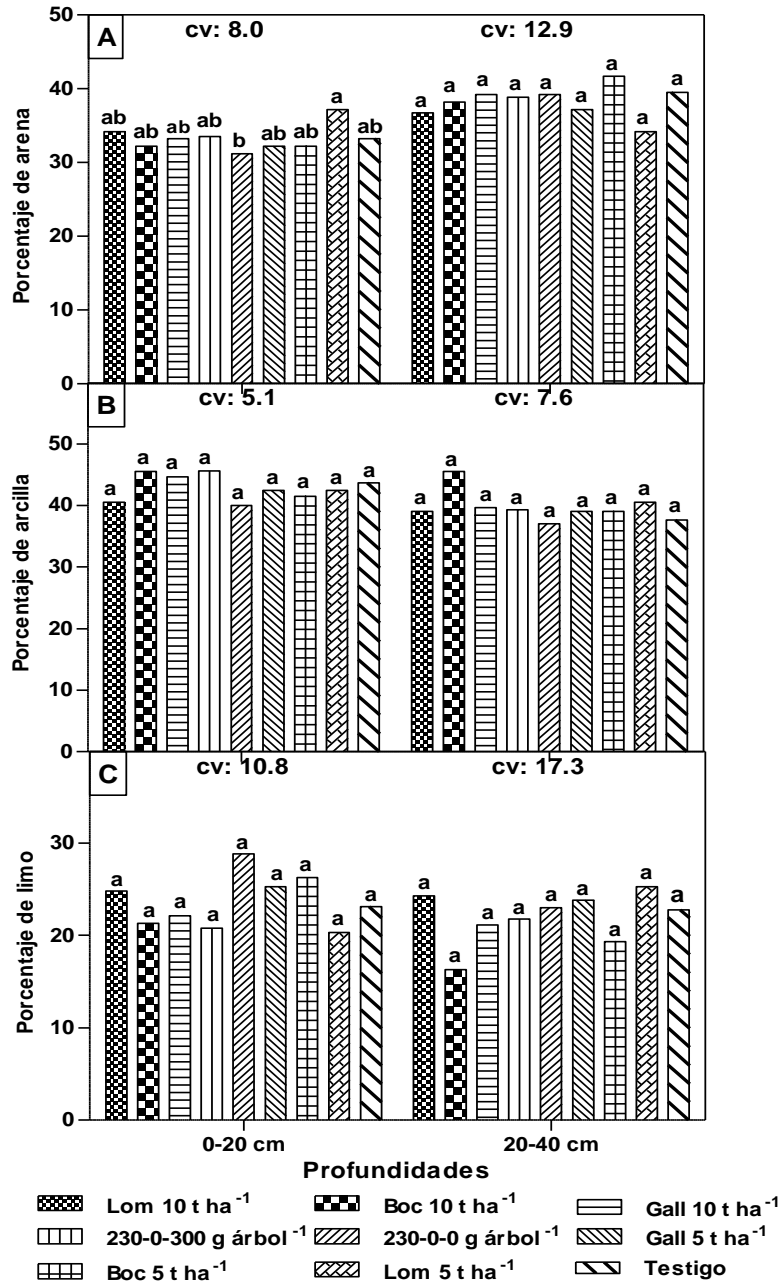


Figura 2. Porcentaje de arena (A), arcilla (B) y limo (C) en suelo manejado con fertilizantes orgánicos, en dos profundidades de muestreo en 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0.05). CV= Coeficiente de variación.

Respecto al porcentaje de arcilla y limo en ninguna de las profundidades se notaron diferencias estadísticas significativas (Figura 2 B y 2 C). De acuerdo con los porcentajes de arena, limo y arcilla, el suelo, en las dos profundidades de muestreo corresponde a una textura arcillosa de acuerdo con la clasificación de USDA, 1977). La ausencia de diferencia significativa entre fuentes de fertilización es similar a lo observado por Hernández-Valencia *et al.* (1999), quienes compararon las condiciones edáficas de diferentes agroecosistemas conducidos de manera orgánica (aplicación de gallinaza, composta y estiércol bovino) y convencional (roca fosfórica y dosis de NPK), los resultados obtenidos señalan que la textura del suelo (porcentaje de arena, limo y arcilla), no fue influenciado por la adición de las diferentes fuentes de fertilización.

4.1.3. Macronutrientes

Las concentraciones de N en el 2010, fueron estadísticamente diferentes en los primeros 20 cm de profundidad, el bocashi en dosis de 5 t ha⁻¹ se comportó estadísticamente igual a gallinaza y lombricomposta en dosis de 10 y 5 t ha⁻¹, bocashi 10 t ha⁻¹ y a la dosis mineral 230-0-0 la dosis g de NPK árbol⁻¹ y diferente del mineral 230-0-300 g de NPK árbol⁻¹ (Figura 3 A). En la profundidad de 20 a 40 cm de ese mismo año y en las dos profundidades (0 a 20 cm y 20 a 40 cm) del siguiente año (2011) todas fuentes de fertilización fueron estadísticamente iguales con el testigo (Figura 3 B). Parte de los resultados contrastan con Moyin-Jesu y Adeofun (2008), ya que en condiciones de vivero al fertilizar con fuentes minerales y orgánicas pudieron apreciar en los primeros 15 centímetros mayor cantidad de N, respecto al testigo.

Para el caso del P, en ninguno de los años de evaluación se observó efecto significativo de los fertilizantes orgánicos y minerales respecto al testigo (Figura A2 y Cuadro A1), diferente con lo reportado por Moyin-Jesu y Adeofun (2008), pues observaron que suelos a los que se incorporó materia orgánica y fertilizante mineral, superaron estadísticamente al testigo.

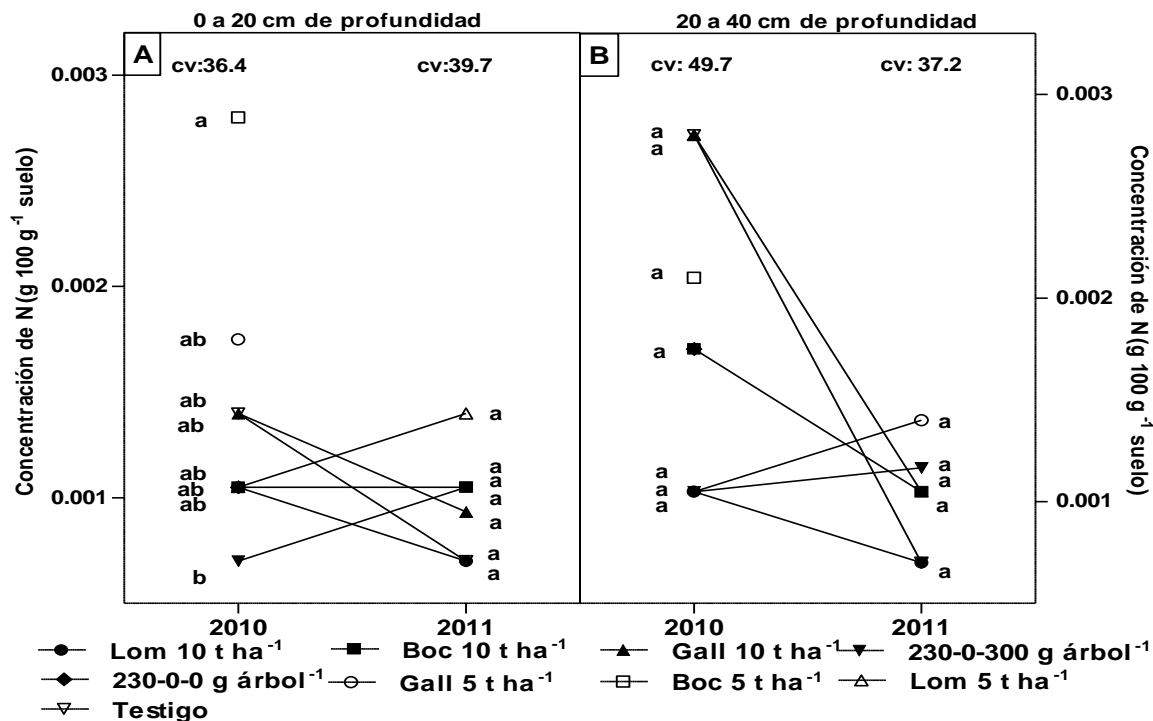


Figura 3. Concentración de nitrógeno a diferentes profundidades de suelo manejado con diferentes fuentes de fertilización. A) N en la profundidad de 0 a 20 cm; B) N en la profundidad de 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$. CV= Coeficiente de variación).

La concentración de K en el suelo superó a los valores de N y P. En la profundidad 0 a 20 cm. En 2010 no se apreciaron diferencias estadísticas significativas (Figura 4 A), mientras que en el segundo año (2011) la dosis nitrogenada 230-0-0 g de N-P-K árbol⁻¹ fue estadísticamente inferior a la gallinaza 10 t ha⁻¹ y similar al resto de las fuentes de fertilización y el testigo (Figura 4 B). Los resultados coinciden con Moyin-Jesu y Adeofun (2008) al igual que con Corrales *et al.* (2003), quienes al evaluar fertilizantes químicos y orgánicos en el cultivo de mango, apreciaron diferencias estadísticas en favor de las fuentes orgánicas sobre fuentes minerales y el testigo. En la profundidad de 20 a 40 cm, todas las fuentes de fertilización fueron iguales estadísticamente al testigo (Figura 4 B). Mayor presencia de K en los primeros 20 cm de profundidad puede deberse a que fue en ese sitio donde se depositaron las diferentes fuentes de fertilización, y se presume que fue mínimo el desplazamiento hacia la parte más baja. Los valores de K en la parte superficial clasifican al suelo en el

rango de medianamente rico a extremadamente rico, en tanto que el estrato más bajo es considerado como un suelo de mediano a rico según Moreno (1978).

El Ca fue el macroelemento que mayor cantidad exhibió el suelo, en los primeros 20 cm de profundidad, únicamente se apreció diferencia en 2010, en donde, la lombricomposta en dosis de 10 t ha⁻¹, fue estadísticamente igual a la gallinaza y lombricomposta en dosis de 10 y 5 t ha⁻¹ y a las dos dosis minerales, pero diferente a la lombricomposta a 5 t ha⁻¹ y al testigo (Figura 5 A).

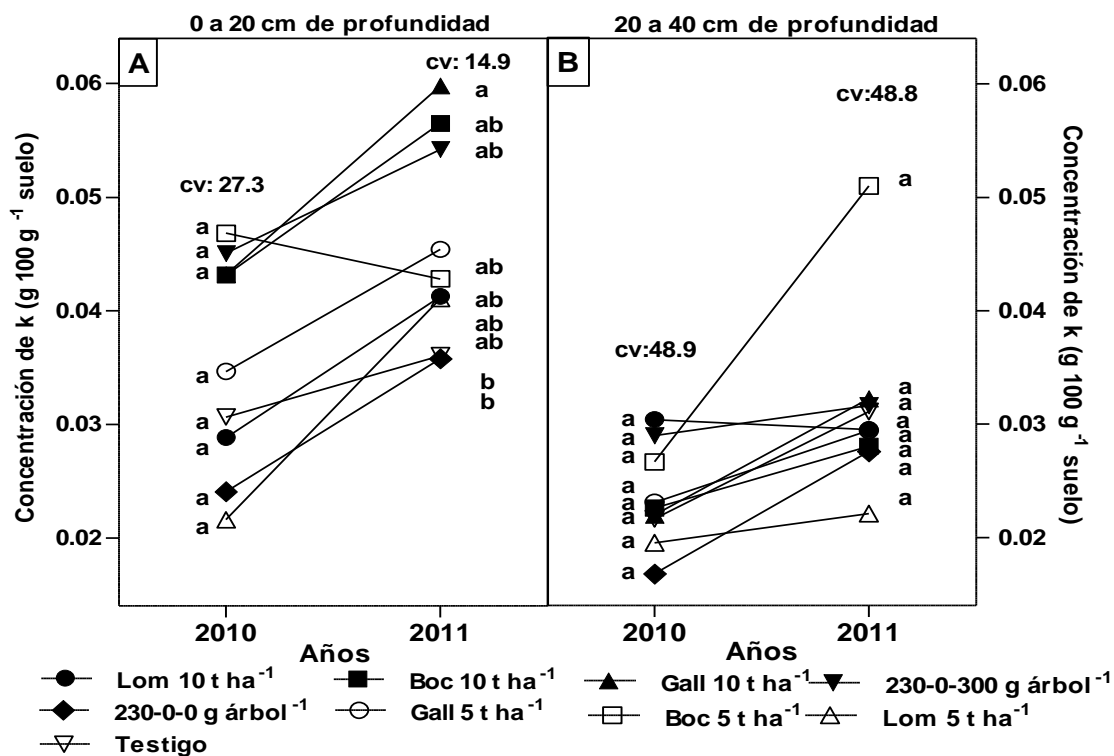


Figura 4. Concentración de potasio en suelo, manejado con diferentes fuentes de fertilización. A) K en la profundidad de 0 a 20 cm; B) K en la profundidad de 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

Resultados semejantes fueron apreciados por Moyin-Jesu y Adeofun (2008), ya que los árboles si fertilizar mostraron menor concentración de Ca en comparación con los árboles fertilizados con fertilizantes orgánicos. En el estrato de 20 a 40 cm de

profundidad no se apreciaron diferencias significativas en ninguno de los años de evaluación (Figura 5 B). Mayor concentración de Ca con respecto a los otros elementos puede estar en función de la riqueza de los fertilizantes orgánicos, principalmente lombricomposta y bocashi. Su abundancia en la parte más superficial se puede atribuir a que fue ese espacio el área de depósito de los fertilizantes y al ser de baja movilidad en la solución del suelo es menos probable que se haya desplazado hacia el estrato más bajo grandes fracciones de Ca.

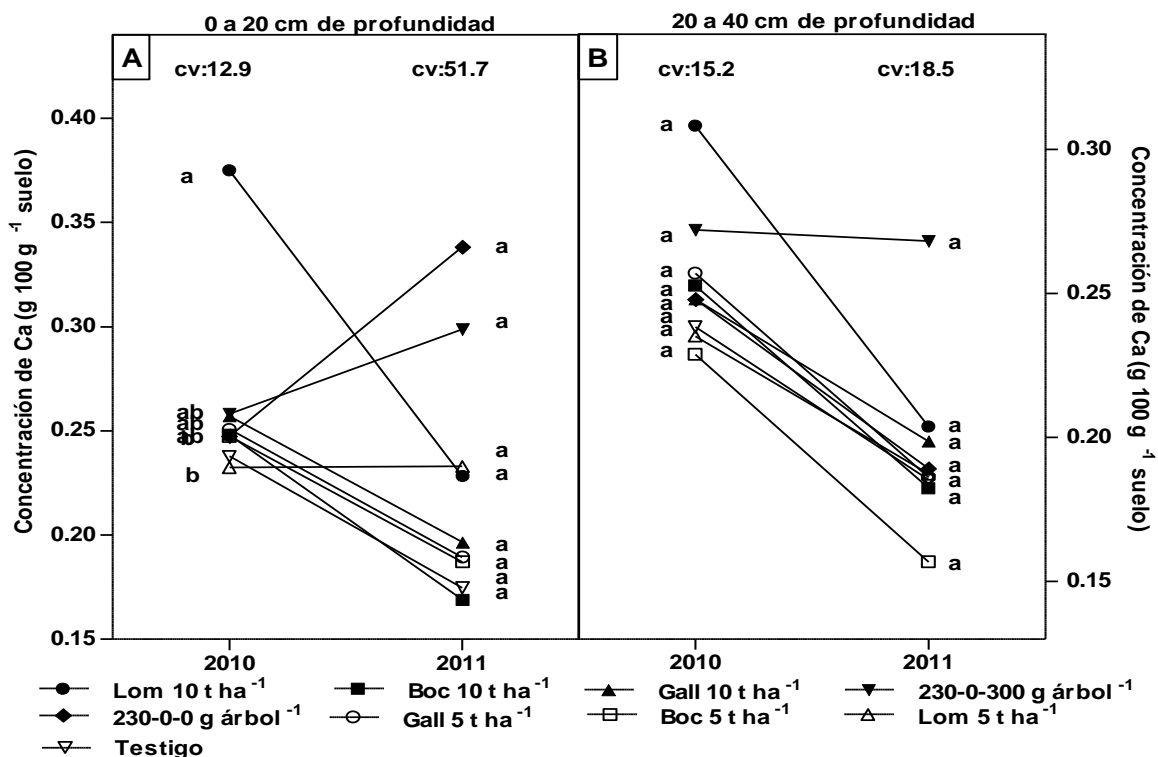


Figura 5. Concentración de calcio en suelo, manejado con diferentes fuentes de fertilización. A) Ca en la profundidad de 0 a 20 cm; B) Ca en la profundidad de 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

Respecto a la concentración de Mg, en las dos profundidades muestreadas no encontró diferencias estadísticas significativas entre las fuentes de fertilización y el testigo en los dos años de evaluación (Figura A3 y Cuadro 1A). Estos resultados

indican que las fracciones de Mg incorporados al suelo con la fertilización orgánica no fueron suficientes para modificar la condición del mismo.

4.1.4. Micronutrientos

La concentración de Fe en las profundidades 0 a 20 cm y 20 a 40 cm, tanto en 2010 como 2011 no se apreciaron diferencias estadísticas, entre los fertilizantes orgánicos y minerales respecto al testigo (Figura A4 y Cuadro 1A), lo cual evidencia que las fuentes de fertilización no influyeron en la condición de este elemento.

En Cu solo se hallaron diferencias estadísticas significativas únicamente en 2010, en la profundidad de 0 a 20 cm, la dosis 230-0-300 g de NPK árbol⁻¹ se comportó estadísticamente inferior al fertilizante orgánico lombricomposta en dosis de 10 t ha⁻¹ y similar al resto de tratamientos y al testigo (Figura 6 A). Los resultados indican que las características del suelo influyeron en las concentraciones del suelo, ya que de acuerdo con el Cuadro 1, de los tres fertilizantes orgánicos, la lombricomposta fue el que menos fracciones de Cu aportó al suelo. Una menor concentración de este microelemento en la profundidad de 20 a 40 cm (Figura 6 B) coincide con Azhar *et al.* (2007), quienes al realizar muestreos en diferentes parcelas de mango observaron que los valores de Cu disminuyeron conforme se incrementó la profundidad del suelo.

El Zn, fue el único microelemento que exhibió diferencia estadística en las dos profundidades de muestreo, en el 2010, en el estrato de 0 a 20 la dosis mineral 230-0-300 g de NPK árbol⁻¹ fue quien mostró estadísticamente el valor más bajo. Para el 2011 en la misma profundidad la gallinaza en dosis de 10 t ha⁻¹ fue quien que se impuso sobre el resto fuentes de nutrición y el testigo (Figura 7 A). En la profundidad de 20 a 40, en 2010, la dosis mineral 230-0-300 g de NPK por árbol, gallinaza en dosis de 5 t ha⁻¹ y la lombricomposta en dosis de 5 t ha⁻¹ fueron estadísticamente inferiores al resto de fertilizantes y al testigo. Para el 2011, todas las fuentes de nutrición se comportaron en igualdad estadística con el testigo (Figura 7 B). A pesar del descenso ocurrido en el

segundo año de evaluación los valores se encuentran en rangos adecuados según Azhar *et al.* (2007), pues los valores deficientes son menores a 0.6 mg kg^{-1} .

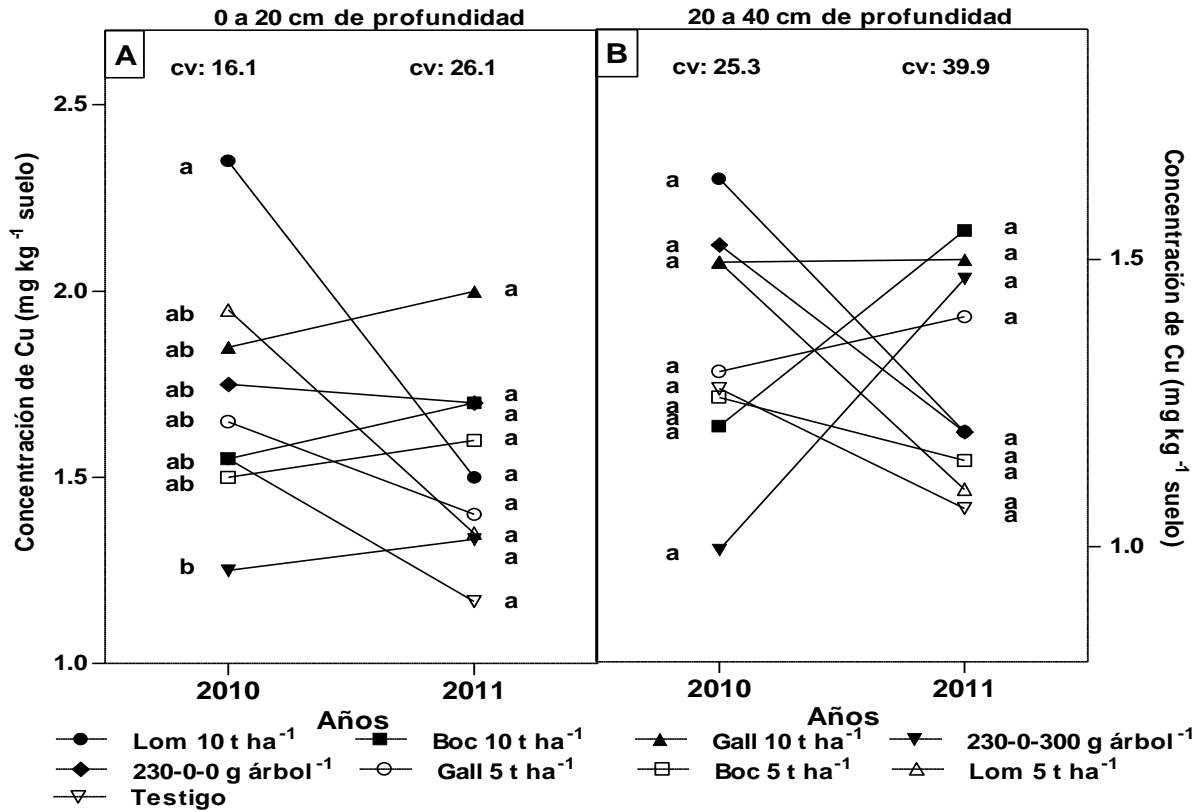


Figura 6. Concentración de cobre en suelo, manejado con diferentes fuentes de fertilización. A) Cu en la profundidad de 0 a 20 cm; B) Cu en la profundidad de 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

Respecto al Mm, las concentraciones de los fertilizantes orgánicos y minerales fueron estadísticamente iguales al del testigo, en las dos profundidades muestreadas de los años 2010 y 2011 (Figura A5). Los valores cuantificados se consideran como adecuados de acuerdo con Azhar *et al.* (2007), quien afirma que valores de 1.0 mg kg^{-1} son los rangos críticos.

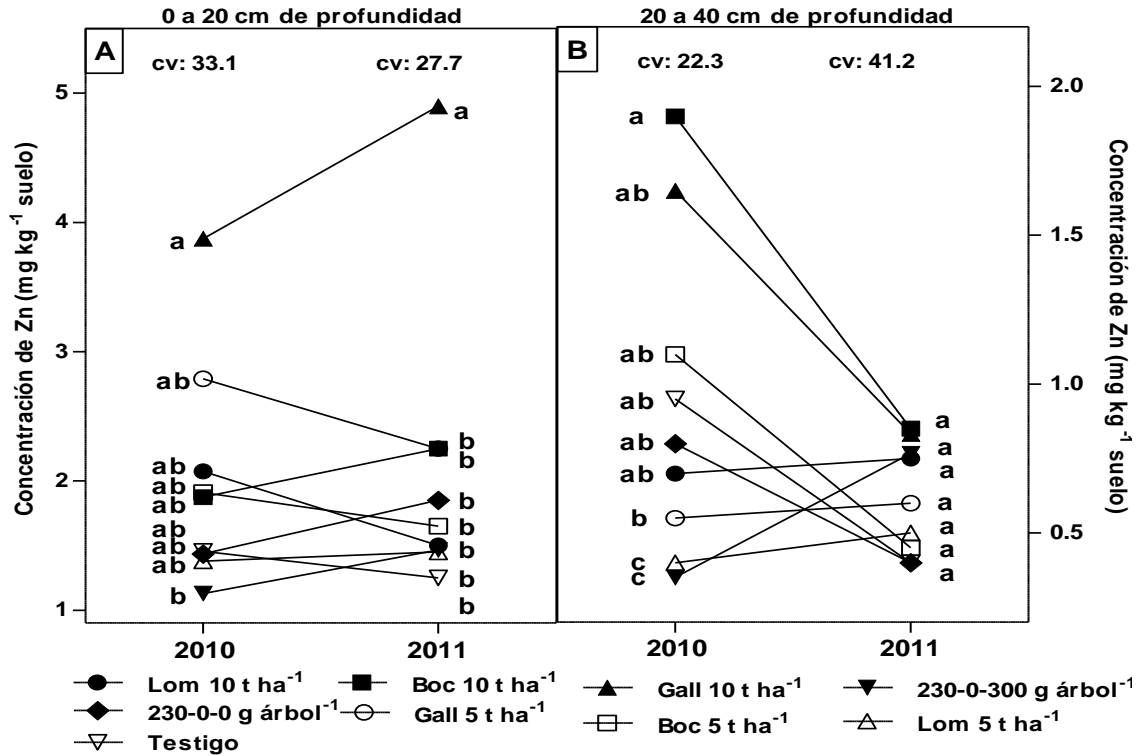


Figura 7. Concentración de zinc dos profundidades de suelos y dos años de evaluación, manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Zinc en la profundidad de 0 a 20 cm; B) zinc en la profundidad de 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

4.2. Presencia de micorriza

4.2.1. Porcentaje de colonización en raíces

Entre cultivares de mango y fuentes de fertilización, no se apreciaron diferencias estadísticas significativas (Figura A6). La igualdad entre variedades, podría deberse a que se haya empleado una sola variedad como porta injerto, ya que Hasan y Khan (2005) al muestrear raíces y suelos de diferentes cultivares de mango, observaron diferencias estadísticas, el cultivar Amrapali con 31.7 %, superó a 'Dasheri' quien mostró una colonización de 22.5 %. Y la similitud estadística entre fuentes de fertilización puede adjudicarse al aspecto edáfico, ya que Trejo-Aguilar *et al.* (1996) al comparar la presencia de hongos micorrízicos arbusculares en cultivos de café,

manejados con diferentes sistemas de producción (rustico, tradicional y a pleno sol), observaron que condiciones del suelo como materia orgánica y pH difirieron y se apreció mayor colonización micorrízica en el sistema rustico donde hubo mayor contenido de materia (24.7 %) y pH ácido (5.9), mientras que en sitios donde el pH fue de 6.3, con 5.76 % de materia orgánica fue mucho menor la colonización de raíces.

4.2.2. Número de esporas en suelo

El número de esporas micorrízicas que se encontraron en el suelo, mostraron diferencias estadísticas significativa entre los cultivares de mango, Manila y Tommy Atkins fueron iguales y superiores al 'Ataulfo' (Figura 8 A). El número de esporas cuantificadas se encontró por debajo de lo observado por Hasan y Khan (2005), ya que árboles de mango de las variedades Dasherri, Chauza, Amrapali, Ratual y Langra con edad de 6 a 10 años, se encontraron valores de 106 a 226 esporas por 100 g de suelo. Al respecto, Lee, (1994) y Clapp *et al.* (1995) mencionan que la colonización micorrízica así como el número de esporas, no necesariamente refleja las poblaciones de los hongos micorrizos arbusculares, ya que las esporas solo se forman en ciertas estaciones del año. Lo cual es corroborado por Paleo *et al.* (2009) quienes al estudiar la abundancia y diversidad de hongos micorrizicos arbusculares en aguacate observaron que la mayor abundancia fue en el mes de junio, mientras que la menor se contabilizó en febrero; en el presente estudio las muestras de suelo fueron colectadas en el mes de abril lo cual pudo haber influido en la cantidad de esporas cuantificadas.

Entre fuentes de fertilización fue nula la diferencia estadística (Figura 8 B), lo cual diverge en cierta medida con lo reportado por Aguirre *et al.* (2009) quienes al medir la abundancia de hongos micorrízicos en parcelas de aguacate manejado convencionalmente (fertilizantes minerales) y de forma orgánica (incorporación de materia orgánica), apreciaron que los árboles manejados de manera orgánica se impusieron sobre sus homólogos convencionales pues alcanzaron alrededor de 45 % mayor cantidad de esporas por 100 g de suelo.

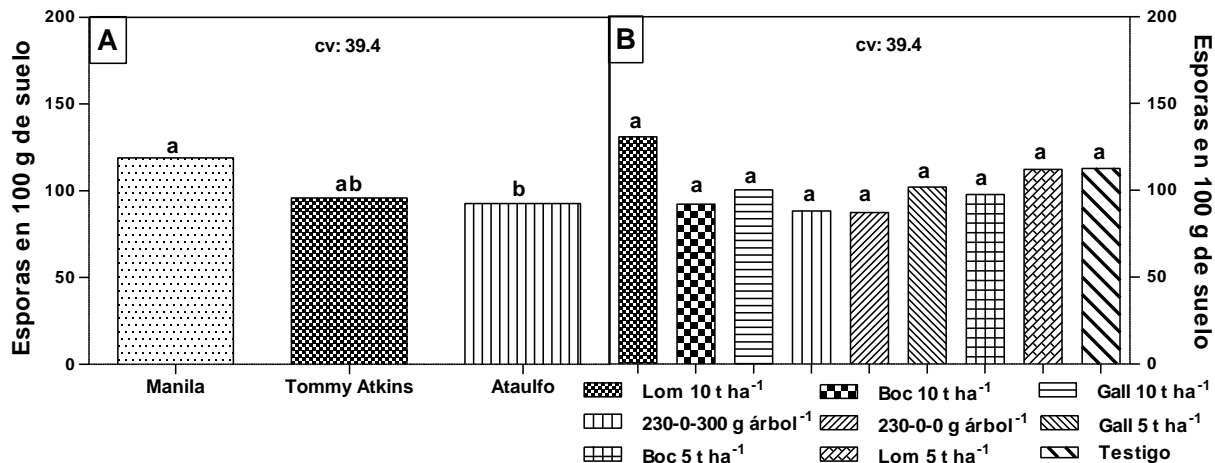


Figura 8. Número de esporas micorrízicas en la rizósfera de tres cultivares de mangos manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Esporas en cultivares; B) esporas en las fuentes de fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

4.3. Vigor de árbol

En diámetro de tallo, se encontraron diferencias significativas entre cultivares, en donde Tommy Atkins y Ataulfo, superaron estadísticamente a Manila en los cuatro años de evaluación (Figura 9 A). Estas diferencias en grosor de tallo, pueden estar relacionadas con las características propias de cada cultivar, ya que en todas las fechas de evaluación se mantuvo la misma tendencia en los árboles de mango. Al estimar el incremento anual de tallo se observó que del 2009 al 2010 los tres cultivares de mango mostraron estadísticamente el mismo diámetro de tallo, mientras que del 2010 al 2011 el cultivar Ataulfo fue quien mostró mayor tamaño de diámetro de tronco, en tanto que del 2011 al 2012 fue 'Tommy Atkins' quien expresó el menor incremento de grosor de tallo (Figura 10 A). Los resultados obtenidos, indican que las respuestas de los árboles pueden estar influenciadas por la genética de los mismos, tal como lo reportan Avilán *et al.* (2003), quienes al evaluar tres cultivares de mango, notaron que al llegar a la etapa productiva los árboles mostraban diferencias muy marcadas en el vigor.

El efecto de las diferentes fuentes de fertilización en el vigor del árbol fue nulo, ya que no influyó en el incremento del tallo en los cuatro años de evaluación (Figura 9 B y Figura 10 B).

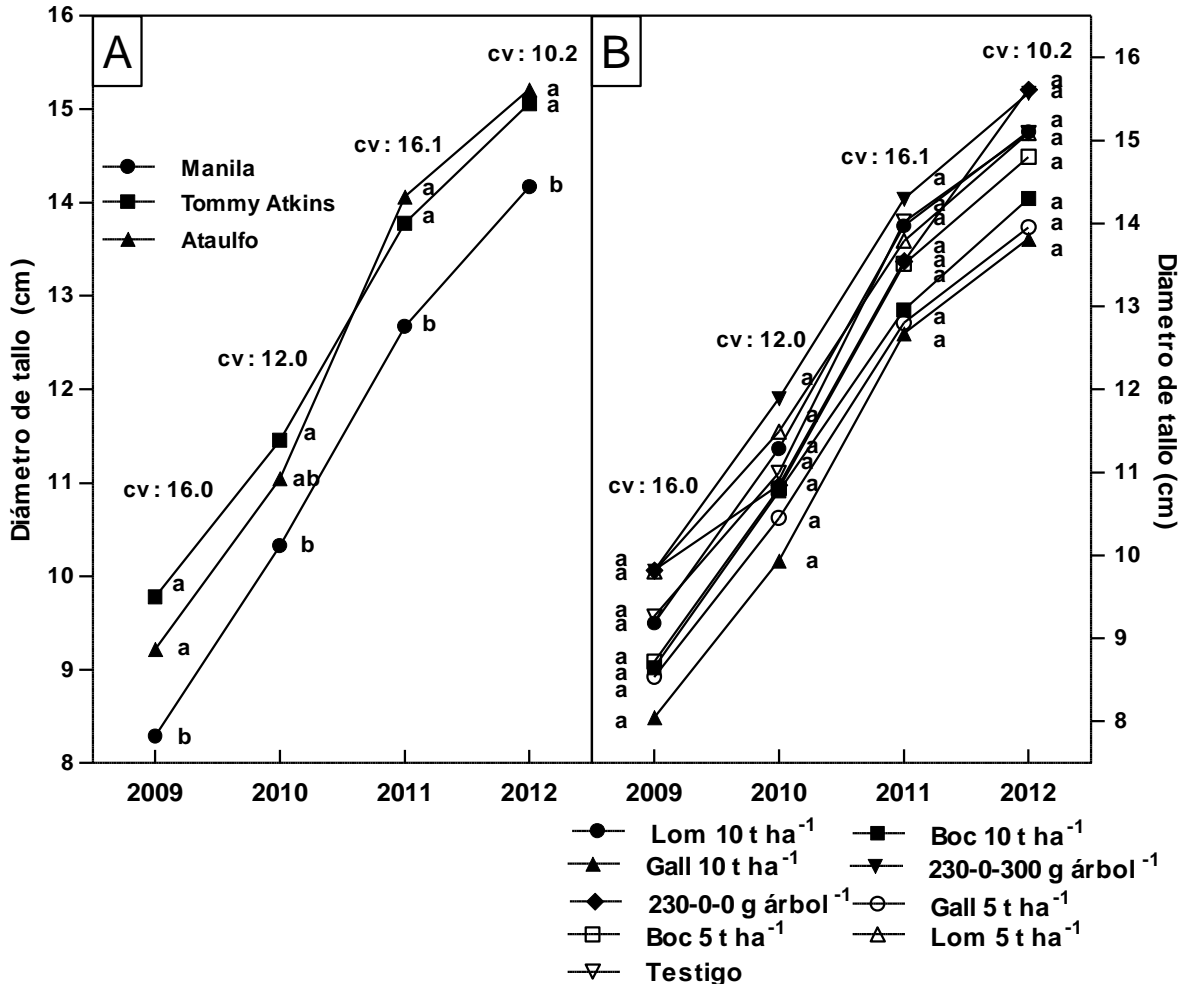


Figura 9. Diámetro de tallo de tres cultivares de mangos fertilizados con diferentes fertilizantes. A) Diámetro de tallo en cultivares; B) diámetro de tallo en fuentes de fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($P < 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

Los resultados estimados por las fuentes de nutrición coinciden con lo observado por Corrales *et al.* (2000), ya que al evaluar la adición de gallinaza (en dosis de 2, 4, 6 y 8 kg árbol⁻¹), fertilizantes minerales y la interacción de los mismos en una plantación de guayaba recién establecida, apreciaron que ocho meses posteriores a la

aplicación de los fertilizantes, los árboles mostraban igualdad estadística en grosor de tallo; sin embargo, contrasta con Orozco y Thienhaus (1997), quienes evaluaron en cacao el efecto de la gallinaza en diferentes dosis (450, 908 y 1362 g planta⁻¹), comparándolo con 100 g de la fórmula 15-15-15 de NPK y un testigo, encontraron diferencia estadística entre las fuentes orgánicas y minerales respecto al testigo.

No se tiene referencia del efecto de la fertilización orgánica en el incremento del diámetro de tallo en mango, debido a que se han realizado escasos trabajos; sin embargo, sí se tiene en otras variables de crecimiento que pueden estar relacionadas directamente con el aumento del tallo, como es la altura de planta y área foliar, Moyin-Jesu y Adeofun (2008), reportaron que la incorporación de fuentes orgánicas como ceniza de palma de aceite, bagazo, estiércol de pavo y aves de corral y la interacción de los mismos (8 kg ha⁻¹) junto con la fórmula 15-15-15 de NPK (400 kg ha⁻¹), causaron efectos significativos en altura de planta y área foliar que fueron estadísticamente superiores a aquellos observados en los árboles no fertilizados.

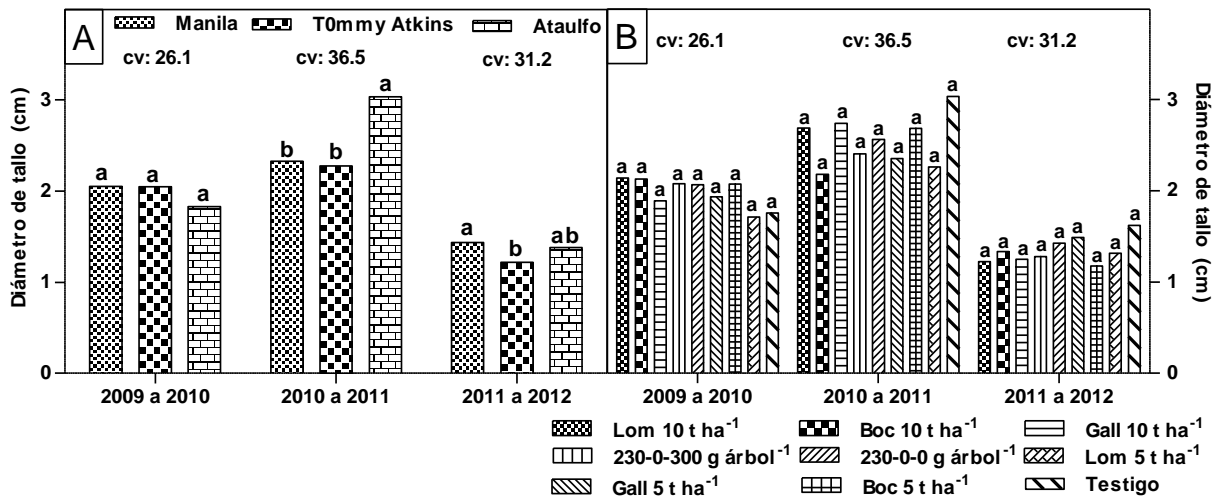


Figura 10. Incremento de grosor de tallo de tres cultivares de mangos fertilizados con diferentes fertilizantes. A) Incremento de tallo en cultivares; B) incremento de tallo en fuentes de fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($P < 0.05$). CV= Coeficiente de variación

4.4. Floración y rendimiento

4.4.1. Floración

En el 2010, los cultivares de mango mostraron diferencias estadísticas en floración, 'Tommy Atkins' con 89.6 panículas por árbol, superó estadísticamente a 'Manila' y 'Ataulfo', quienes presentaron 74.5 y 67.8 panículas, respectivamente. Para el siguiente año de producción, fue 'Tommy Atkins' quien se vio superado estadísticamente, ya que solo mostró un promedio de 46.7 panículas por árbol, mientras que 'Manila' y 'Ataulfo' mostraron 63.8 y 69.0 panículas, respectivamente. En el tercer año de evaluación 'Tommy Atkins' y 'Ataulfo' se comportaron estadísticamente iguales y lograron diferencias significativas en relación a 'Manila' (Figura 11 A). El efecto evaluado puede atribuirse a la alternancia según Avilán (1974), ya que en el 2010, a pesar de que los tres cultivares de mango florecieron, solo 'Tommy Atkins' mantuvo sus frutos hasta la cosecha, seguido por 'Ataulfo', mientras que 'Manila' no los mantuvo.

Respecto a las fuentes de fertilización, se evidenció su influencia en la floración de los árboles, ya que en 2010, bocashi y gallinaza en dosis de 10 t ha⁻¹, así como las dosis minerales 230-0-300 y 230-0-0 g de NPK árbol⁻¹, fueron estadísticamente iguales y superiores al resto de tratamientos, siendo el testigo el que mostró el menor número de panículas por árbol. Esta menor floración del testigo puede atribuirse a que los fertilizantes contribuyeron a mejorar la condición nutrimental de los árboles de mango. En 2011, bocashi (10 t ha⁻¹), la dosis 230-0-300 g de NPK árbol⁻¹ y la gallinaza en dosis de 10 y 5 t ha⁻¹ se comportaron estadísticamente iguales y superiores al resto de las fuentes evaluadas y al testigo. Para el tercer año (2012) lombricomposta a 10 t ha⁻¹, bocashi y gallinaza a 10 y 5 t ha⁻¹, junto con la dosis mineral 230-0-0 g de NPK árbol⁻¹ fueron estadísticamente iguales y superiores a la lombricomposta en dosis de 5 t ha⁻¹, a la dosis mineral 230-0-300 g de NPK árbol⁻¹ y al testigo (Figura 11 B). Los resultados contrastan en parte con lo señalado por Ahmed *et al.* (2001), quienes observaron que ocho dosis obtenidas de la aplicación de N, P, K y la interacción de los mismos,

indujeron igualdad estadística en el número de panículas con el testigo. La consistencia del efecto de gallinaza en los dos años de evaluación puede atribuirse a que esta fuente tuvo mayor riqueza de N, P y K, comparado con lombricomposta y bocashi, logrando una mayor translocación hacia las hojas maduras de árboles y en consecuencia una mayor expresión de flores (Reddy *et al.*, 2001).

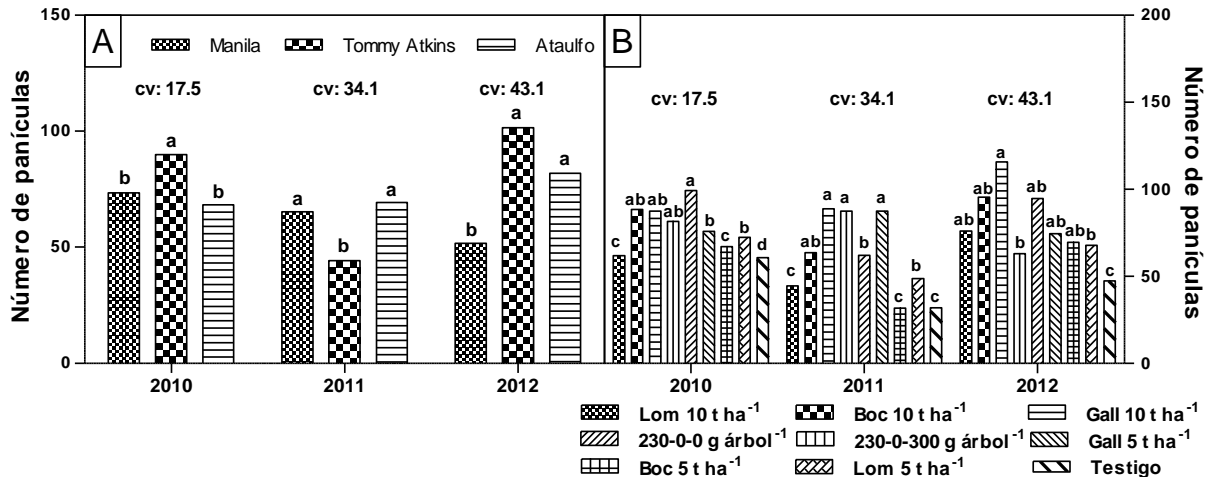


Figura 11. Floración de tres cultivares de mangos Manila, Tommy Atkins y Ataulfo fertilizados con diferentes fuentes de fertilización durante tres ciclos de producción. A) Número de panículas en cultivares; B) número de panículas en fuentes fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). CV= Coeficiente de variación.

4.4.2. Rendimiento

En 2010, aunque todos los cultivares florecieron, solo 'Tommy Atkins' mantuvo sus frutos hasta la cosecha en todas las unidades experimentales; mientras que en 'Ataulfo', solo algunos árboles presentaron frutos y 'Manila' mantuvo menor número de frutos en comparación con los otros dos cultivares durante su etapa de desarrollo, sin embargo, no lograron mantenerse hasta la madurez fisiológica. Por este motivo únicamente se presenta el rendimiento de frutos de 'Tommy Atkins' (Figura 12 A, 12 B, 12 C y 12 D) para el año 2010.

Los factores que pudieron afectar la fructificación de los árboles fueron: Susceptibilidad a enfermedades, ya que en las fechas de floración y amarre de frutos (enero–marzo de 2009), se presentaron temperaturas entre 15.6°C y 30.5 °C y humedad relativa entre 77.4 a 84.8 % que, de acuerdo con Huerta-Palacios *et al.* (2009), son condiciones propicias para la incidencia de antracnosis; ajuste fisiológico natural del árbol para mantener una carga como respuesta al vigor y la variedad tal como lo mencionan Ruehle y Ledin (1995); condición nutrimental del árbol, ya que Reddy *et al.* (2001) indican que deficiencias de N, P y K_o puede representar baja productividad del árbol; de igual manera la presencia de rachas de vientos en los meses de febrero y marzo pudieron haber influido en la permanencia de los frutos.

En número de frutos de ‘Tommy Atkins’ fueron gallinaza y lombricomposta en dosis de 5 t ha⁻¹ quienes indujeron el menor número de frutos, estadísticamente iguales al resto de tratamientos incluyendo al testigo, pero inferiores a gallinaza 10 t ha⁻¹, que resultó ser el tratamiento más sobresaliente de todos (Figura 12 A), tendencia que se repite en las demás variables del rendimiento en estudio (Figura 12 B, 12 C y 12 D). Los resultados contrastan con los reportados por Sarker y Rahim (2012) quienes aplicaron en árboles de ‘Amrapali’ de ocho años de edad, la mezcla de urea (750 g)-TSP (400 g)-muriato de potasio (250 g)-gypsum (250 g)-sulfato de zinc (7.5), en dosis de 12.5 kg, 25 kg y 37.5 kg, y notaron que las tres dosis de fertilización superaron estadísticamente a los árboles sin fertilizar. En el peso total de frutos por árbol, lombricomposta a 5 t ha⁻¹ nuevamente se mantuvo en el peldaño más bajo al no superar los 9 kg de fruto por árbol (Figura 12 B). La estimación del rendimiento por hectárea arrojó promedios que oscilaron entre 16.3 t ha⁻¹ como rendimiento máximo y 5.6 t ha⁻¹ como rendimiento más bajo, este último observado en árboles fertilizados con lombricomposta en dosis de 5 t ha⁻¹ (Figura 12 C). Los resultados que se obtuvieron contrastan con lo reportado por Sergent (1995), ya que al realizar aplicaciones edáficas de nitrógeno y potasio, encontró mayor cantidad de frutos en estos, en comparación con el testigo; también difiere con lo indicado por Corrales *et al.* (2003), quienes al fertilizar árboles de mango ‘Super-Haden’ de 10 años de edad, con lombricompost (10, 20 y 30 kg árbol⁻¹), dosis minerales (245-45-165 y 508-90-330 g de N-P₂O₅-K₂O árbol⁻¹)

y la aplicación conjunta de los mismos, apreciaron que las aplicaciones individuales, tanto de gallinaza como de las fuentes minerales, fueron estadísticamente inferiores a la combinación de gallinaza y dosis mineral, pero superiores al tratamiento testigo.

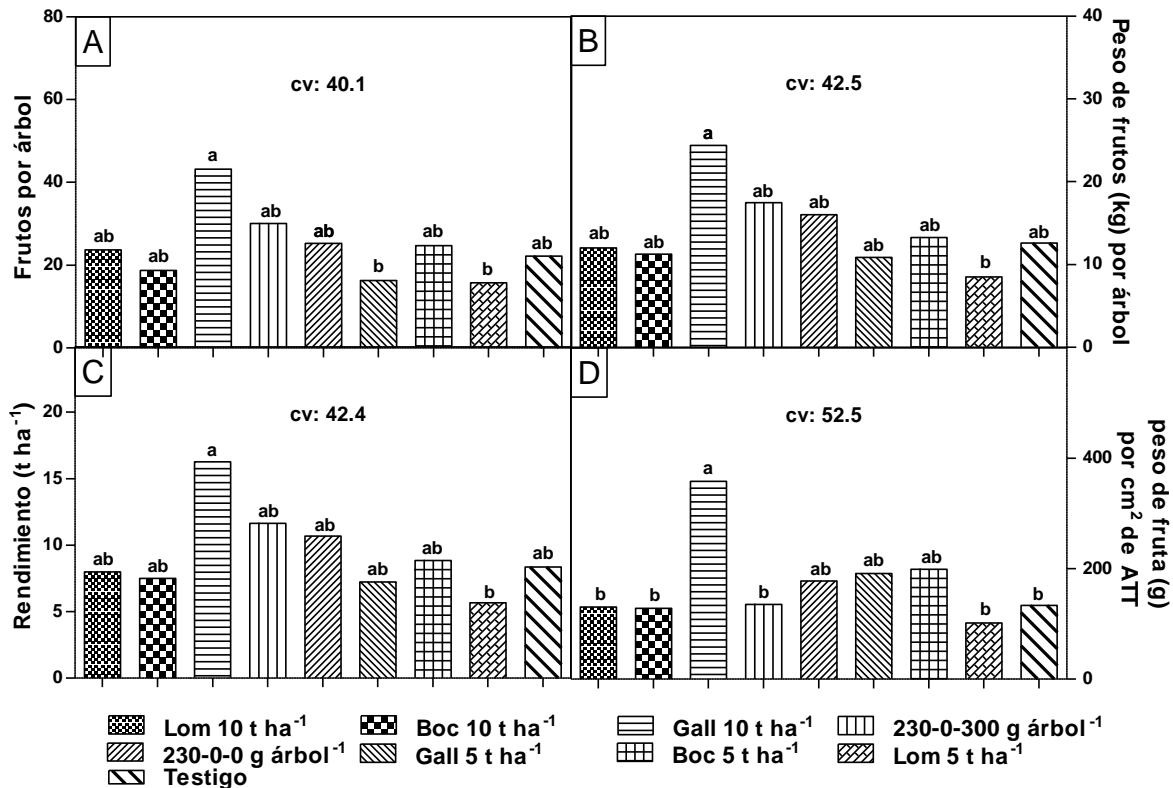


Figura 12. Rendimiento del cultivar Tommy Atkins fertilizados con diferentes fuentes de fertilización en el ciclo de producción 2010. A) Frutos por árbol; B) peso de frutos (kg) por árbol; C) Rendimiento (t ha⁻¹); D) peso de fruto (g) por cm² de área transversal del tallo (ATT). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey α=0.05). CV= Coeficiente de variación.

De acuerdo con la Figura 12 D, los árboles de 'Tommy Atkins' fertilizados con bocashi 5 t ha⁻¹, gallinaza en dosis de 5 y 10 t ha⁻¹, y la dosis 230-0-0 g de NPK árbol⁻¹ fueron los que estadísticamente expresaron mayor eficiencia en gramos de fruta por centímetro cuadrado del ATT, respectivamente; no se tienen referencias para comparar los resultados obtenidos de esta variable, no obstante, en el primer año de evaluación los fertilizantes orgánicos bocashi (5 t ha⁻¹) y gallinaza (5 y 10 t ha⁻¹) fueron los únicos

que igualaron el efecto de la fuente mineral 230-0-0 NPK árbol¹ en todas las variables de rendimiento y, como se adelantara sobresale el rendimiento alcanzado con gallinaza 10 t ha⁻¹.

Para el ciclo de producción 2011, en los tres cultivares de mango se cosecharon frutos. Los análisis estadísticos mostraron que el número de frutos por árbol fue diferente entre cultivares, siendo 'Manila' estadísticamente superior a 'Tommy Atkins' y 'Ataulfo' (Figura 13 A). Menor cantidad de frutos en 'Tommy Atkins' se atribuye a la alternancia de los árboles, ya que en 2010 únicamente este cultivar mantuvo frutos hasta madurez fisiológica opuesto a lo ocurrido con 'Manila', en tanto que, la inferioridad de 'Ataulfo', respecto a su homólogo poliembriónico, se puede atribuir a las características propias del material genético, ya que Gehrke (2008), menciona que este cultivar presenta fuertes abortos de flor y frutilla, llegando a disminuir la relación de flores a frutos amarrados a 3000 : 0.01, cuando lo normal es de 3000 : 1 fruta amarrada por panícula.

En peso de frutos por árbol, se notó que 'Ataulfo' fue superado por 'Tommy Atkins' y 'Manila' (Figura 13 B); situación similar ocurrió en la estimación del rendimiento por hectárea, en donde 'Manila' y 'Tommy Atkins' rebasaron estadísticamente a 'Ataulfo' (Figura 13 C). Aunque 'Tommy Atkins' fue inferior estadísticamente a 'Manila' en número de frutos, su incremento en rendimiento por árbol y por hectárea se debe al peso individual de los frutos, que en promedio fueron: 511.5 g, 234.7 g y 185.4 g para 'Tommy Atkins', 'Ataulfo' y 'Manila', respectivamente. En eficiencia del árbol, no existió diferencia estadística entre los cultivares, sin embargo, se observó una tendencia a favor de 'Manila' y 'Tommy Atkins', quienes presentaron valores absolutos de 15.3 y 14.1 g de fruta por cm² del ATT, mientras que 'Ataulfo' obtuvo 9.9 g de fruta por cm² de ATT (Figura 13 D), lo cual puede estar relacionado con aspectos fisiológicos propios del cultivar, ya que además de un bajo porcentaje de amarre de frutos, gran parte de los frutos que quedan en el árbol son partenocárpicos o mejor conocidos como "frutos niños" (Gehrke, 2008), tal como se observó en el presente trabajo.

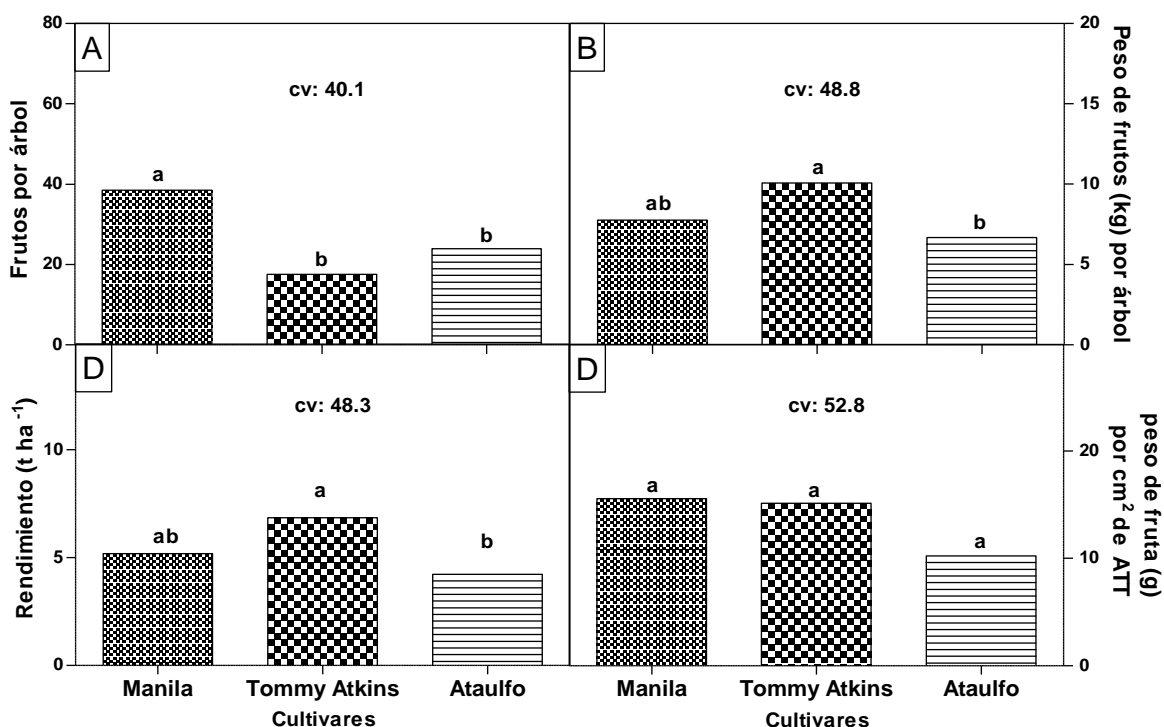


Figura 13. Rendimiento de tres cultivares de mangos y la eficiencia del árbol, durante el ciclo de producción 2011. A) Frutos por árbol; B) Peso de frutos (kg) por árbol; C) rendimiento (t ha⁻¹); D) peso de frutos (g) por cm² de área transversal del tallo (ATT). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). CV= Coeficiente de variación.

Respecto a las fuentes de fertilización, se observó que las dosis 230-0-300 y 230-0-0 g de NPK árbol⁻¹ junto con gallinaza a 10 y 5 t ha⁻¹ indujeron el mayor número de frutos por árbol, motivo por el cual llegaron a ser estadísticamente diferentes al resto de fertilizantes y al testigo (Figura 14 A). De los fertilizantes orgánicos, la gallinaza indujo el mayor número de frutos, esto se puede atribuir a los contenidos de N, P y K, que de acuerdo con Reddy *et al.* (2001) están directamente relacionados con la floración y rendimiento de frutos.

En peso de frutos por árbol, la lombricomposta y bocashi a 10 t ha⁻¹, gallinaza a 10 y 5 t ha⁻¹ y las dosis 230-0-300 y 230-0-0 g de NPK árbol⁻¹, fueron estadísticamente iguales y superiores a lombricomposta 5 t ha⁻¹, quien a su vez superó al testigo y al

bocashi 5 t ha⁻¹, estos dos últimos fueron estadísticamente inferiores al resto de las fuentes nutrimentales (Figura 14 B). El rendimiento fluctuó entre 1.8 y 7.8 t ha⁻¹ y mostró un comportamiento similar con el peso de frutos por árbol, ya que bocashi y lombricomposta en dosis de 5 t ha⁻¹, a la par del testigo, fueron los que expusieron los menores rendimientos (Figura 14 C). En términos de eficiencia del árbol, nuevamente lombricomposta y bocashi a 10 t ha⁻¹, gallinaza a 10 y 5 t ha⁻¹ y las dosis 230-0-300 y 230-0-0 g de NPK árbol⁻¹ fueron estadísticamente iguales y todas superiores a bocashi 5 t ha⁻¹, lombricomposta 5 t ha⁻¹ y al testigo (Figura 14 D). Estos resultados de rendimiento contrastan con lo reportado por Corrales *et al.* (2000) y Corrales *et al.* (2003) quienes en mango Super-Haden evaluaron lombricomposta y en guayaba (*Psidium guajaba*), gallinaza y dosis minerales, en ambos casos, solos y combinados, y, apreciaron que la aplicación individual de los fertilizantes fueron estadísticamente inferiores a la aplicación en conjunto de gallinaza + mineral, pero superiores al testigo.

Para el tercer ciclo de evaluación (2012) solo 'Tommy Atkins' y 'Ataulfo' mantuvieron frutos en el árbol hasta la madurez fisiológica, la ausencia de frutos del cultivar Manila puede atribuirse en parte a un efecto de alternancia tal como lo indica Avilán (1974) ya que en 2011 fue el 'Manila' quien produjo el mayor número de frutos, por otra parte los efectos climáticos pudieron influir de manera negativa en la permanencia de frutos en los árboles, ya que las temperaturas (16.0 °C a 28.9 °C) y humedad relativa (85% a 88.5%) en los meses de diciembre, enero y febrero (época que coincide con la floración y amarre del fruto) fueron propicias para el desarrollo del hongo causal *Colletotrichum gloesporioides* según Huerta-Palacios *et al.* (2009).

Se notó que en el número de frutos por árbol, peso de los frutos por árbol, toneladas de fruta por hectárea (estimada) y la eficiencia del árbol (gramos de fruta por cm² de ATT) 'Tommy Atkins' superó estadísticamente en todos los casos a 'Ataulfo' (Figura 15 A, 15 B, 15 C, 15 D). El mayor rendimiento de frutos por parte de 'Tommy Atkins', en la densidad establecida de 666 plantas por ha, se atribuye a que se mantuvo la tendencia mostrada en floración, mientras que para 'Ataulfo' el aspecto genético también pudo

haber influido en la fructificación y desarrollo de los frutos tal como lo menciona Gehrke (2008).

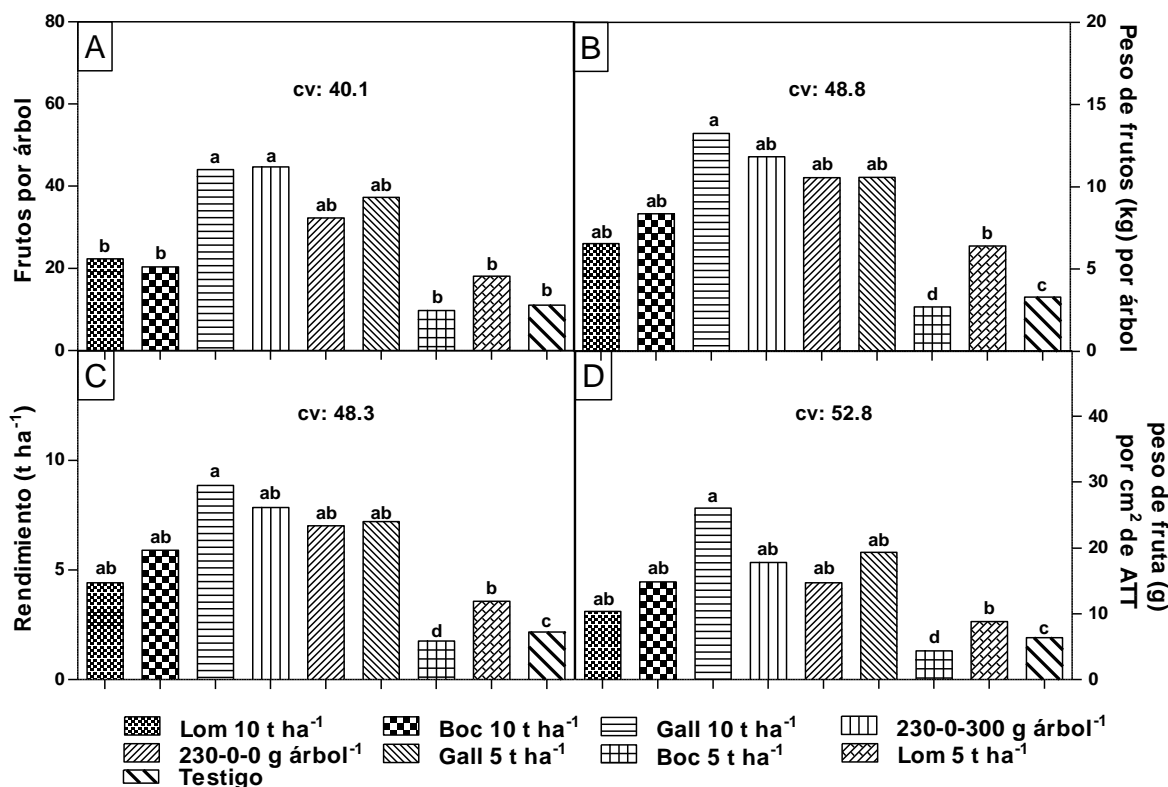


Figura 14. Rendimiento de tres cultivares de mangos, manejados con diferentes fuentes e fertilización, en ciclo de producción 2011. A) Frutos por árbol; B) peso de frutos (kg) por árbol; C) rendimiento (t ha⁻¹); D) peso de fruto (g) por cm² de área transversal del tallo (ATT) por efecto de fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey α=0.05). CV= Coeficiente de variación.

En cuanto a las fuentes de fertilización, la diferencia estadística entre las variables de rendimiento (número de frutos por árbol, peso de los frutos por árbol, toneladas por hectárea y eficiencia del árbol) en el ciclo de producción 2012, no fue significativa (Figura A7 y Cuadro A2), opuesto a lo observado en el 2011, aunque numéricamente se observa una tendencia a favor de las fuentes bocashi 5 t ha⁻¹ y la dosis mineral 230-0-0 g de NPK árbol⁻¹.

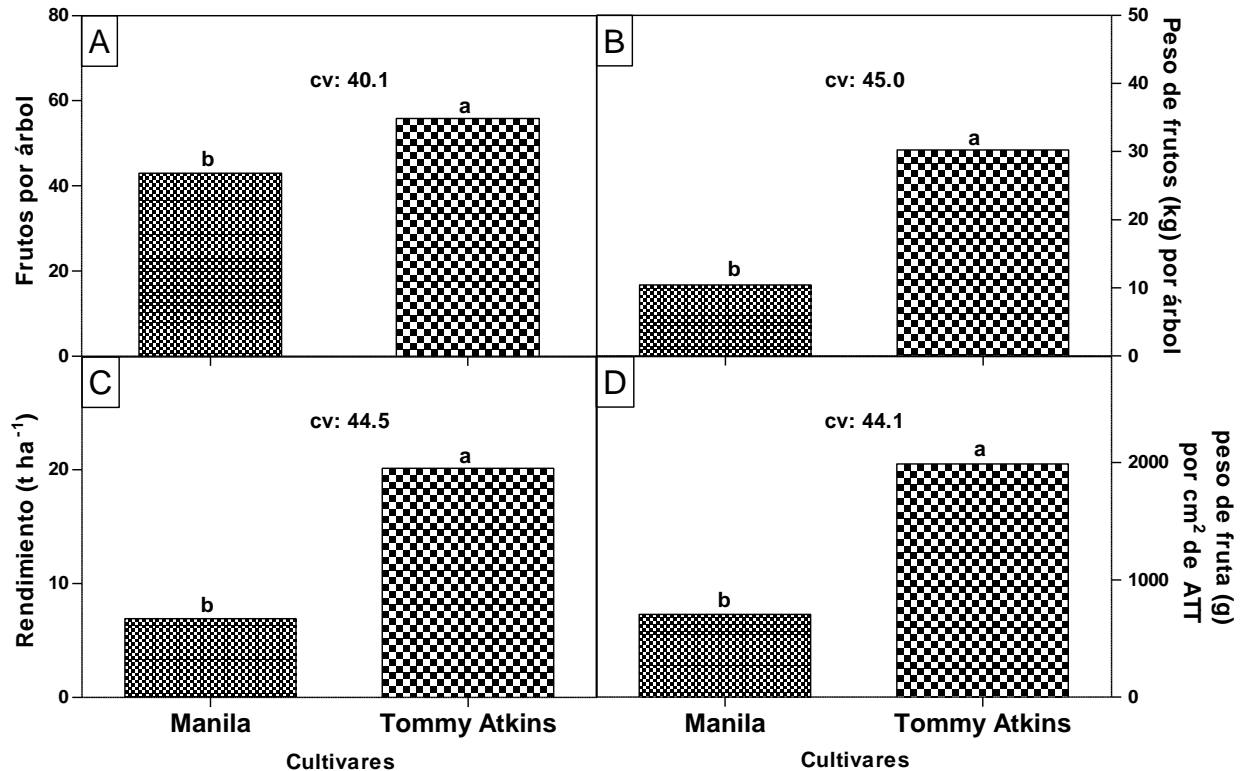


Figura 15. Rendimiento de dos cultivares de mangos y la eficiencia del árbol, durante el ciclo de producción 2012. A) Frutos por árbol; B) peso de frutos (kg) por árbol; C) rendimiento (t ha⁻¹); D) peso de fruto (g) por cm² de área transversal del tallo (ATT). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). CV= Coeficiente de variación.

4.5. Concentración nutrimental foliar y de frutos

4.5.1. Hoja

4.5.1.1. Nitrógeno, potasio, calcio y magnesio

En 2010, previo a floración las concentraciones de N en las hojas fue estadísticamente igual en los tres cultivares de mango (Figura 16 A), lo cual se asemeja con los de Young y Koo (1969). Previo a cosecha, los valores de 'Manila' fueron estadísticamente iguales a 'Ataulfo' y superior a 'Tommy Atkins' (Figura 16 B). En 2010, se apreció un ligero decremento en las concentraciones de N, principalmente

en 'Tommy Atkins', Pathack y Pandey (1977) reportan que la mayor concentración en las hojas son alcanzados cuando el fruto tiene aproximadamente 2 cm de diámetro y posteriormente declina mostrando su más baja concentración cuando el fruto alcanza su máximo desarrollo; por lo tanto se presume que la disminución de N en hojas del cultivar Tommy Atkins se debe a la movilidad de dicho elemento, hacia las partes demandantes en este caso hacia las flores y posteriormente para crecimiento y desarrollo del fruto como lo indican Poncher *et al.* (1993). Para el 2011, a diferencia del primer año de evaluación, se pudo apreciar desigualdad estadística entre cultivares en los muestreos realizados previo a floración y previo a cosecha; antes de la floración los cultivares Tommy Atkins y Manila fueron estadísticamente iguales y superiores a 'Ataulfo' (Figura 16 C); en tanto que, previo a cosecha 'Tommy Atkins y 'Ataulfo' fueron superados por el cultivar Manila (Figura 16 D). La diferencia en la concentración de N en cada una de las variedades pudo estar en función de la características propias del cultivar, principalmente de la etapa fenológica del árbol lo cual indicaría mayor requerimiento para el caso de 'Tommy Atkins', quien mostró en las dos fechas de muestreo superioridad estadística (Poncher *et al.*, 1993a; Castro-López *et al.*, 2012).

Respecto a K, en 2010, previo a cosecha, 'Tommy Atkins' superior a 'Manila' y 'Ataulfo' (Figura 17 A); situación que cambió antes de la cosecha, donde, la mayor concentración de K se encontró en las hojas del cultivar Manila, el cual se colocó por encima de 'Ataulfo', quien a su vez superó a 'Tommy Atkins' (Figura 17 B). La superioridad de los cultivares poliembriónicos sobre el monoembriónico ('Tommy Atkins') en la segunda fecha de muestreo, se puede adjudicar a la presencia de frutos en los árboles, ya que como se mencionó anteriormente 'Manila' fue quien menos frutos mantuvo en el árbol, y en 'Ataulfo' solo algunos árboles expusieron frutos hasta madurez fisiológica, mientras 'Tommy Atkins' fue el único que mantuvo sus frutos hasta cosecha; lo cual explica que al existir puntos de demanda en el árbol, se estimuló la translocación del K hacia dichos órganos, y se mantuvo continuo hasta la madurez fisiológica del fruto, como lo mencionan Fallas *et al.* (2010).

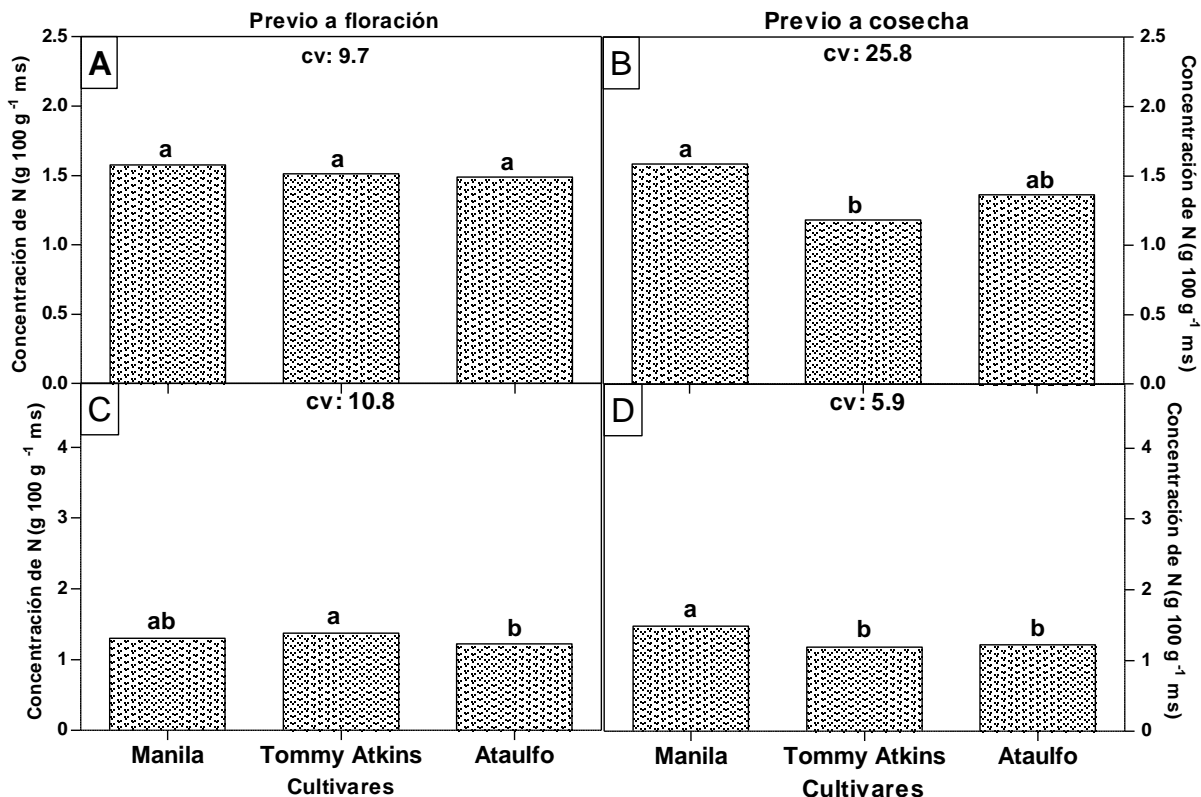


Figura 16. Concentración de nitrógeno en hojas de tres cultivares de mango. A) N previo a floración 2010; B) N previo a cosecha 2010; C) N previo a floración 2011; D) N previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= coeficiente de variación.

En 2011, previo a la floración, los tres cultivares de mango mostraron igualdad estadística en la concentración de K (Figura 17 C), en tanto que, previo a la cosecha, 'Tommy Atkins' y 'Ataulfo' sobrepasaron estadísticamente a 'Manila' (Figura 17 D). En el primer año de evaluación la concentración en hojas se incrementó en el muestreo realizado previo a cosecha, semejante con lo mencionado por Poncher *et al.* (1993) quienes observaron en los cultivares Irwin y Tommy Atkins que las concentraciones más bajas de N, P, K, Mg y S correspondieron a la etapa de floración y formación de frutos; sin embargo, contrasta con Thair *et al.* (2003) quienes observaron mayor concentración de macronutrientes durante la floración. Los valores más altos de K observados en este estudio ($3.74 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ms}$) difieren con lo reportado por Avilan *et al.* (1978), Poncher *et al.* (1993), Corrales *et al.* (2003) y Vega y Molina, (1999), quienes

indican valores no mayores del 1 g 100 g⁻¹ ms, siendo los resultados de Castro-López *et al.* (2012) y Shaaban *et al.* (2012) los que más se aproximan con 1.7 y 2.6 g 100 g⁻¹ ms, respectivamente.

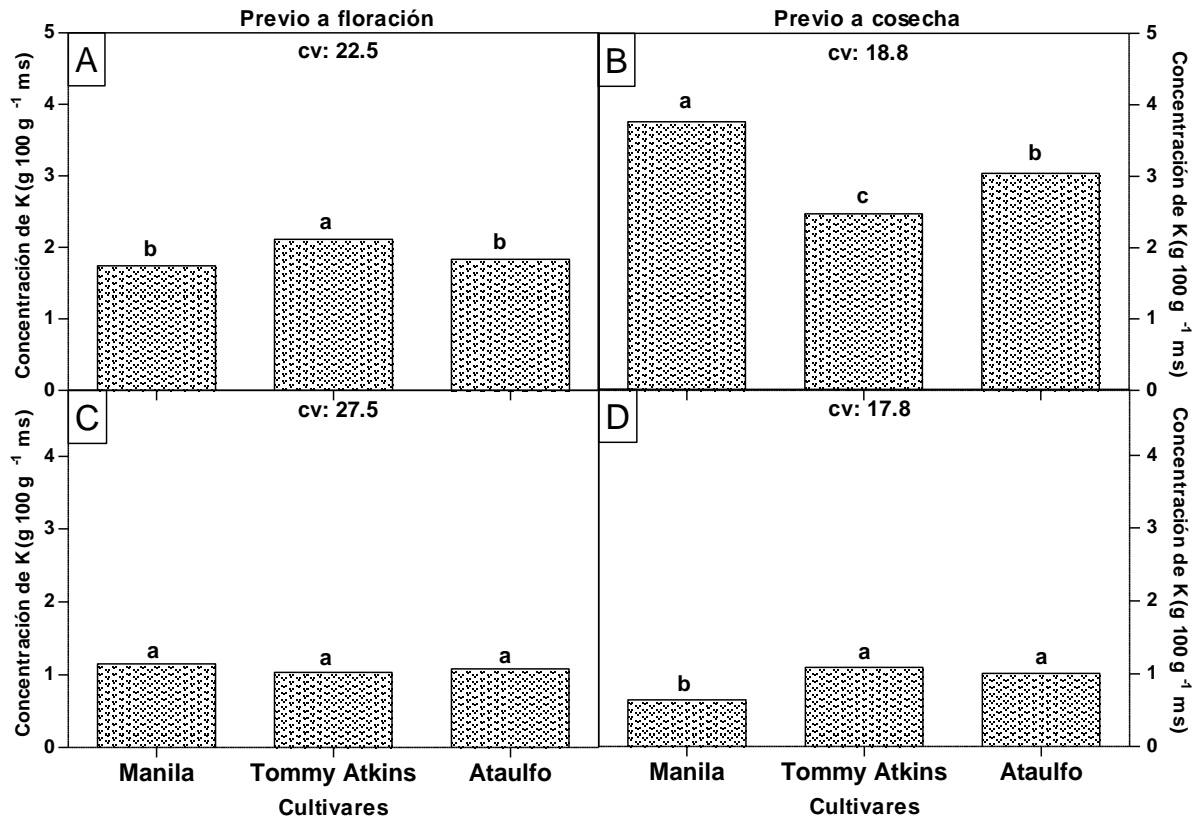


Figura 17. Concentración de potasio en hojas de tres cultivares de mangos. A) K previo a floración 2010; B) K previo a cosecha 2010; C) K previo a floración 2011; D) K previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P ≤ 0.05). CV= Coeficiente de variación.

En cuanto al Ca, en 2010, previo a floración los tres cultivares de mango mostraron concentraciones estadísticamente iguales (Figura 18 A); condición que se modificó previo a la cosecha de frutos, ya que 'Tommy Atkins' quien supero al Manila y 'Ataulfo' (Figura 18 B). Al segundo año de evaluación (2011), previo a floración, el cultivar Ataulfo superó estadísticamente a 'Manila' y 'Tommy Atkins' (Figura 18 C); lo cual, cambió previo a la cosecha, pues el 'Ataulfo' se colocó por arriba de 'Tommy Atkins' y 'Manila' (Figura 18 D). El comportamiento de Ca fue contrastante de un año a

otro, ya que en 2010 los mayores valores fueron mostrados previo a floración, mientras que en el 2011 los valores más altos se observaron previo a cosecha, al respecto Lahav y Tuner (1989) mencionan que el contenido de minerales en la planta varía de acuerdo a la edad de las plantas, la especie, el procedimiento de muestreo y el sitio de plantación. Para este estudio las diferencias podrían estar relacionadas con el origen y edad de las hojas muestreadas, ya que en el primer año de evaluación (2010) las fechas de muestreo fueron enero (previo a floración) y mayo (previo a cosecha), mientras que en 2011 los meses fueron diciembre (previo a floración) y abril (previo a cosecha), la diferencia de fechas también podría significar diferencias en las hojas muestreadas, lo cual reflejaría diferencias en las concentraciones de Ca, tal como lo mencionan Castro-López *et al.* (2012) quienes al monitorear el comportamiento nutricional foliar hojas de los cultivares Kent, Ataulfo y Tommy Atkins, apreciaron que flujos de primavera mostraron los valores más bajos en cosecha y fueron incrementándose a la llegada de la antesis y la formación de frutos, mientras que hojas generadas en verano expusieron sus menores contenidos durante la antesis, incrementándose con el desarrollo de frutos. También pudo influir si las hojas colectadas provinieron de brotes con o sin frutos, tal como lo indican Guzmán *et al.* (1998) quienes apreciaron diferencias en las concentraciones de Ca en brotes vegetativos con ausencia o presencia de frutos.

Con relación a Mg, durante el 2010, previo a floración, los tres cultivares de mango fueron iguales estadísticamente (Figura 19 A), diferente a observado previo a cosecha, pues el 'Manila' y 'Ataulfo' sobrepasaron estadísticamente a 'Tommy Atkins' (Figura 19 B). En 2011, antes de la floración, los tres cultivares fueron estadísticamente iguales (Figura 19 C); mientras que, previo a cosecha, 'Ataulfo' fue estadísticamente igual a 'Manila' y diferente de 'Tommy Atkins' (Figura 19 D). La superioridad de 'Ataulfo' en 2010 y 2011, puede atribuirse a que este cultivar fue el que exhibió menor rendimiento de frutos, lo cual se tradujo en menores puntos demandas, contrario a lo ocurrido con 'Tommy Atkins' quien alcanzó mayores rendimientos en los dos años de evaluación.

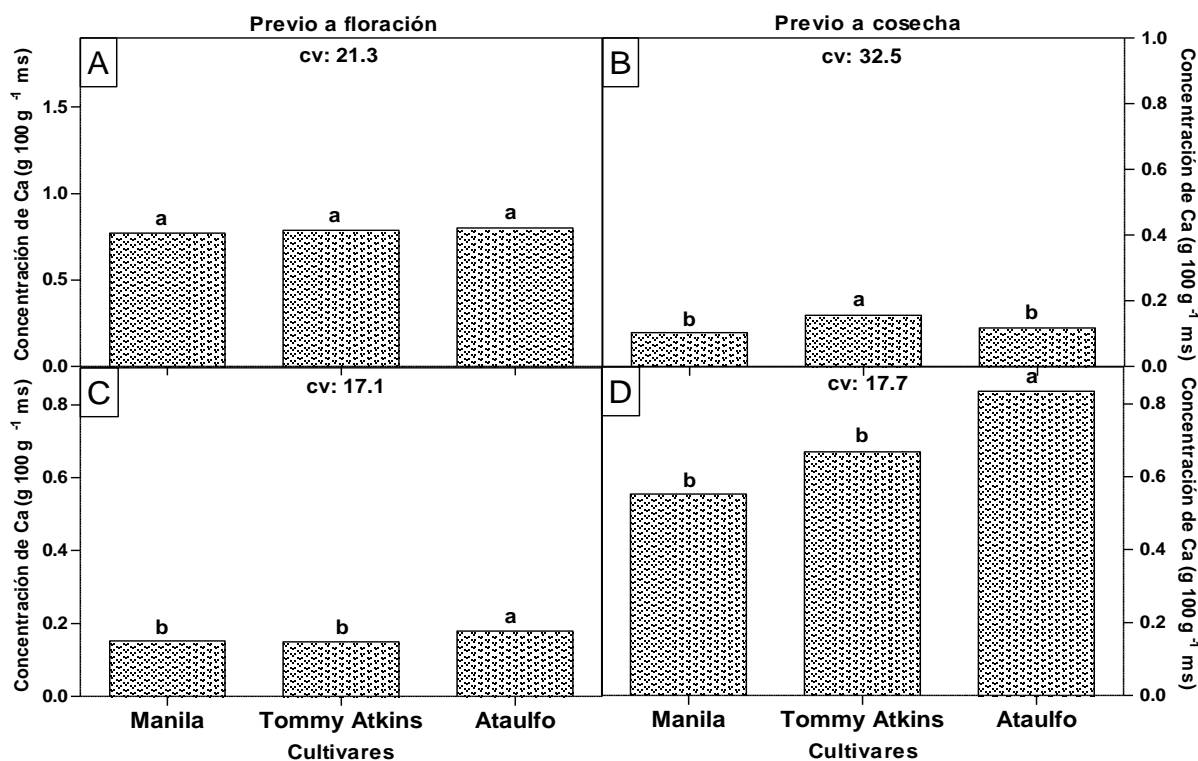


Figura 18. Concentración de calcio en hojas de tres cultivares de mango. A) Ca previo a floración 2010; B) Ca previo a cosecha 2010; C) Ca previos a floración 2011; D) Ca previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

En las fuentes de fertilización, los resultados del 2010 mostraron que, previo a floración, las concentraciones de N en hojas de árboles fertilizados con lombricomposta a 5 y 10 t ha⁻¹, junto con el testigo fueron estadísticamente inferior a los que se fertilizaron con la gallinaza en dosis de 10 t ha⁻¹ y similares al resto de las fuentes orgánicas y minerales (Figura 20 A); mientras que previo a cosecha todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales (Figura 20 B). En este primer año de evaluación, se apreció un ligero decremento de N en las hojas muestreadas previo a la cosecha, lo cual coincide con lo indicado por Benitez-Pardo *et al.* (2003), quienes en el cv. Kent apreciaron la mayor concentración al iniciar la floración de los árboles, misma que decreció al desarrollarse el fruto, dichos autores explican que las hojas que brotaron en agosto mostraron una mayor concentración de nitratos respecto a las que brotaron en meses posteriores.

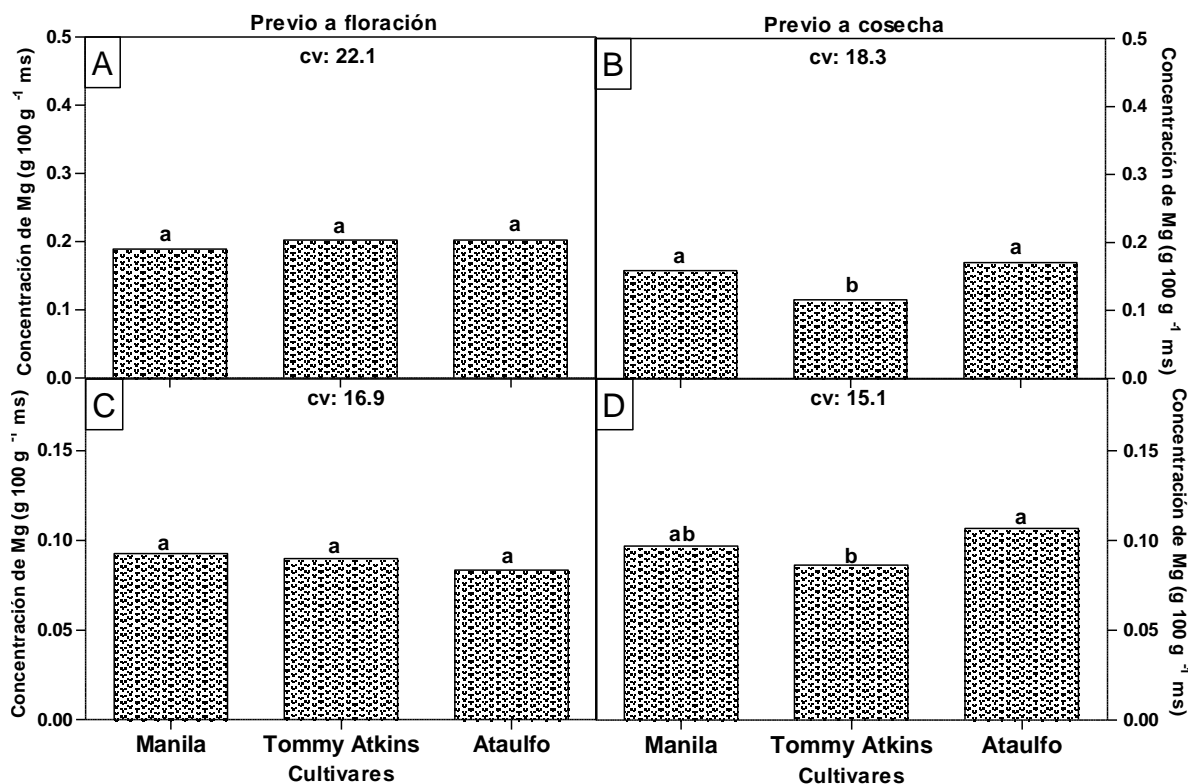


Figura 19. Concentración de magnesio en hojas de tres cultivares de mango. A) Mg previo a floración 2010; B) Mg previo a cosecha 2010; C) Mg previos a floración 2011; D) Mg previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

El panorama para el 2011 fue opuesto a lo ocurrido en el primer año de evaluación, ya que antes de la floración los valores de N fueron semejantes estadísticamente entre las fuentes de fertilización y el testigo (Figura 20 C); en tanto que, previo a cosecha, la lombricomposta y bocashi en 10 t ha^{-1} se comportaron estadísticamente iguales a gallinaza 10 y 5 t ha^{-1} , bocashi 5 t ha^{-1} , las dos dosis minerales y el testigo y superiores a la lombricomposta en dosis de 5 t ha^{-1} (Figura 20 D). Los resultados obtenidos difieren con lo reportado por Corrales *et al.* 2003, quienes apreciaron en mango Super-Haden que al fertilizar los árboles con lombricomposta en dosis de 10 , 20 y 30 kg árbol^{-1} , estos mostraron mayor concentración de N respecto al testigo. El rango de concentración de N cuantificadas previo a floración y previo a cosecha en el 2010 (1.21 a $2.42 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ms}$) y 2011 (1.22 a $1.39 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ ms}$) de acuerdo con Avilan (1978) y Shaaban *et al.* (2012), se catalogan como adecuados, ya

que según estos autores los rangos de suficiencia se encuentran entre 0.69 g 100 g⁻¹ ms y 1.5 g 100 g⁻¹ ms.

Respecto al K, en 2010, los resultados obtenidos de los muestreos realizados previo a floración y previo a la cosecha, indicaron que todas las fuentes de fertilización se comportaron estadísticamente iguales al testigo (Figura 21 A y 21 B), en este año de evaluación se apreciaron los valores más altos de este elemento (1.71 a 3.4 g 100 g⁻¹ ms), los cuales son superiores a los reportados por diversos autores que han estudiado la condición nutrimental del mango, en donde los porcentajes que más se aproximan a los obtenidos en esta investigación son Castro-López *et al.* (2012), Moyin-Jesu y Adeofun (2008) y Shaaban *et al.* (2012) con 1.7, 2.3 y 2.6 g 100 g⁻¹ ms, respectivamente.

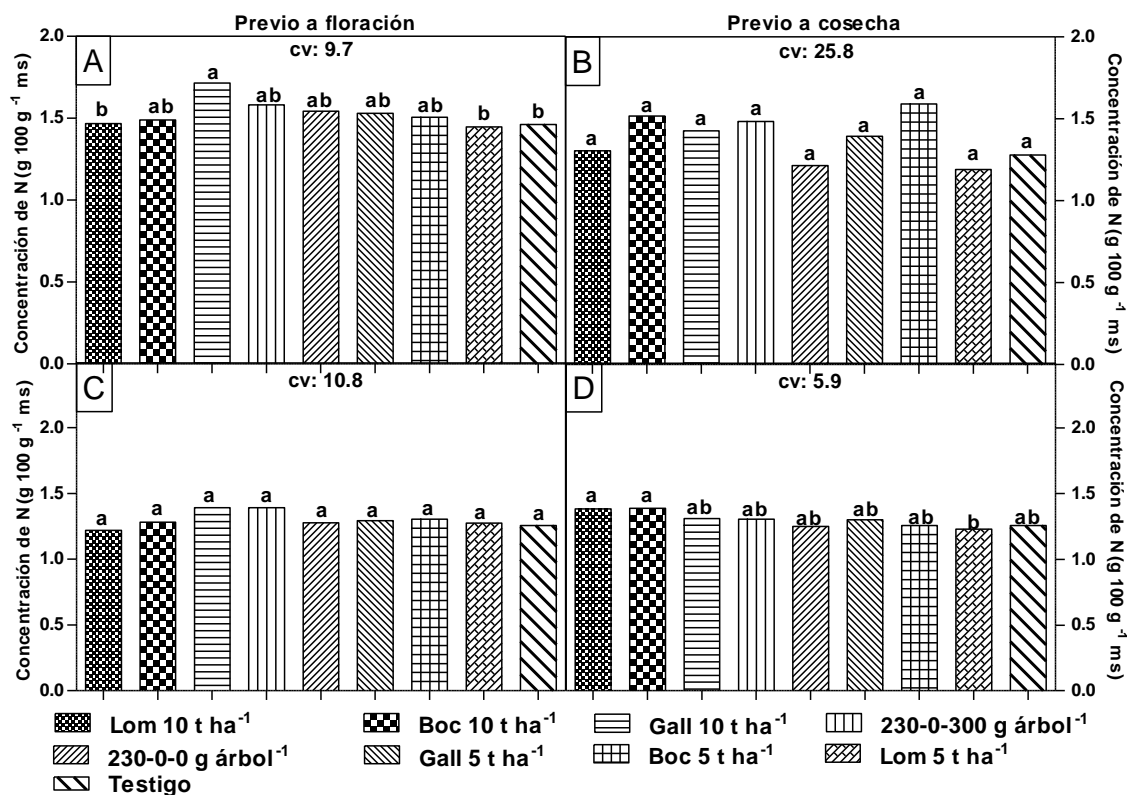


Figura 20. Concentración de nitrógeno en hojas de mango manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) N previo a floración 2010; B) N previo a cosecha 2010; C) N previos a floración 2011; D) N previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0.05). CV= Coeficiente de variación.

En el segundo año de evaluación (2011), únicamente existió diferencia estadística significativa previo a floración, en donde, la lombricomposta y gallinaza a 10 t ha⁻¹, junto con la dosis 230-0-300 g de NPK árbol⁻¹ exhibieron menores concentraciones de K que la lombricomposta en dosis de 5 t ha⁻¹ (Figura 21 C y 21 D). Los resultados contrastan con Corrales *et al.* (2003), quienes apreciaron que las aplicaciones de lombricomposta superaron estadísticamente al testigo, conforme se incrementó la dosis de fertilización. Los rangos de potasio cuantificados en el presente estudio, de acuerdo con Shaaban *et al.* (2012) se mantuvieron en rangos adecuados en las dos fechas de muestreos.

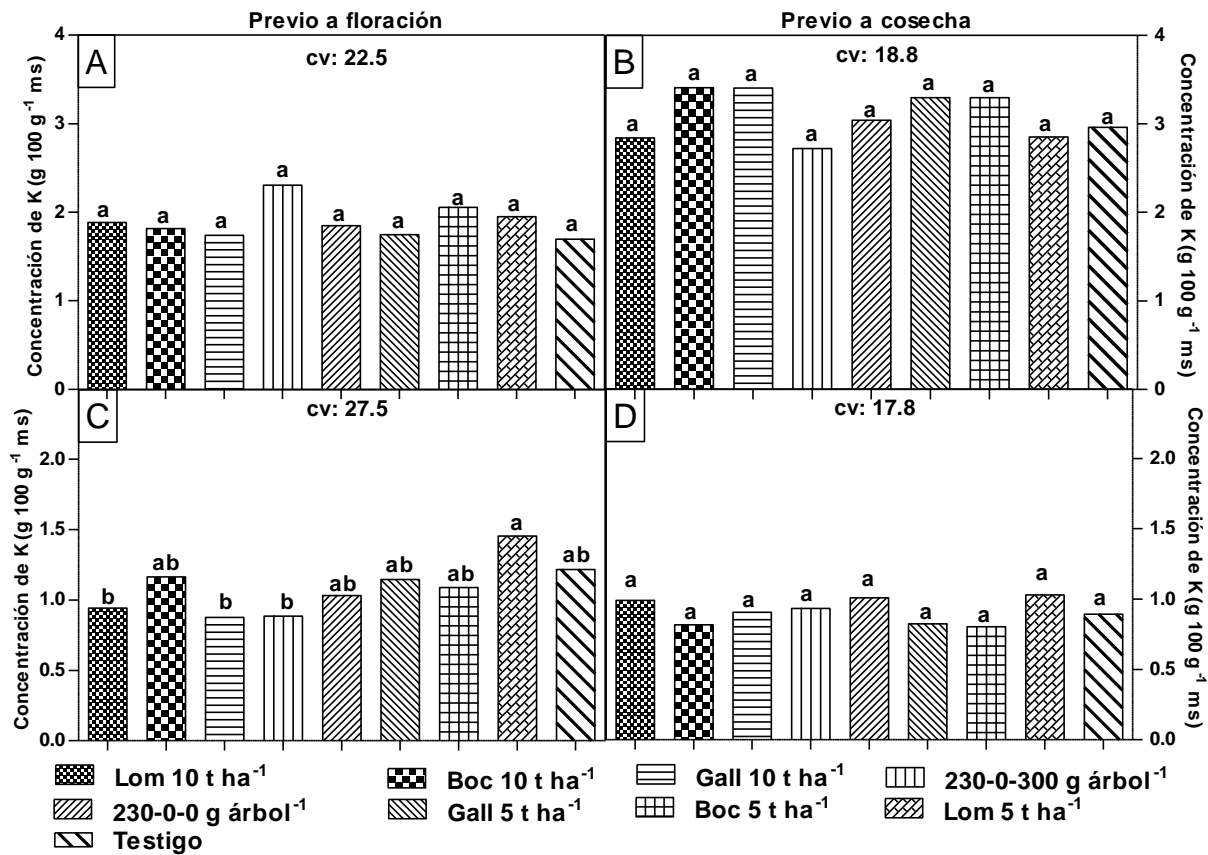


Figura 21. Concentración de potasio en hojas de mango manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) K previo a floración 2010; B) K previo a cosecha 2010; C) K previos a floración 2011; D) K previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P ≤ 0.05). CV= Coeficiente de variación.

En cuanto al Ca, en 2010, previo a floración, existió diferencias estadísticas significativas, en donde, el testigo fue estadísticamente inferior a la lombricomposta a 10 t ha^{-1} y similar al resto de fuentes orgánicos y minerales (Figura 22 A); en tanto que previo a la cosecha de frutos todas las fuentes de fertilización se comportaron estadísticamente igual al testigo (Figura 22 B). Mayores concentraciones de Ca en las hojas de los árboles fertilizados, se atribuye a que las fuentes orgánicas aportaron fracciones de este elemento, mientras que árboles fertilizados con dosis minerales, suplieron necesidades con el Ca disponible en el suelo. Para el 2011, el resultado fue inverso a lo protagonizado en el primer año de evaluación, pues solo existió diferencia estadística significativa en el muestreo realizado previo a cosecha, en donde, la dosis mineral 230-0-300 g de NPK árbol⁻¹ se comportó similar al mineral 230-0-0 g de NPK árbol⁻¹, lombricomposta 5 t ha^{-1} , bocashi y gallinaza en dosis de 10 y 5 t ha^{-1} y superior a lombricomposta 10 t ha^{-1} (Figura 22 C y 22 D). Mayor concentración de Ca en hojas de los arboles testigos respecto a la lombricomposta a 10 t ha^{-1} podría deberse a que, en el segundo año de evaluación el testigo mostró valores no significativos en el rendimiento de frutos por hectárea, esta situación pudo haber provocado un mayor desplazamiento de dicho elemento hacia las hojas de los árboles. El comportamiento de Ca fue opuesto en los dos años de evaluación, ya que el primer año los valores más bajos se observaron antes de la cosecha, ocurriendo lo opuesto para el segundo año, como se explicó anteriormente las diferencias podrían estar relacionadas con el origen y edad de las hojas muestreadas, pues en 2010, las fechas de muestreo fueron enero (previo a floración) y mayo (previo a cosecha), mientras que en 2011 los meses fueron diciembre (previo a floración) y abril (previo a cosecha), la diferencia de fechas también podría significar diferencias en las hojas muestradas, lo cual reflejaría diferencias en las concentraciones de Ca, tal como lo mencionan Castro-López *et al.* (2012) quienes al monitorear el comportamiento nutrimental foliar de los cultivares Kent, Ataulfo y Tommy Atkins, apreciaron que flujos de primavera mostraron los valores más bajos en cosecha y fueron incrementandose a la llegada de la antesis y la formación de frutos, mientras que hojas generadas en verano expusieron sus menores contenidos durante la antesis, incrementandose con el desarrollo de frutos. También pudo influir, la ubicación de las hojas y la presencia de futos en los brotes muestreados, tal como lo indican Guzmán *et*

al. (1998) quienes apreciaron diferencias en las concentraciones de Ca en brotes vegetativos con ausencia o presencia de frutos. Los valores que se apreciaron en esta investigación son inferiores a lo descrito por Castro-López *et al.* (2012) y Guzmán *et al.* (1998) quienes aseveran haber obtenido en árboles de mango Manila porcentajes de hasta 3.5 g 100 g⁻¹ ms, mientras que en el presente estudio los valores más altos fueron de 0.95 g 100 g⁻¹ ms.

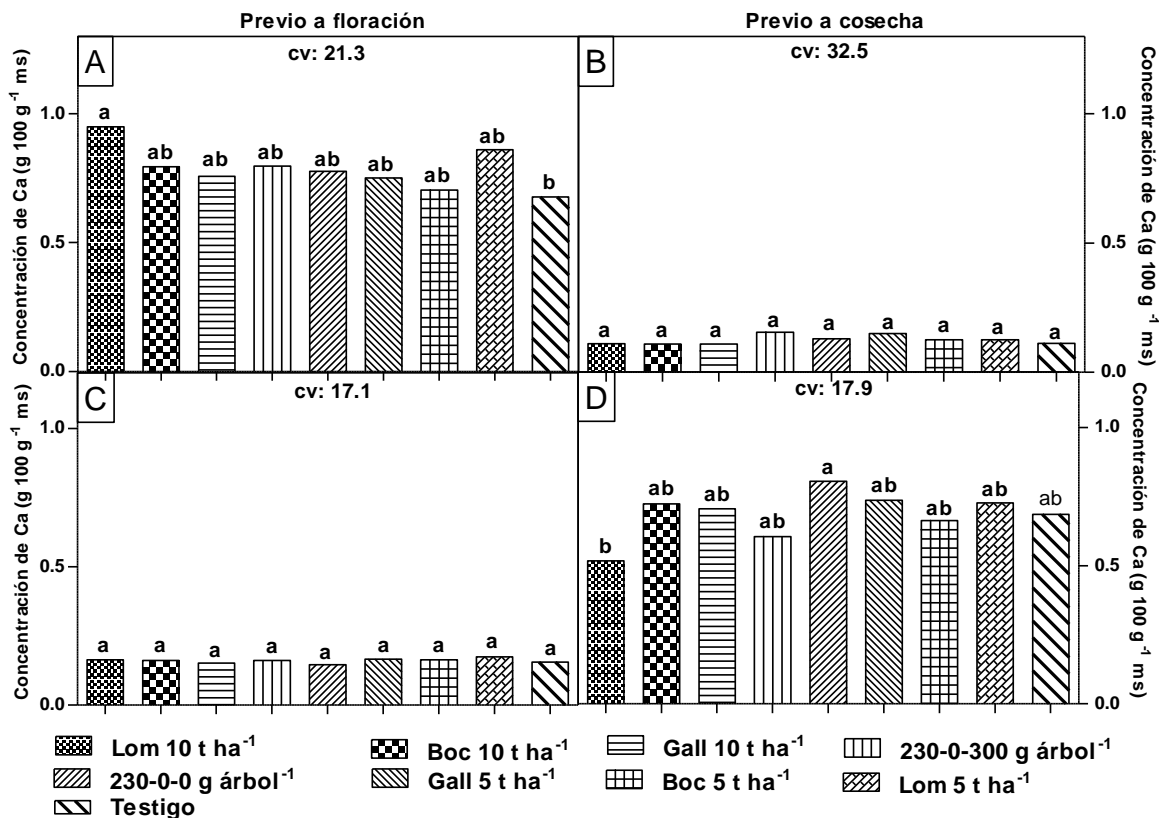


Figura 22. Concentración de calcio en hojas de mango manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Ca previo a floración 2010; B) Ca previo a cosecha 2010; C) Ca previos a floración 2011; D) Ca previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

Respecto al Mg, en el 2010, en los muestreos realizados previo a floración y previo a cosecha, no se apreciaron diferencias estadísticas significativas entre las fuentes de fertilización y el testigo (Figura 23 A y 23 B). En 2011, previo a floración los árboles nutridos con las diferentes fuentes de fertilización se comportaron semejante a

los árboles testigo (Figura 26 C); en tanto que, antes de la cosecha pudo notarse que la dosis 230-0-0 g de NPK árbol⁻¹ mostró concentraciones de Mg similares a las de todas las fuentes orgánicas y su homólogo mineral, pero inferior a los del testigo (Figura 23 D). Los resultados contrastan con Moyin-Jesu y Adeofun (2008), ya que dichos autores apreciaron que al utilizar como fuente de nutrición estiércol de aves, ceniza de palma de aceite, estiércol de aves de corral y una mezcla de 15-15-15 de NPK, la concentración de Mg en hojas de mango fue superior en todas las fuentes de fertilización en comparación con el tratamiento testigo. El comportamiento del Mg en el primer año de evaluación coincide con lo reportado por Castro-López *et al.* (2012), quienes apreciaron las concentraciones más altas durante la antesis, misma que decreció conforme el fruto se desarrolló.

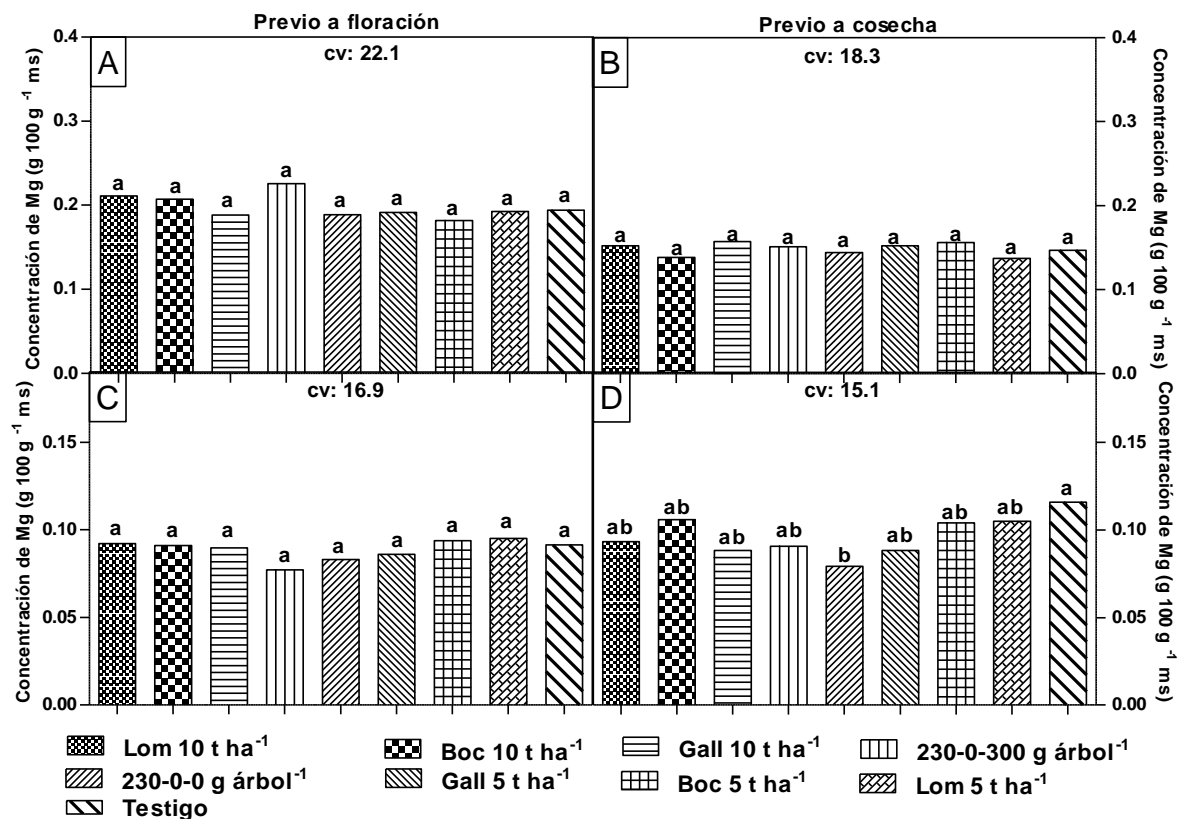


Figura 23. Concentración de magnesio en hojas de mango manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Mg previo a floración 2010; B) Mg previo a cosecha 2010; C) Mg previos a floración 2011; D) Mg previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

4.5.1.2. Zinc, fierro, manganeso y cobre

En el 2010, el muestreo realizado previo a floración indicó que 'Manila' mostró contenidos de Zn similares a los con 'Tommy Atkins' y superiores a los de 'Ataulfo' (Figura 24 A); mientras que previo a cosecha, 'Manila' fue estadísticamente igual a 'Ataulfo' y diferente a 'Tommy Atkins' (Figura 24 B). Para el 2011, en el muestreo previo a floración, indicó que 'Manila' superó estadísticamente a 'Tommy Atkins' y 'Ataulfo' (Figura 24 C); en tanto que, previo a la cosecha de frutos, 'Tommy Atkins' se comportó similar a 'Ataulfo' y superior a 'Manila' (Figura 27 D). Los valores de Zn superaron a los encontrados por Guzmán *et al.* (1998) en el cultivar Manila (9.3 a 36 mg kg⁻¹), mientras que en el presente estudio los valores fluctuaron entre 24 y 42 mg kg⁻¹; sin embargo se encuentra por debajo de lo reportado por Ponchner *et al.* (1993) y da Costa *et al.* (2009) quienes observaron valores máximos de 70 mg kg⁻¹ y 125.4 mg kg⁻¹ en 'Tommy Atkins'. En los dos años de evaluación pudo notarse que 'Manila' mantuvo superioridad estadística, mientras que 'Tommy Atkins' fue superado en tres de las cuatro fechas muestreadas. Los descensos en los valores de 'Tommy Atkins' se pueden atribuir a que en los dos años de evaluación exhibió los mayores rendimientos de frutos, provocando esta situación el movimiento de micronutrientes hacia los frutos como puntos de demanda. En general los rangos en los dos años de evaluación. Indican que los porcentajes en hoja se encuentran en niveles adecuados, ya que Jones *et al.* (1991) mencionan que los valores deficientes se encuentran por debajo de los 20 mg kg⁻¹ ms.

Respecto al Fe, en el 2010, previo a la floración de los árboles, la concentración fue igual en los tres cultivares de mango (Figura 25 A); en tanto que, previo a cosecha fue 'Manila' quien superó estadísticamente 'Tommy Atkins' 'Ataulfo' (Figura 25 B). La superioridad de 'Manila' puede estar relacionada con la presencia de frutos, ya que en el primer año de evaluación fue este cultivar el que ninguna de sus unidades experimentales mantuvieron frutos hasta la cosecha. En 2011, los muestreos realizados previo a floración y previo a cosecha indicaron que nuevamente 'Manila' sobrepasó estadísticamente a 'Tommy Atkins' y 'Ataulfo' (Figura 25 C y 25 D).

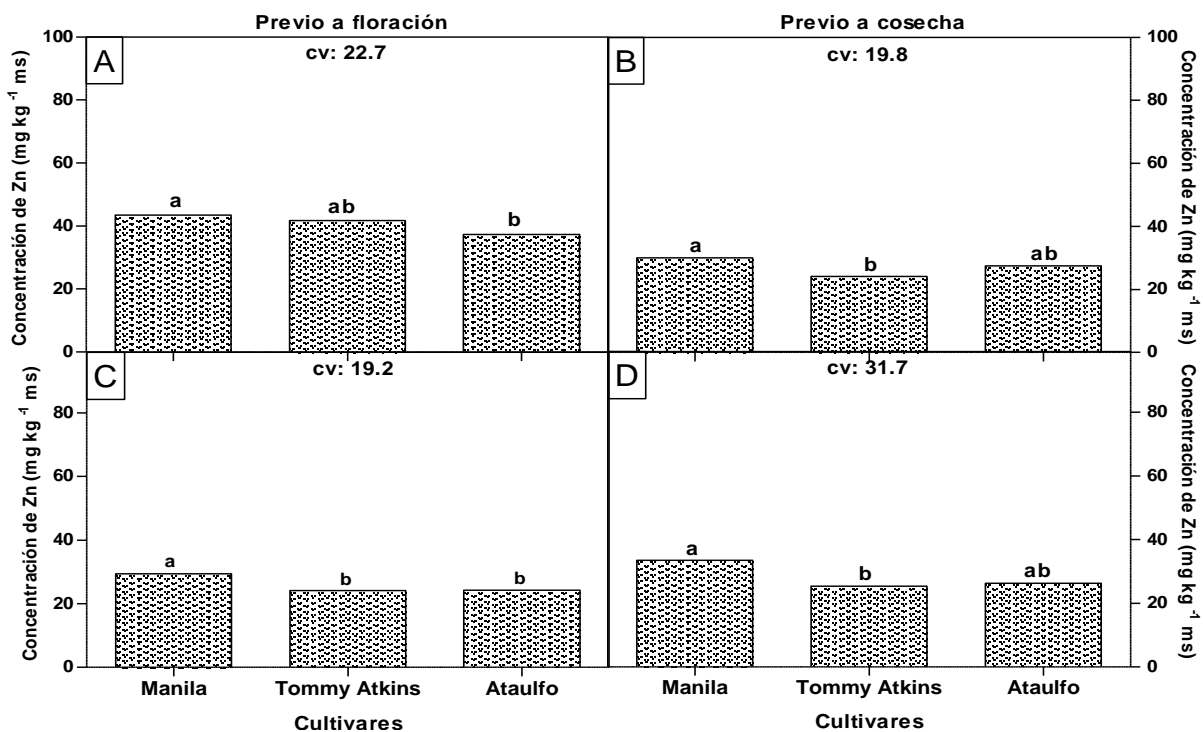


Figura 24. Concentración de zinc en hojas de tres cultivares de mango. A) Zn previo a floración 2010; B) Zn previo a cosecha 2010; C) Zn previo a floración 2011; D) Zn previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

Los resultados obtenidos indican la inferioridad del 'Tommy Atkins' podría deberse a que este alcanzó el mayor rendimiento de frutos ($t\ ha^{-1}$), en tanto que, menor concentración de Fe en 'Ataulfo' podría deberse a que en el segundo año de evaluación, previo a la cosecha, fue este cultivar el que registró la mayor concentración de cobre, los cuales se comportan de manera antagónica. Los niveles encontrados se consideran como adecuados, ya que el límite de suficiencia fluctúa entre 50 y 200 $mg\ kg^{-1}\ ms$ según Bataglia y Santos (2001).

La concentración de Mn en el 2010, indicó que previo a floración los tres cultivares de mango se comportaron estadísticamente iguales (Figura 26 A); condición que cambió previo a la cosecha, ya que Manila superó estadísticamente a 'Tommy Atkins' y 'Ataulfo' (Figura 26 B), lo cual podría atribuirse que en el cultivar Manila las hojas fueron el único órgano demandante, contrario a lo ocurrido con los otros

cultivares, particularmente ‘Tommy Atkins’. En el segundo año de evaluación (2011), previo a floración, nuevamente ‘Manila’ sobrepasó estadísticamente a los otros dos cultivares (Figura 26 C) y se comportó estadísticamente igual a ellos previo a la cosecha (Figura 26 D).

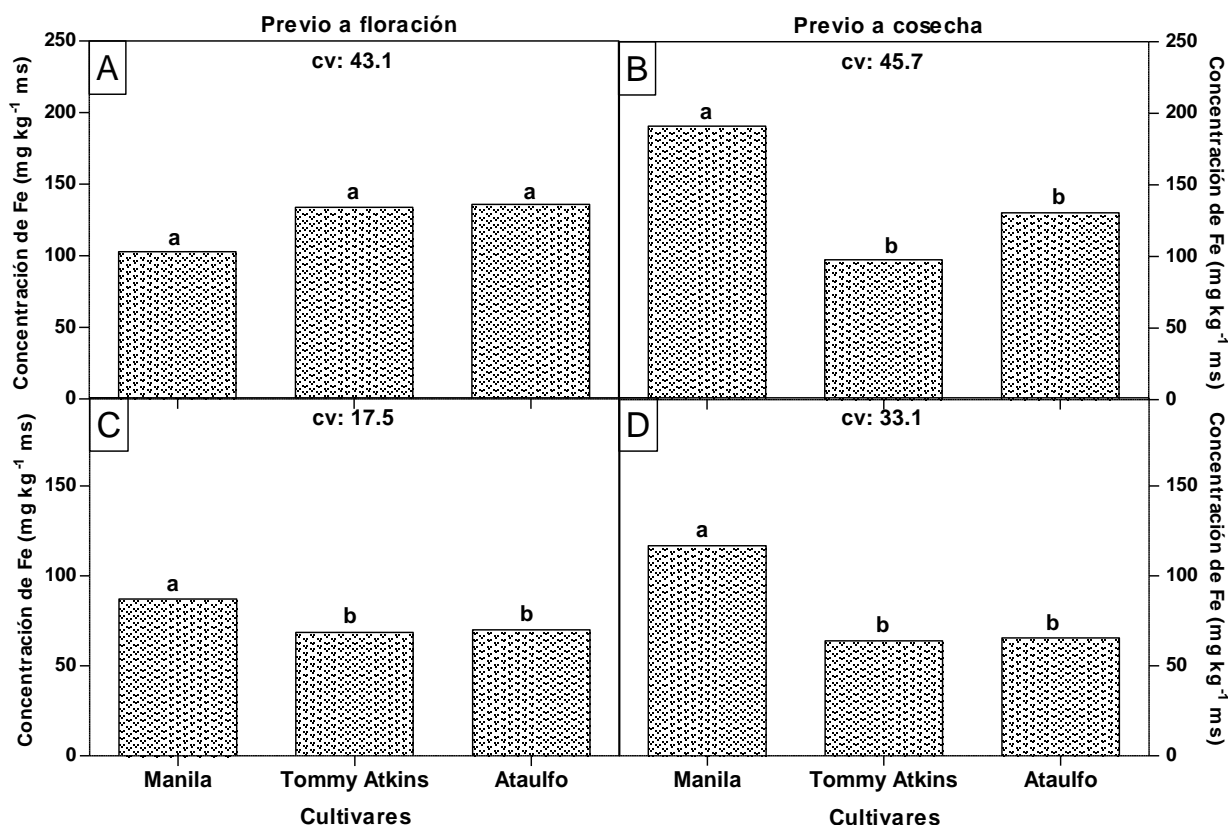


Figura 25. Concentración de hierro en hojas de tres cultivares de mango. A) Fe previo a floración 2010; B) Fe previo a cosecha 2010; C) Fe previo a floración 2011; D) Fe previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

El comportamiento de ‘Manila’ podría deberse a las reservas nutrimentales del árbol, al no haber mantenido frutos en el primer ciclo de producción se esperaría que la retranslocación nutrimental y la absorción del suelo hayan provocado una mayor concentración de Mn, decreciendo dichos valores previo a la cosecha ya que en el segundo año de evaluación fue el que mostró el mayor número de frutos, igualando en rendimiento con ‘Tommy Atkins’, lo cual concuerda con lo reportado por Singh *et al*

(2006), quienes apreciaron mayores el contenido de Mn en el año “off” y valores más bajos en el año “on”. Los valores de Mn mostrados por ‘Tommy Atkins’ difieren con lo reportado por De Madeiros *et al.* (2005), quienes notaron que los valores registrados previo a floración se incrementaron durante el desarrollo de los frutos; por otra parte, los valores máximos observados en el presente estudio (163 mg kg^{-1}) encuentra por debajo de lo mencionado por da Costa *et al.* (2009) ya que dichos autores apreciaron valores máximos fue de 670 mg kg^{-1} . De acuerdo con Singh *et al.* (2006) los valores encontrados en los tres cultivares de mango, durante los dos años de evaluación se encuentran en el rango de suficiencia (50 a 250 mg kg^{-1}).

En Cu, se pudo apreciar que en el 2010, el cultivar Tommy Atkins y Ataulfo superaron estadísticamente a los mostrado por ‘Manila’ (Figura 27 A); mientras que previo fue ‘Manila’ quien se colocó estadísticamente por arriba de ‘Ataulfo’, quien a la vez sobrepaso a ‘Tommy Atkins’ (Figura 27 B). Al igual que en los otros elementos menores, la superioridad de ‘Manila’ previo a floración, podría explicarse por la presencia de frutos, ya que el cultivar poliembriónico fue el único que mantuvo frutos en todas sus unidades experimentales hasta la madurez fisiológica, contrario a lo ocurrido con ‘Manila’ quien no presentó frutos en todas las unidades experimentales. El comportamiento del ‘Tommy Atkins’ difiere de lo indicado por De Madeiros *et al.* (2005), quienes notaron que las concentraciones de Cu en hoja previo a floración se incrementaron durante el desarrollo de los frutos. En este año de evaluación, de acuerdo con Singh *et al.* (2006), previo a floración, los niveles de Cu en ‘Manila’ se encontraron en niveles deficientes (5 a 6 mg kg^{-1}) y en niveles adecuados en los otros dos cultivares (7 a 15 mg kg^{-1}); en tanto que previo a cosecha los tres cultivares se mantuvieron en niveles adecuados. En el 2011, previo a la floración, los dos cultivares poliembriónicos sobrepasaron al ‘Tommy Atkins’ (Figura 30 C); y antes de la cosecha fue ‘Ataulfo’ el que supero a ‘Tommy Atkins’ y ‘Manila’ (Figura 30 D). Los resultados indican que posterior a la cosecha de frutos del primer ciclo de producción, ‘Manila’ y ‘Ataulfo’ recuperaron sus reservas de Cu más rápido que ‘Tommy Atkins’; una superioridad de ‘Ataulfo’ podría estar relacionado con el menor rendimiento de frutos

expresados en el segundo año de evaluación. Los valores de cobre se clasificaron en rangos adecuados según Singh *et al.* (2006).

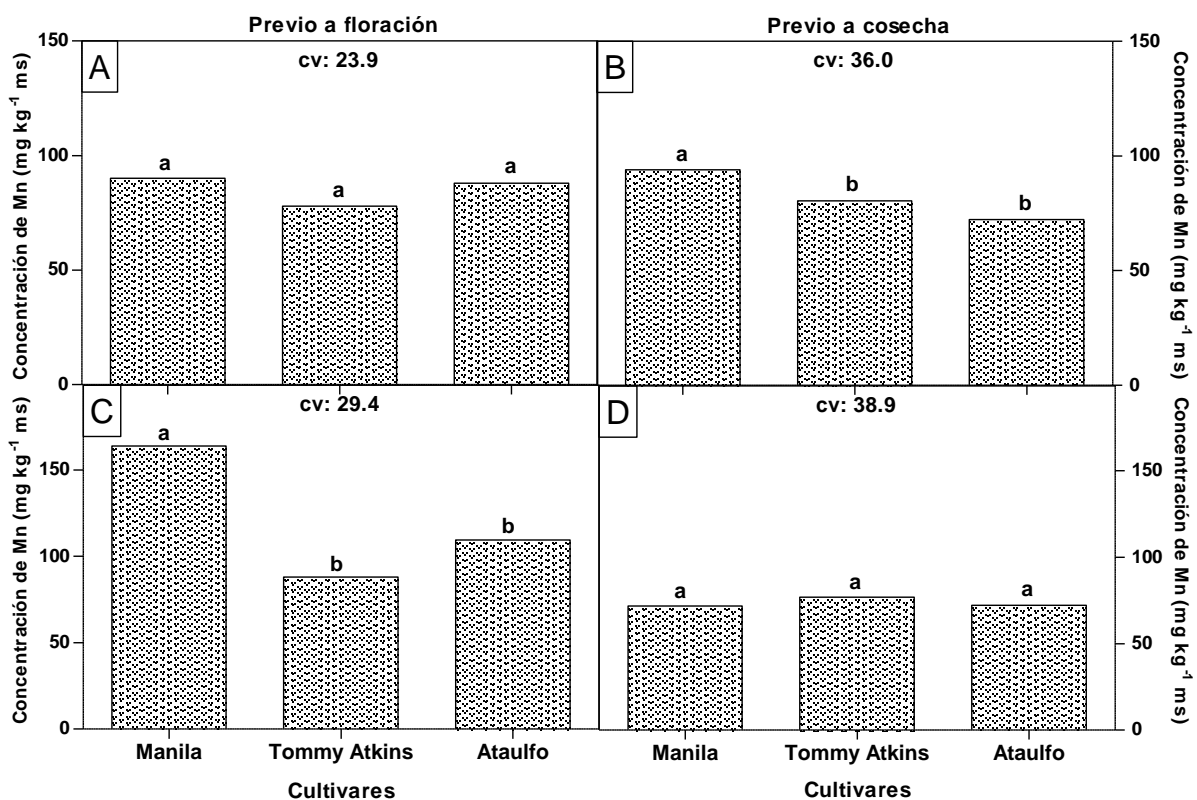


Figura 26. Concentración de manganeso en hojas de tres cultivares de mango. A) Mn previo a floración 2010; B) Mn previo a cosecha 2010; C) Mn previo a floración 2011; D) Mn previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

Respecto al factor fuentes de fertilización, los resultados indicaron, que el Zn no mostró diferencias estadísticas tanto en 2010 como en 2011 (Cuadro 2 A), lo cual coincide con los reportes de Vega y Molina (1999), quienes durante tres años consecutivos fertilizaron árboles de mango del cultivar Tommy Atkins con fertilizantes nitrogenados en dosis de (0, 20, 40, 60 y 80 kg ha⁻¹), junto con dosis de P₂O₅ (931.7 g árbol⁻¹) y K₂O (714-3 g árbol⁻¹) y notaron que las concentraciones de Zn en las hojas se comportaron estadísticamente iguales. De igual manera, se asemeja con lo mencionado con Florentino *et al.* (2010), quienes fertilizaron a arboles recién plantados

con diferentes tipos de compostas y apreciaron que los valores de Zn se comportaron de manera similar con el testigo.

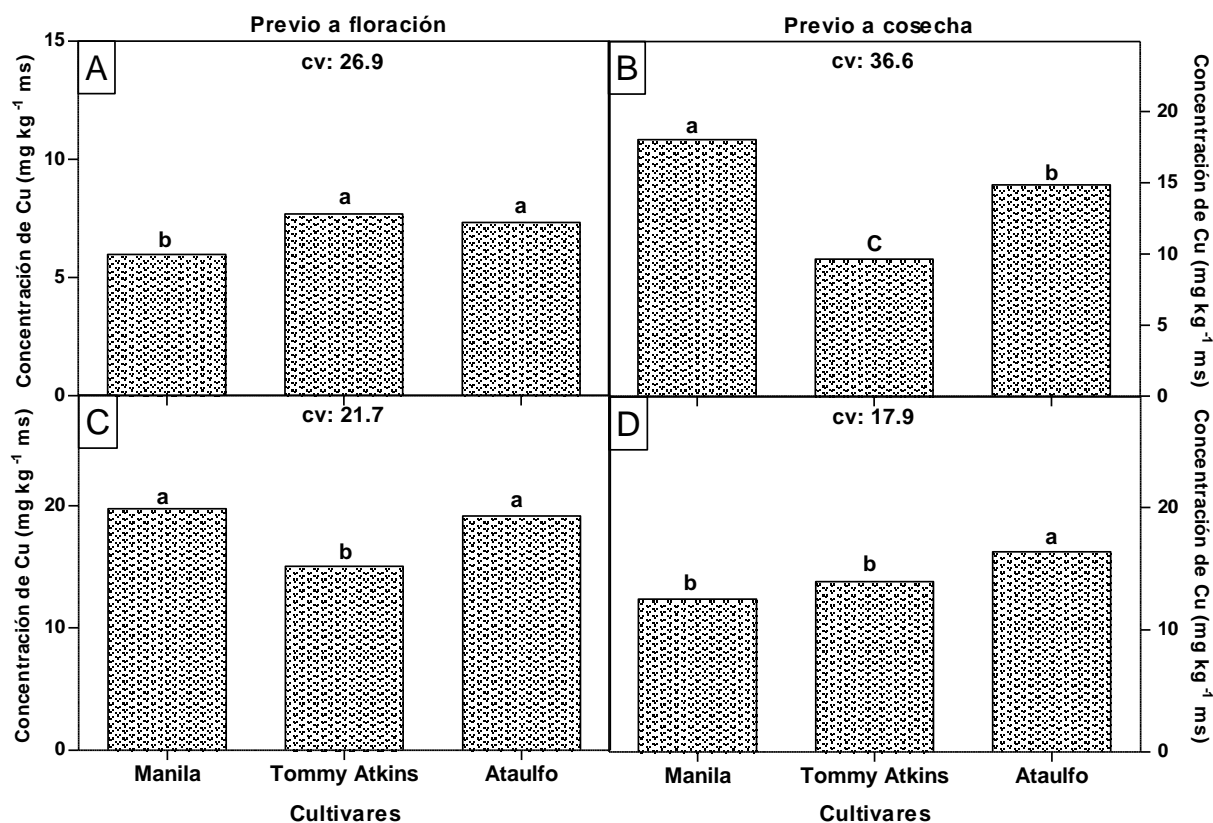


Figura 27. Concentración de cobre en hojas de tres cultivares de mango. A) Mn previo a floración 2010; B) Cu previo a cosecha 2010; C) Cu previo a floración 2011; D) Cu previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

Las concentraciones foliares de Fe, previo a floración, en el 2010, fue estadísticamente igual entre las fuentes de fertilización y el testigo (Figura 28 A); situación que se modificó en el muestro realizado previo a la cosecha, en donde, la lombricomposta en dosis de 5 t ha^{-1} mostró las menores concentraciones de Fe (Figura 28 B). Los resultados correspondientes previo a la cosecha difiere con lo reportado por Escamilla *et al.* (2003) en papaya, ya que al fertilizar utilizar como fuente de nutrición la gallinaza en dosis de 4 kg por planta y la dosis 258-200-280 g de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ aplicadas en diferentes etapas fenológicas, pudieron notar que las concentraciones de

Fe en las hojas fueron estadísticamente iguales con los del testigo. En 2011, en los dos nuestros realizados no se apreció diferencia estadística significativa entre las fuentes de fertilización y el testigo (Figura 28 C y 28 D); resultados similares fueron apreciados por Vega y Molina (1999) y Florentino *et al.* (2010) quienes fertilizaron árboles de mango con fuentes orgánicas y minerales y en ninguno de los casos notaron diferencias significativas respecto al testigo. De acuerdo con Fernandes y Nascimento (2004) los valores de este microelemento se mantuvieron en niveles adecuados en los dos años de evaluación (50 a 200 mg kg⁻¹).

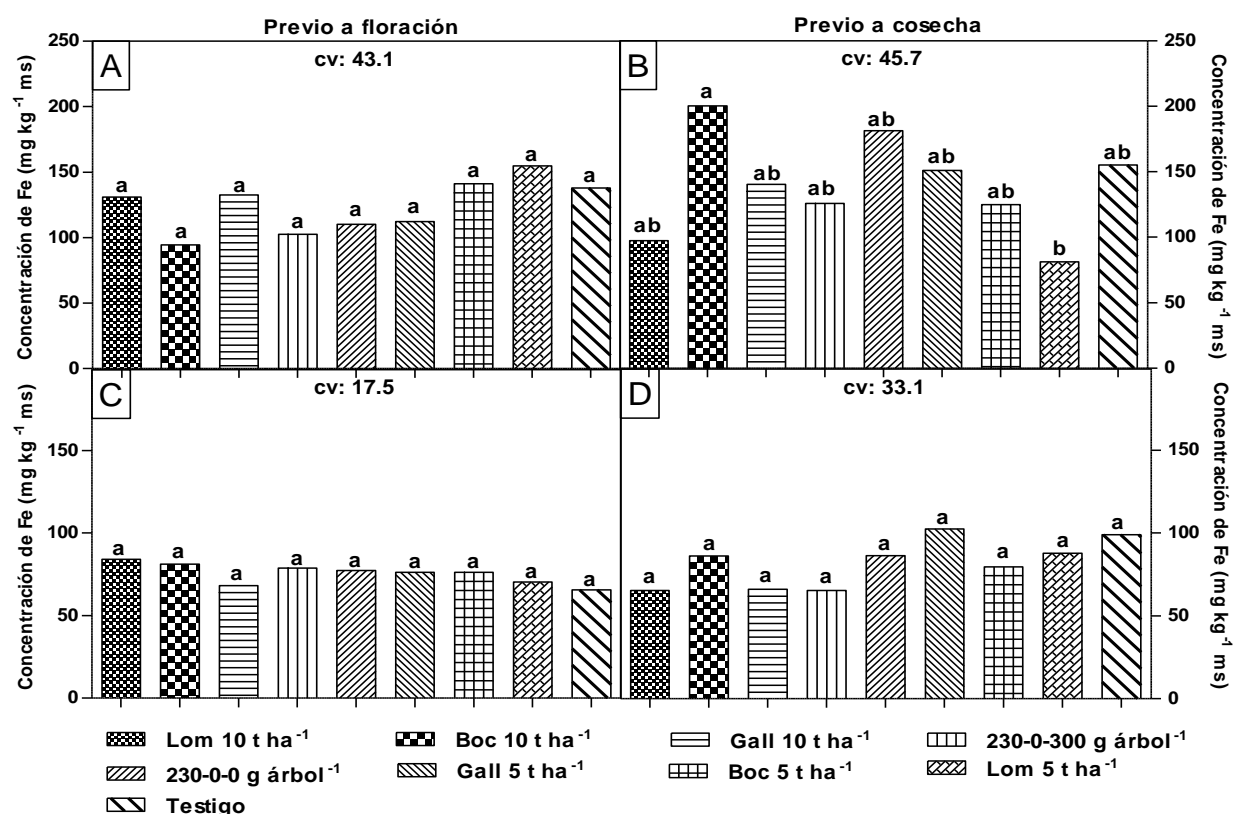


Figura 28. Concentración de hierro en hojas de árboles de mangos manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Fe previo a floración 2010; B) Fe previo a cosecha 2010; C) Fe previo a floración 2011; D) Fe previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P ≤ 0.05). CV= Coeficiente de variación.

El Mn, en 2010, previo a floración y previo a cosecha los fertilizantes orgánicos y minerales se comportaron estadísticamente igual al testigo (Figura 29 A y 29 B). En el segundo año de evaluación las concentraciones de Mn fueron estadísticamente diferentes, en las dos fechas de muestreo; previo a floración, la dosis mineral 230-0-300 g de NPK árbol⁻¹, mostró valores similares a los de la dosis 230-0-0 g de NPK árbol⁻¹ y superior a los encontrados en todos los fertilizantes orgánicos y el testigo (Figura 29 C); la situación cambió en el muestreo realizado previo a la cosecha de frutos, ya que en esta ocasión la lombricomposta en dosis de 10 y 5 t ha⁻¹ junto con el testigo fueron inferiores estadísticamente a la dosis 230-0-0 g de NPK árbol⁻¹ y gallinaza a 5 t ha⁻¹ (Figura 29 C y 29 D). Los resultados evidencian que los árboles de mango, independientemente de la fuente de nutrición estos extrajeron eficientemente el Mn del suelo, ya que las fuentes minerales a pesar de que no aportaron micronutrientes al suelo, igualaron a las fuentes orgánicas, lo que se atribuye a los adecuados niveles mostrados en la rizósfera de los árboles, similar a lo observado por Vega y Molina (1999) quienes al fertilizar árboles de mango únicamente con fertilizantes minerales, apreciaron diferencias en la concentración de Mn ya que las dosis más altas de nitrógeno indujeron valores que sobrepasaron en un 36 % al testigo. El muestro realizado en el segundo año de evaluación antes de la cosecha, indica que los árboles manejados con bocashi a 5 t ha⁻¹, lombricomposta en las dos dosis y aquellos sin fertilizar, se encuentran en niveles ligeramente por debajo del rango óptimo (50 a 500 mg kg⁻¹ ms) de acuerdo con Robinson (1986).

Finalmente, las concentraciones de Cu, durante el 2010, fue estadísticamente igual entre las fuentes de fertilización en el muestro correspondiente previo a la floración (Figura 30 A); mientras que previo a cosecha, el bocashi a 10 t ha⁻¹ mostró valores similares a los de gallinaza 10 y 5 t ha⁻¹, bocashi 5 t ha⁻¹ y el testigo y superó a los de lombricomposta en dosis de 5 y 10 t ha⁻¹ y las dos fuentes minerales (Figura 30 B); estos últimos resultados, coinciden con Escamilla *et al.* (2003), quienes al fertilizar plantas de papaya Maradol con dosis minerales, notaron que las concentraciones de Cu fueron estadísticamente igual con el testigo.

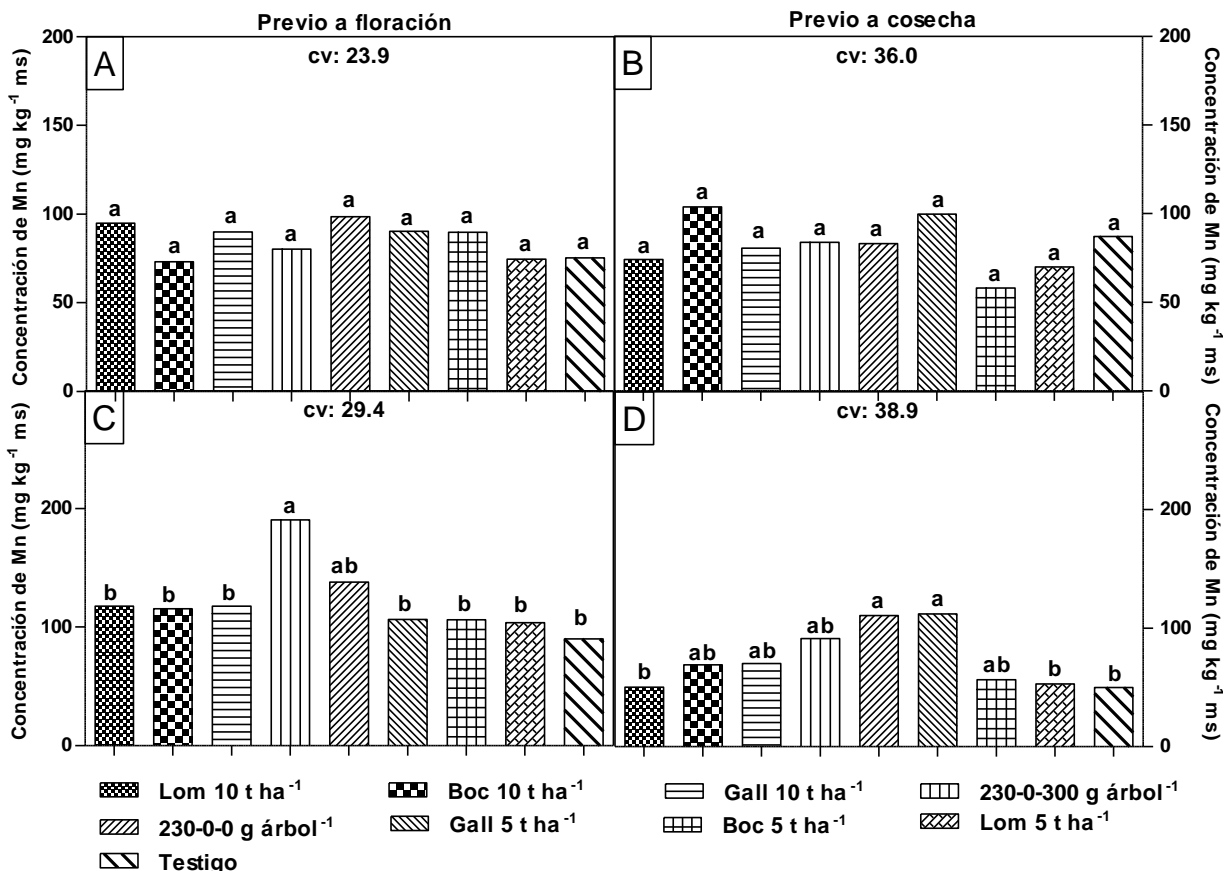


Figura 29. Concentración de manganeso en hojas de árboles de mangos manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Mn previo a floración 2010; B) Mn previo a cosecha 2010; C) Mn previo a floración 2011; D) Mn previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P ≤ 0.05). CV= Coeficiente de variación.

En 2011, los valores apreciados antes la aparición de brotes florales se comportaron estadísticamente iguales entre las fuentes de fertilización y el testigo (Figura 30 C). Previo a la cosecha de frutos, la dosis mineral 230-0-300 g de NPK por árbol fue sobrepasada estadísticamente por la lombricomposta 5 t ha⁻¹ y el testigo (Figura 30 D). Los resultados indican también una eficiente absorción edáfica de Cu, lo cual puede estar influenciado directamente por pH del suelo, ya que al fluctuar entre 6.2 a 6.8 mantuvo a este elemento disponible para las plantas. De acuerdo con Singh *et al.* (2006) los valores apreciados en los dos años de evaluación se encuentran en niveles adecuados.

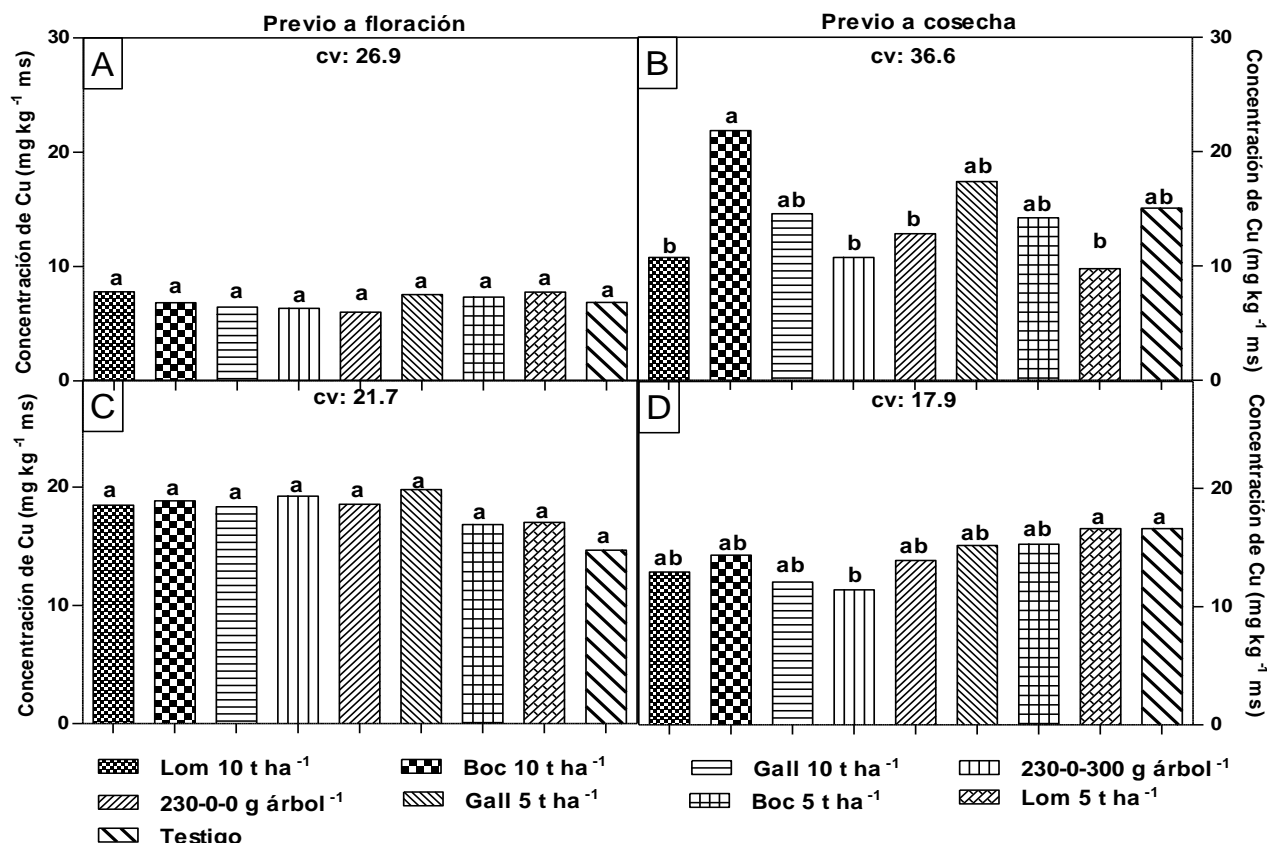


Figura 30. Concentración de cobre en hojas de árboles de mangos manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Cu previo a floración 2010; B) Cu previo a cosecha 2010; C) Cu previo a floración 2011; D) Cu previo a cosecha 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

4.5.2. Concentración nutrimental del fruto

4.5.2.1. Nitrógeno, potasio, calcio y magnesio

En el primer año de evaluación, únicamente del cultivar Tommy Atkins se obtuvieron frutos para realizar el análisis estadístico. La determinación de N únicamente se realizó en semilla y pulpa, debido a que las muestras de cáscara que se mantuvieron en refrigeración mostraron cualidades no óptimas para su procesamiento. Los resultados obtenidos, indicaron que en semilla, la gallinaza en dosis de 5 t ha⁻¹ fue

similar a bocashi 10 t ha⁻¹, a la dosis 230-0-300 y bocashi 5 t ha⁻¹ e inferior a los valores mostrados por lombricomposta 10 y 5 t ha⁻¹, gallinaza 10 t ha⁻¹, la dosis 230-0-0 g de NPK árbol⁻¹ y al del testigo (Figura 31 A). Este comportamiento puede estar relacionado con los niveles observados en hojas, ya que en el cultivar Tommy Atkins, la gallinaza a 5 t ha⁻¹ fue una de las fuentes que mostró inferioridad en la concentración de N. No se cuenta con referencias sobre estas variables en mango manejados con fertilizantes orgánicos, con las cuales se pueda comparar los resultados obtenidos; sin embargo, Mellado-Vázquez *et al.* (2012) realizaron un estudio en huertos plantados con los cultivares Tommy Atkins y Haden, árboles de 16 años de edad, establecidos a 12 m x 12 m (huerto 1) y 11 m x 11 m (huerto 2). El huerto plantado con 'Tommy Atkins' fue fertilizada con aplicaciones de guano de murciélago (1 kg árbol⁻¹), sulfato de amonio (1 kg árbol⁻¹), 1 kg de la fórmula 18-46-0 de N-P-K y una aplicación foliar en plena floración; mientras que al huerto 2 no se realizó fertilización edáfica. Las concentraciones de N en semilla (testa y embrión) fueron de 1.46 y 1.15 g 100 g⁻¹ ms, respectivamente, superior a lo observado en este estudio pues los valores más altos fueron de 0.93 g 100 g⁻¹ ms. Los valores de N en pulpa, fueron estadísticamente iguales entre las fuentes de fertilización y el testigo (Figura 31 B). La concentraciones de 'Tommy Atkins' (0.58 a 0.89 g 100 g⁻¹ de ms) superaron a los reportados por Mellado-Vázquez *et al.* (2012) en este mismo cultivar. De igual manera los valores pulpa superaron a los observados en la semilla (0.2 a 0.9 g 100 g⁻¹ de ms), contrario con lo indicado con De Asis *et al.* (2004), quienes apreciaron mayores concentraciones de N en semillas, seguido por pulpa y al final la cáscara.

Debido a que las determinaciones de K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn y Cu se realizaron antes que N, todas las muestras se mantuvieron en buenas condiciones para su procesamiento, por lo tanto, se hicieron las determinaciones en cáscara, semilla y pulpa. Respecto a K, el comportamiento en los diferentes componentes del fruto fue relativamente similar, las concentraciones en cáscara y semilla fueron estadísticamente iguales entre las fuentes de fertilización y el testigo (Figura 32 A y 32 B); en tanto que, en pulpa, la gallinaza aplicado en dosis de 5 t ha⁻¹ expuso concentraciones

estadísticamente menores a los de la dosis mineral 230-0-300 g de NPK por árbol y similares a los del resto de fertilizantes orgánicos, mineral y el testigo (Figura 32 C).

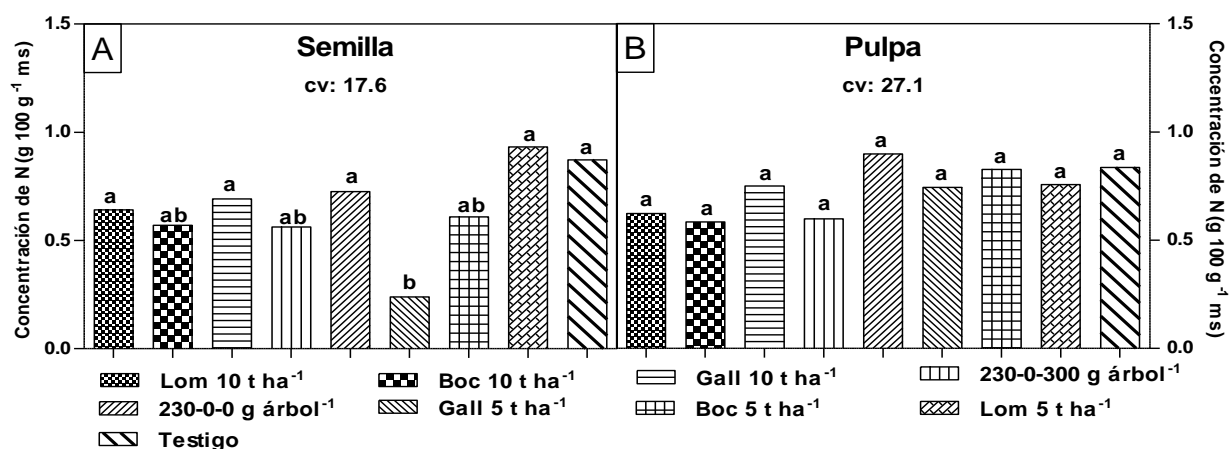


Figura 31. Concentración de nitrógeno en frutos de mango cv. Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. A) N en semilla; B) N en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

En general los valores de semilla (1.1 a 1.5 g 100 g⁻¹ ms) estuvieron ligeramente por debajo de cáscara (1.25 a 2.0 g 100 g⁻¹ ms) quien a la vez, fue superado por los de pulpa (1.5 a 3.3 g 100 g⁻¹ ms); dicho orden, fue similar con los de De Assis *et al.* (2004) y diferente a Mellado-Vázquez *et al.* (2012), quienes apreciaron el siguiente orden: semilla>cáscara>pulpa. Mayor cantidad de K en la pulpa es aceptable, ya que este elemento participa en los procesos de transporte de fotoasimilados al fruto y es la pulpa el principal sitio de reservas.

Respecto a Ca, en los tres componentes del fruto no se apreció diferencias estadísticas significativas (Figura A8). Para este elemento la distribución en el fruto fue: cáscara>pulpa>semilla. Los resultados obtenidos son diferentes a los reportado por Mellado-Vázquez *et al.* (2012) quienes apreciaron mayor concentración de Ca en la pulpa del fruto, seguido por la cáscara y semilla.

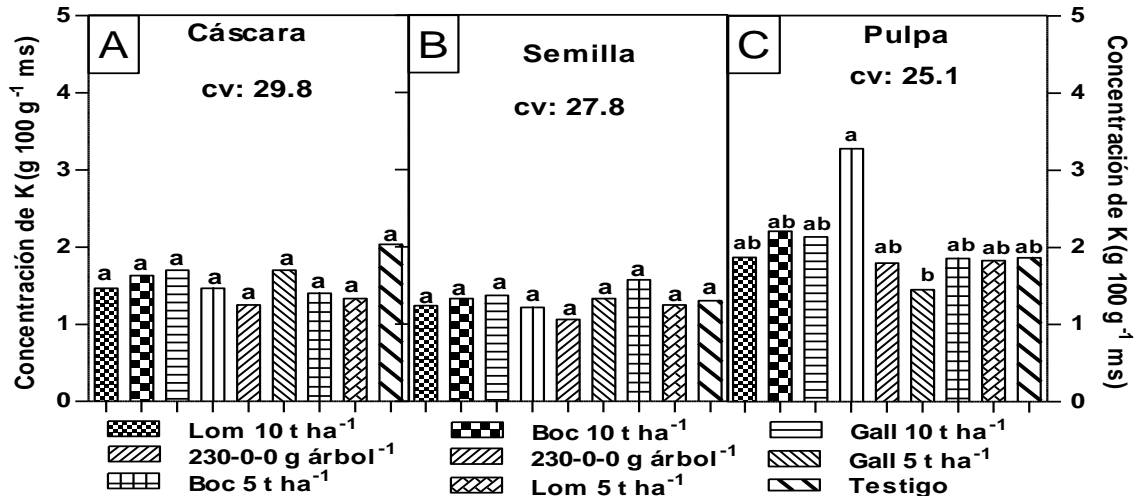


Figura 32. Concentración de potasio, calcio en frutos de mango ‘Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. A) K en cáscara; B) K en semilla; C) K en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

Respecto a Mg, únicamente se apreció diferencias estadísticas significativas en la semilla, en donde, los árboles que fueron fertilizados con la dosis mineral 2300-300 g de NPK por árbol, exhibieron concentraciones similares a los de todas las fuentes orgánicas y su homólogo mineral, pero inferior a los del testigo (Figura 33 A, 33 B y 33 C). Una menor concentración de Mg con la fuente mineral, evidencia que la nula adición de este elemento al suelo se reflejó directamente al fruto, ya que en la hoja todas las dosis fueron iguales estadísticamente. El orden decreciente de Mg en el fruto fue de la siguiente manera: cáscara>pulpa>semilla, diferente a lo que observaron en el mismo cultivar Mellado-Vázquez *et al.* (2012) (semilla>cáscara>pulpa) y De Assis *et al.* (2004) (cáscara>pulpa=semilla).

A diferencia del 2010, en 2011, se cosecharon frutos de los tres cultivares de mango. Los resultados indicaron que la concentración de N en las diferentes partes del fruto se comportaron estadísticamente similares en los tres cultivares de mango (Figura A9). Los valores de nitrógeno encontrados en ‘Tommy Atkins’ se mantuvieron por debajo de los reportados por De Assis *et al.* (2004); en tanto que los de ‘Manila’ fue similar a lo citado por Guzmán *et al.* (1996).

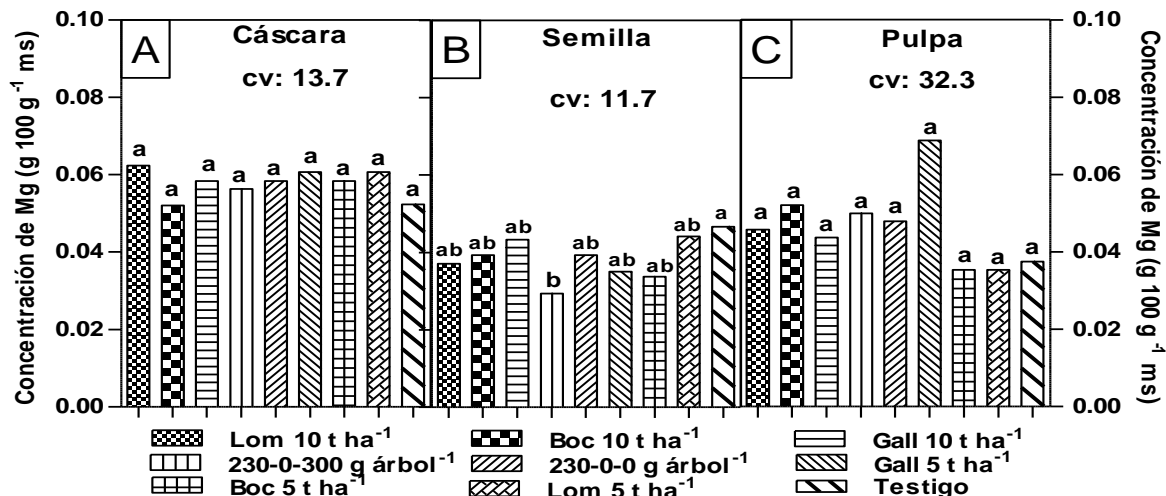


Figura 33. Concentración de magnesio en frutos de mango cv. Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. A) Mg en cáscara; B) Mg en semilla; C) Mg en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

El panorama en K, se diferenció a lo ocurrido con el N, ya que en esta ocasión pudo notarse diferencias estadísticas significativas, en cáscara, el cultivar Ataulfo fue superado por 'Manila' y 'Tommy Atkins' (Figura 34 A); en semilla, no se observaron diferencias estadísticas significativas (Figura 34 B); mientras que en pulpa, 'Tommy Atkins' registró valores estadísticamente superiores a 'Manila' 'Ataulfo' (Figura 38 C). Mayores concentraciones de K en la cáscara de los frutos, coincide con Laborem *et al.* (1979) (cáscara>pulpa>semilla), y Guzmán *et al.* (1996) (cáscara>pulpa>semilla) y difiere con los reportado por De Assis *et al.* (2004) (pulpa>cáscara>semilla) y Mellado-Vázquez *et al.* (2012) (semilla>pulpa>cáscara).

Los valores de Ca en los tres componentes de los fruto, de los tres cultivares de mango mostraron igualdad estadística (Figura A10). A pesar de que en las hojas se observó mayores concentraciones de Ca en 'Ataulfo', dicha desigualdad estadística no se vio reflejada en los diferentes componentes del fruto. Los resultados se asemejan a los obtenidos por Mellado-Vázquez *et al.* (2012) y contrastan con los de Guzmán *et al.* (1996), pues estos últimos apreciaron mayores concentraciones en la pulpa del fruto.

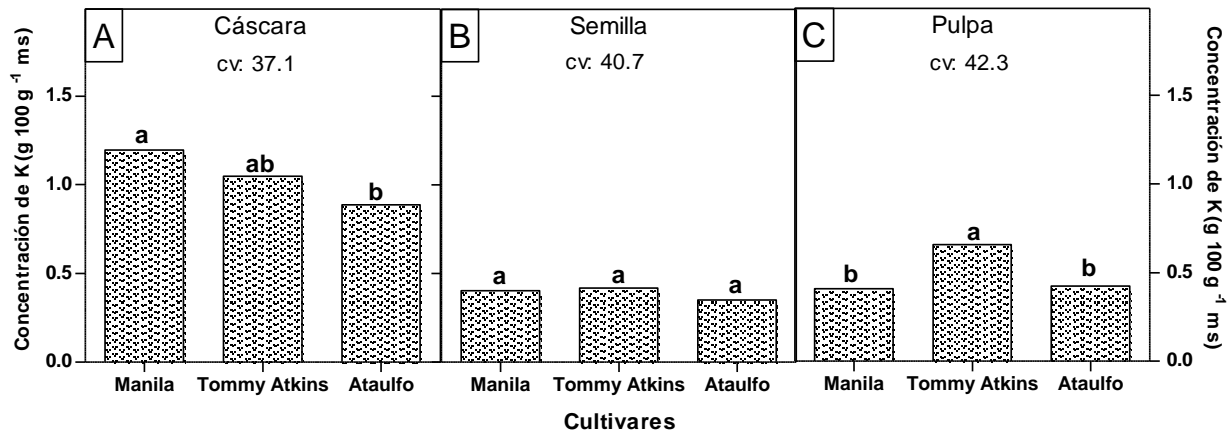


Figura 34. Concentración de potasio en frutos de tres cultivares de mango, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) K en cáscara; B) K en semilla; C) K en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

En el caso de Mg, tampoco se observó diferencias estadísticas entre los cultivares de mango (Figura A10) una tendencia similar a lo ocurrido con Ca, ya que hubo mayor contenido en cáscara, seguido por semilla y al final se ubicó la pulpa. La superioridad estadística de 'Ataulfo' en la concentración foliar de Mg durante el segundo muestreo (previo a cosecha), no se notó en el fruto, ya que en ninguno de los casos. La distribución de dicho elemento en las partes del fruto (cáscara>semilla>pulpa) se asemeja con lo observado por Guzmán *et al.* (1996) y De Assis *et al.* (2004) en frutos de mango 'Manila' y 'Tommy Atkins' y contrasta con lo reportado por Mellado-Vázquez *et al.* (2012) ya que en 'Tommy Atkins' contemplaron mayor Mg en pulpa y semilla.

Los resultados en las fuentes de fertilización, mostraron que las concentraciones de N, K y Ca, en los diferentes componentes del fruto, fueron estadísticamente igual entre las fuentes de fertilización y el testigo (Figura A11 y A12). La distribución de estos elementos en el fruto fue: Semilla>cáscara>pulpa, cáscara>pulpa>semilla y cáscara>semilla>pulpa, respectivamente.

El Mg, mostró la distribución de nutrientes cáscara>semilla>pulpa y se apreció significancia estadística en la cáscara, notándose que la gallinaza en dosis de 5 t ha⁻¹, fue estadísticamente igual a la lombricomposta 10 t ha⁻¹, bocashi 5 t ha⁻¹ y el testigo y superior a la gallinaza 5 t ha⁻¹, bocashi y gallinaza 10 t ha⁻¹ y las dosis minerales (Figura 35 A, 35 B y 35 C). Mayores concentraciones de los fertilizantes orgánicos, corroboran su influencia en la nutrición de los frutos, la igualdad con los árboles que se mantuvieron sin fertilizar puede estar relacionada con las condiciones del suelo, ya que prácticamente no se notó diferencia estadística en la concentración nutrimental edáfica de magnesio. Mayor proporción de magnesio en la cáscara del fruto se asemeja con lo indicado por De Assis *et al.* (2004) y Gúzmán *et al.* (1996), en los cultivares de Tommy Atkins y Manila, respectivamente.

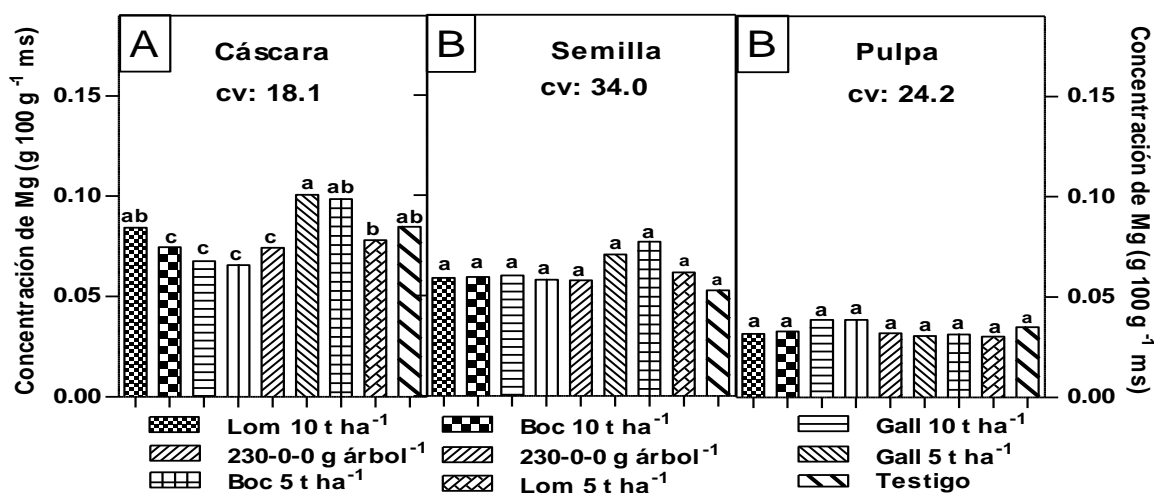


Figura 35. Concentración de magnesio en frutos de mango, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Mg en cáscara; B); Mg en semilla; C) Mg en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0.05). CV= Coeficiente de variación.

4.5.2.2. Zinc, fierro, manganeso y cobre

Para el 2010, en el cultivar Tommy Atkins, los contenidos de Zn fueron mayores en la pulpa, seguido por cáscara y finalmente semilla, sin embargo, únicamente fue en este último componente donde se apreciaron diferencias significativas, el bocashi a 10 t

ha⁻¹ fue estadísticamente igual a lombricomposta a 5 t ha⁻¹ y el testigo y diferente al resto de fuentes de fertilización (Figura 36 A, 36 B y 36 C). A pesar de que gallinaza incorporó mayor cantidad de Zn al suelo, fue la lombricomposta y bocashi los que mejor hicieron notar su influencia, su igualdad con el testigo puede ser relacionado con las propiedades del suelo, el pH observado en el presente estudio permitió que el Zn estuviera disponible para las plantas. Los valores observados en cáscara, semilla y pulpa, se encuentran por arriba de lo reportado por Laborem *et al.* (1979) y Guzmán *et al.* (1996) y Mellado-Vázquez *et al.* (2012).

En Fe, no se apreció diferencias estadísticas significativas en ninguno de los componentes del fruto (Figura A13), la distribución de este elemento fue cáscara>pulpa>semilla.

En cuanto al Mn, fue en la cáscara donde se cuantificaron los valores más altos y también donde se apreciaron diferencias entre las fuentes evaluadas; la lombricomposta en dosis de 5 t ha⁻¹ junto con el testigo, fueron estadísticamente iguales e inferiores al resto de fertilizantes minerales y orgánicos (Figura 37 A, 37 B y 37 C). Los resultados obtenidos son congruentes entre las enmiendas orgánicas, ya que de los tres fertilizantes orgánicos, fue la lombricomposta la que menor fracciones de Mn aportó al suelo, observándose resultados semejantes en las concentraciones foliares realizados previo a la cosecha del ciclo de producción 2011. Los valores de semilla y pulpa son menores a los señalados por Laborem *et al.* (1979) en el cv. Glenn.

Las concentraciones de cobre en el fruto fue distribuido en la siguiente manera: Semilla >pulpa> cáscara, no obstante, no se apreció diferencias estadísticas significativas entre las fuentes de fertilización y el testigo (Figura A14).

Para el segundo año de evaluación (2011), los cultivares Manila, Tommy Atkins y Ataulfo, mostraron concentraciones de zinc estadísticamente iguales, en cáscara, semilla y pulpa (Figura A15).

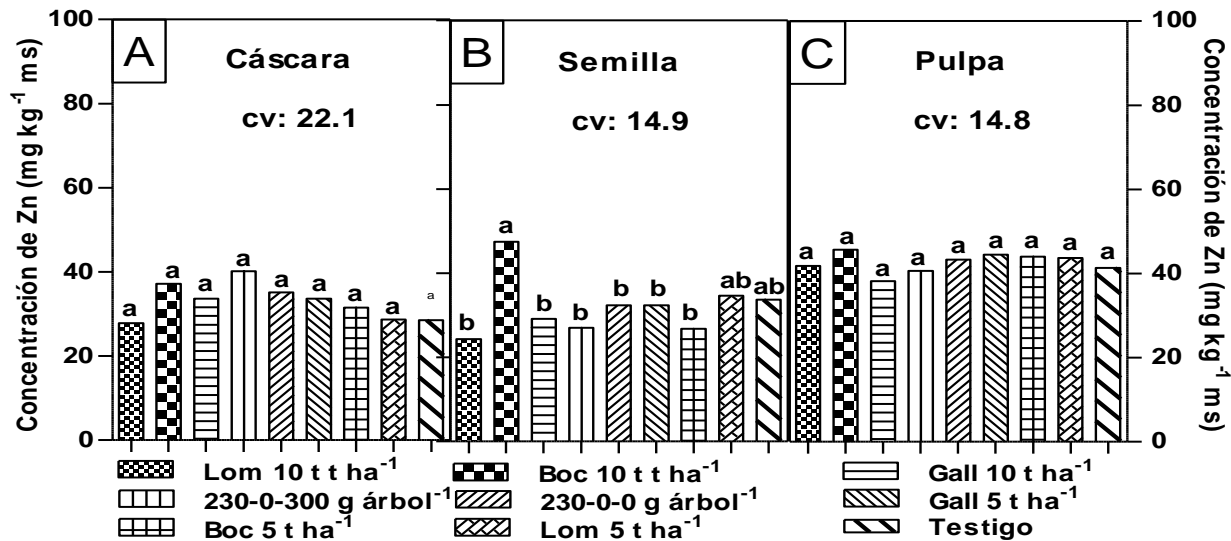


Figura 36. Concentración de zinc en frutos de mango Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. A) Zn en cáscara; B) Zn en semilla; C) Zn en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

El escenario fue diferente en las concentraciones de Fe, los valores más altos fueron cuantificados en cáscara, seguido por semilla y finalmente pulpa. Las diferencias estadísticas se hicieron presentes en cáscara y semilla, en ambos casos los cultivares Tommy Atkins y Ataulfo fueron iguales y superiores al 'Manila' (Figura 38 A, 38 B y 38 C), comportándose los valores de manera opuesta a lo expresado en la hoja previo a la cosecha de frutos, en donde 'Manila' superó a los otros cultivares, esta situación indica una mayor translocación de Fe a través del agua hacia los frutos como punto de demanda. Los valores de 'Manila' superan lo reportado por Guzmán *et al.* (1996). Para el caso de 'Tommy Atkins' todos los valores superan los señalado por Mellado-Vázquez *et al.* (2012), en tanto que, de 'Ataulfo' no se cuenta referencia sobre la partición de nutrimentos en fruto, sin embargo, Madeiros *et al.* (2004) reportan concentraciones en frutos de $316 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ms}$, esto hace suponer que los valores de algunos de los componentes podrían asemejarse a los cuantificados en este trabajo de investigación. Los valores de cáscara (80 a $133.6 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ms}$) solo se asemejan a una variedad criolla reportada por Laborem *et al.* (1979).

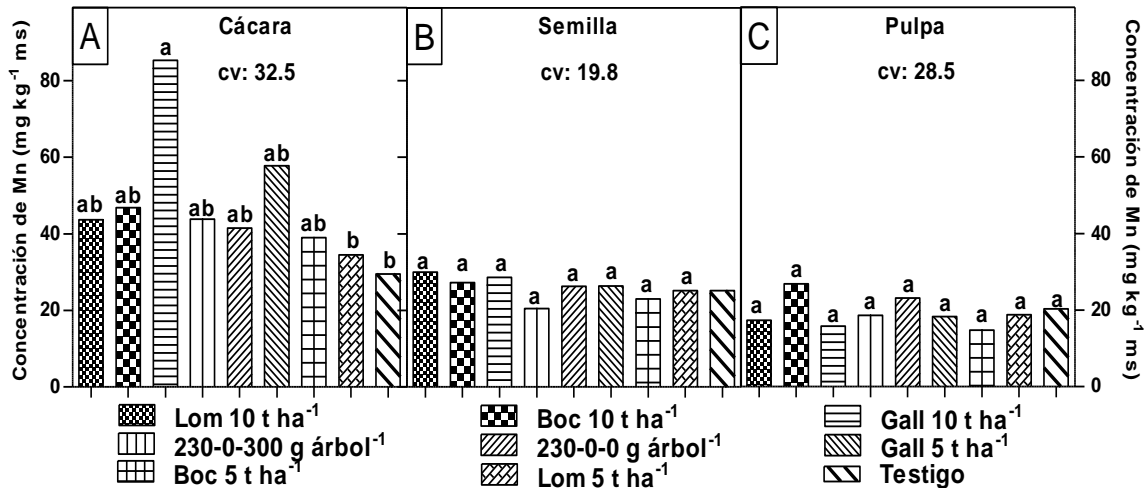


Figura 37. Concentración de manganeso en frutos de mango Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. A) Mn en cáscara; B) Mn en semilla; C) Mn en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

El Mn se caracterizó, por exhibir las concentraciones más altas en la cáscara, le siguió en orden decreciente la pulpa y semilla; no obstante, fue únicamente en el primer componente donde los cultivares se mostraron diferentes estadísticamente, siendo el 'Manila' inferior a 'Tommy Atkins' y similar a 'Ataulfo' (Figura 39 A, 39 B y 39 C). Al igual que en Fe, los valores se comportaron de manera opuesta a lo observado las hojas en el muestreo realizado previo a la cosecha de frutos, en donde 'Manila' superó a los otros cultivares. Únicamente las concentraciones de pulpa concuerdan con lo observado por Guzmán *et al.* (1996) en el cultivar 'Manila', mientras que semilla y cáscara superan ligeramente a lo observado por dicho autor.

Respecto a Cu, los valores más altos fueron obtenidos por la semilla, seguido por la cáscara y en el último peldaño se posicionó la pulpa; fue en este último componente donde existió diferencia estadística, favoreciendo al 'Ataulfo', quien superó a los otros dos cultivares de mango (Figura 39 D, 39 E y 39 F), lo que puede significar un mayor requerimiento de dicho elemento para 'Ataulfo'. La distribución de Cu en el fruto, es similar a lo reportado por Guzmán *et al.* (1996) en el cultivar Manila. Las

concentraciones de pulpa se asemejan, mientras que los de semilla y cáscara difieren con lo observado por Mellado-Vázquez *et al.* (2012) en el cultivar Tommy Atkins.

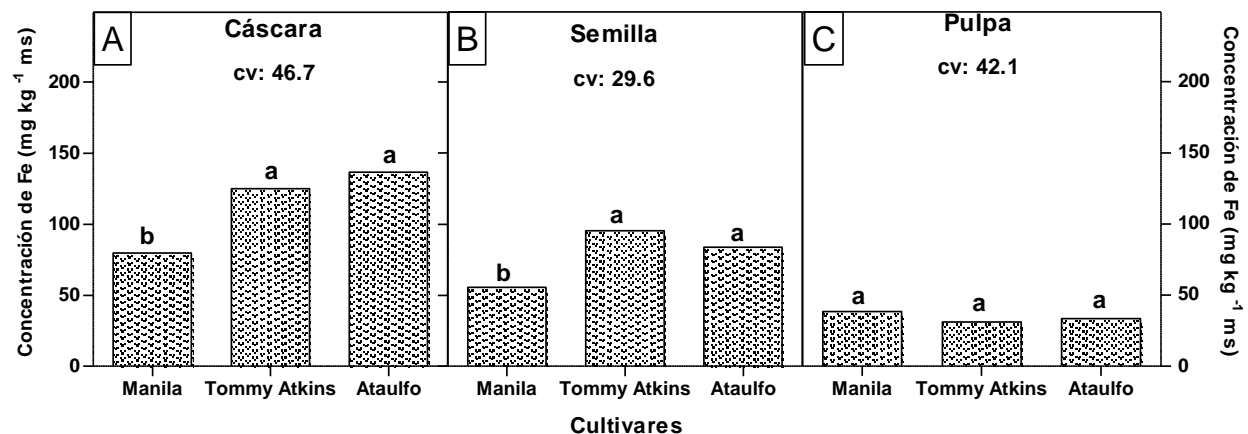


Figura 38. Concentración de fierro en frutos de tres cultivares de mango, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Fe en cáscara; B) Fe en semilla; C) Fe en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV = Coeficiente de variación.

En las fuentes de fertilización, se contempló que la concentración de Zn fue estadísticamente diferente en cáscara y semilla; en el primero la gallinaza a 5 t ha^{-1} mostró valores estadísticamente similares a los bocashi y lombricomposta a 5 t ha^{-1} y superiores a los del resto de fertilizantes orgánicos, minerales y el testigo (Figura 40 A); en semilla, el bocashi en 5 t ha^{-1} fue estadísticamente superior a bocashi a 10 t ha^{-1} y similar al resto de fuentes de fertilización y al testigo (Figura 40 B). A pesar de que no hubo diferencias en las hojas previo a cosecha, estas si se reflejaron en el fruto, mayores concentraciones por parte de los fertilizantes orgánicos puede deberse al aporte de fracciones de Zn suministradas al suelo, su igualdad con los fertilizantes minerales podría explicarse a que las condiciones del suelo y su estado adecuado en hojas permitieron una buena absorción de dicho elemento. En pulpa todas las fuentes evaluadas mostraron igualdad estadística (Figura 40 C). La partición de los nutrientes dentro del fruto indica que la semilla y la pulpa requieren cantidades relativamente semejantes.

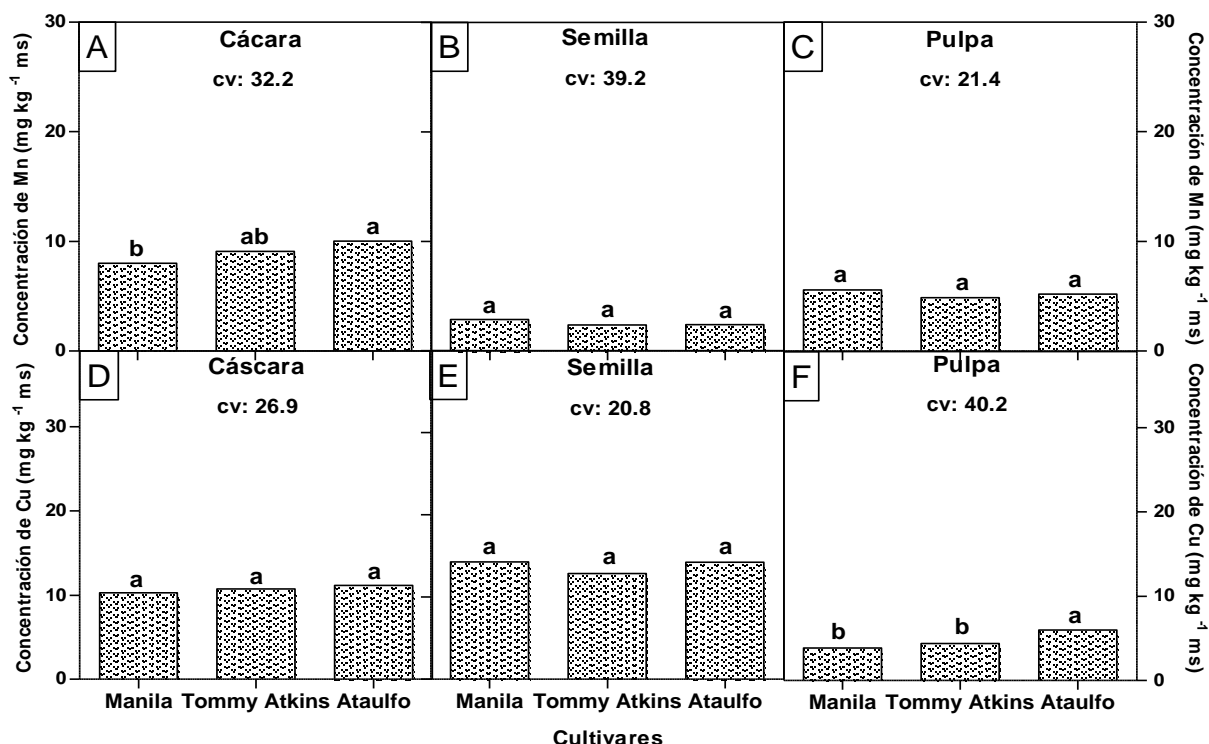


Figura 39. Concentración de manganeso y cobre en frutos, de tres cultivares de mango, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Mn en cáscara; B) Mn en semilla; C) Mn en pulpa; D) Cu en cáscara; E) Cu en semilla; F) Cu en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

El Fe fue el único elemento menor que exhibió diferencias estadísticas significativas en las tres partes del fruto. En cáscara, la gallinaza en dosis de 5 t ha^{-1} sobresalió por encima de las demás fuentes de fertilización (Figura 40 D); en tanto que, en semilla fue la lombricomposta a 10 t ha^{-1} la que se impuso sobre sus homólogos y sobre el testigo (Figura 40 E); finalmente en pulpa, fueron las dosis minerales 230-0-300 y 230-0-0 g de NPK árbol⁻¹ estadísticamente inferiores a lombricomposta a 10 t ha^{-1} y similar al resto de fertilizantes orgánicos y al testigo (Figura 40 F). Para este elemento en particular se pudo notar los beneficios de la incorporación de materia orgánica, ya que superaron en dos de las tres partes del fruto al fertilizante mineral y al testigo.

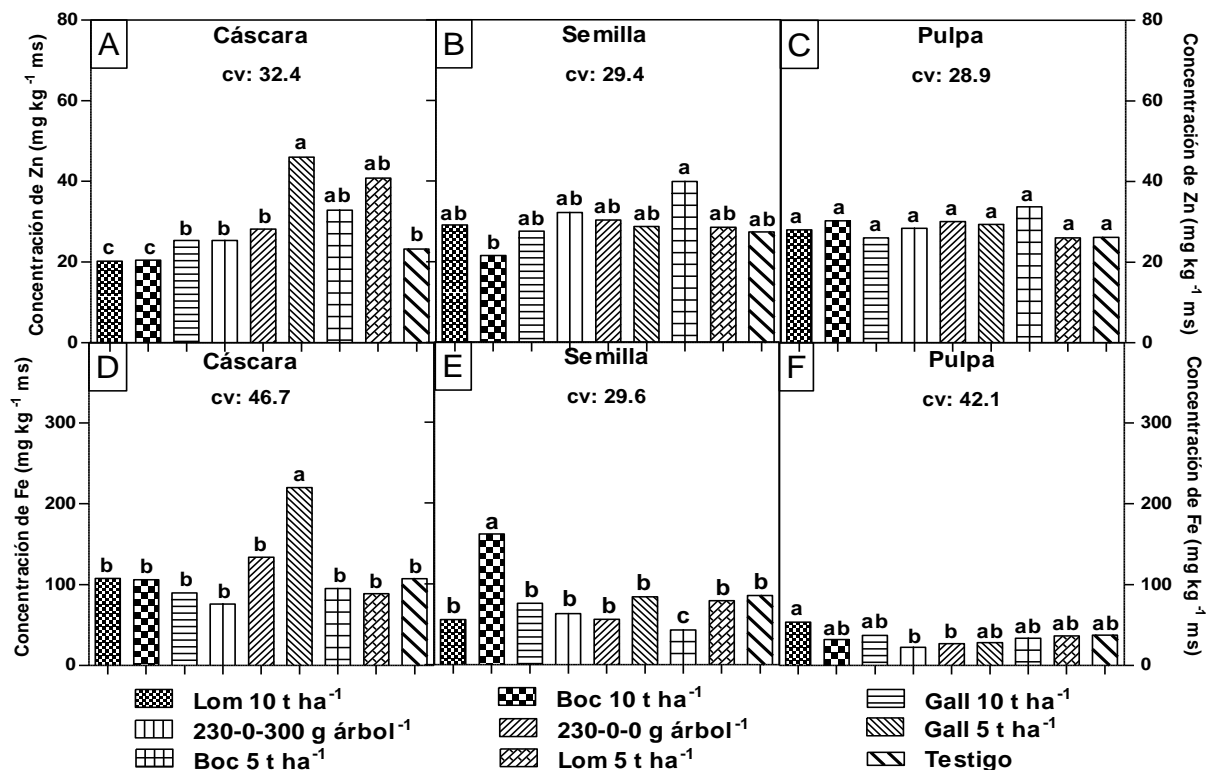


Figura 40. Concentración de zinc y hierro en frutos de mango, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Zn en cáscara; B) Zn en semilla; C) Zn en pulpa; D) Fe en cáscara; E) Fe en semilla; F) Fe en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

Respecto a Mn, fue en la cáscara del fruto en donde se halló la mayor concentración, de igual manera, fue el único componente donde existió diferencia significativa. La gallinaza a 10 t ha⁻¹, mineral 230-0-300 g de NPK árbol⁻¹, bocashi a 5 t ha⁻¹ y el testigo fueron estadísticamente iguales a lombricomposta 10 y 5 t ha⁻¹, bocashi 10 t ha⁻¹ y gallinaza 5 t ha⁻¹, pero inferiores a los mostrados por el mineral 230-0-0 g de NPK árbol⁻¹ (Figura 41 A). Los resultados indican que la concentración de Mn en el suelo influyó en los resultados, ya que, a pesar de que el fertilizante mineral no aportó fracciones de microelementos al suelo, este igualó superó estadísticamente a algunos fertilizantes orgánicos. Los valores en semilla y pulpa, variaron numéricamente mínimamente una de la otra, sin embargo, en ninguno de los casos de apreció diferencias significativas entre las fuentes de fertilización y el testigo (Figura 41 B y 41

C). Los valores apreciados en los tres componentes del fruto se encuentran por debajo de los reportado por Laborem *et al.* (1979), quienes reportan valores máximos de 97 mg kg⁻¹ m. s. en cáscara, 42 mg kg⁻¹ m. s. en semilla y 131 mg kg⁻¹ m. s. en pulpa.

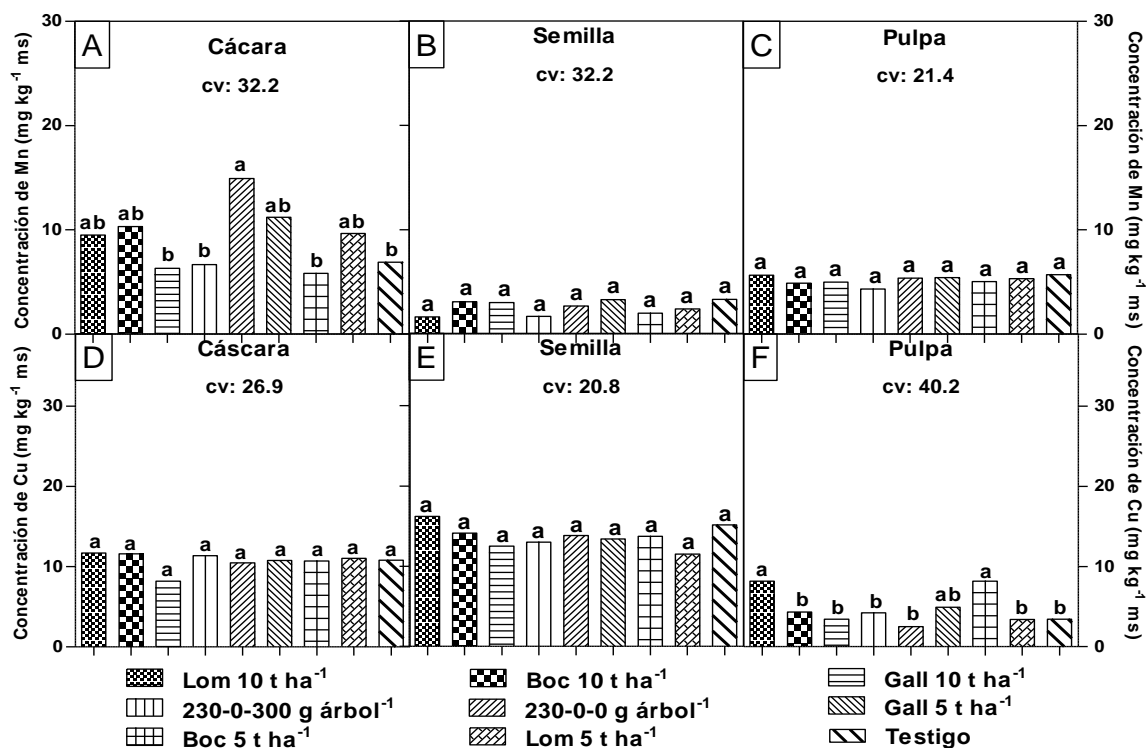


Figura 41. Concentración de manganeso y cobre en distintas partes de frutos de mango Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Mn en cáscara; B) Mn en semilla; C) Mn en pulpa; D) Cu en cáscara; E) Cu en semilla; F) Cu en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P ≤ 0.05). CV= Coeficiente de variación.

Por último, el Cu, en cada uno de los componentes del fruto oscilaron entre 11.8 a 15.2 mg kg⁻¹ ms, 8.0 a 11.8 mg kg⁻¹ ms y 2.6 a 8.2 mg kg⁻¹ ms, para semilla, cáscara y pulpa, respectivamente; sin embargo, diferencia estadística significativa únicamente fue exhibido en pulpa, en donde los fertilizantes orgánicos lombricomposta a 10 t ha⁻¹ y bocashi a 5 t ha⁻¹ fueron estadísticamente igual a la gallinaza 5 t ha⁻¹ y superior al resto de fertilizantes orgánicos, mineral y testigo (Figura 41 D, 41 E y 41 F). Con estos

resultados se corrobora la importancia de nutrir al suelo con fuentes orgánicas, ya que compensan las extracciones realizadas durante la cosecha de los frutos.

4.6. Calidad postcosecha

4.6.1. Dimensiones del fruto

En 2010, las dimensiones del ‘Tommy Atkins’ se comportaron estadísticamente iguales entre las fuentes de fertilización y el testigo (Figura A16), lo cual contrastan con lo observado por Corrales *et al.* (2003), quienes al evaluar dosis de gallinaza combinado con fertilizante mineral, apreciaron que la combinación conjunta de los fertilizantes superó a la aplicación individual de los fertilizantes, quienes a su vez sobrepasaron a los frutos obtenidos de árboles sin fertilizar.

En 2011, se apreciaron diferencias significativas entre los cultivares, el ‘Tommy Atkins’ mostró diámetros polares estadísticamente iguales a ‘Manila’ y superiores al ‘Ataulfo’ (Figura 42 A); en tanto que, en diámetro ecuatorial, el ‘Tommy Atkins’ se colocó por encima de ‘Ataulfo’, quien a su vez superó a ‘Manila’ (Figura 42 C).

Las diferencias de dimensiones se deben principalmente a la genética del cultivo, en diversos estudios se ha reportado para el ‘Tommy Atkins’ dimensiones entre 11.6 cm y 9.5 cm de diámetro polar y ecuatorial, respectivamente (Carrera *et al.*, 2007; Fallas *et al.*, 2010); mientras que para ‘Manila’ y ‘Ataulfo’ Pérez-Barraza *et al.* (2009) y Pérez-Barraza *et al.* (2011) han reportado diámetros polares y ecuatoriales de 11.9 a 7.2 y 9.9 cm y 5.5 cm, respectivamente. Respecto a las fuentes de fertilización no indujeron diferencias estadísticas significativas en las dimensiones de los frutos (Figura 42 B y 42 D).

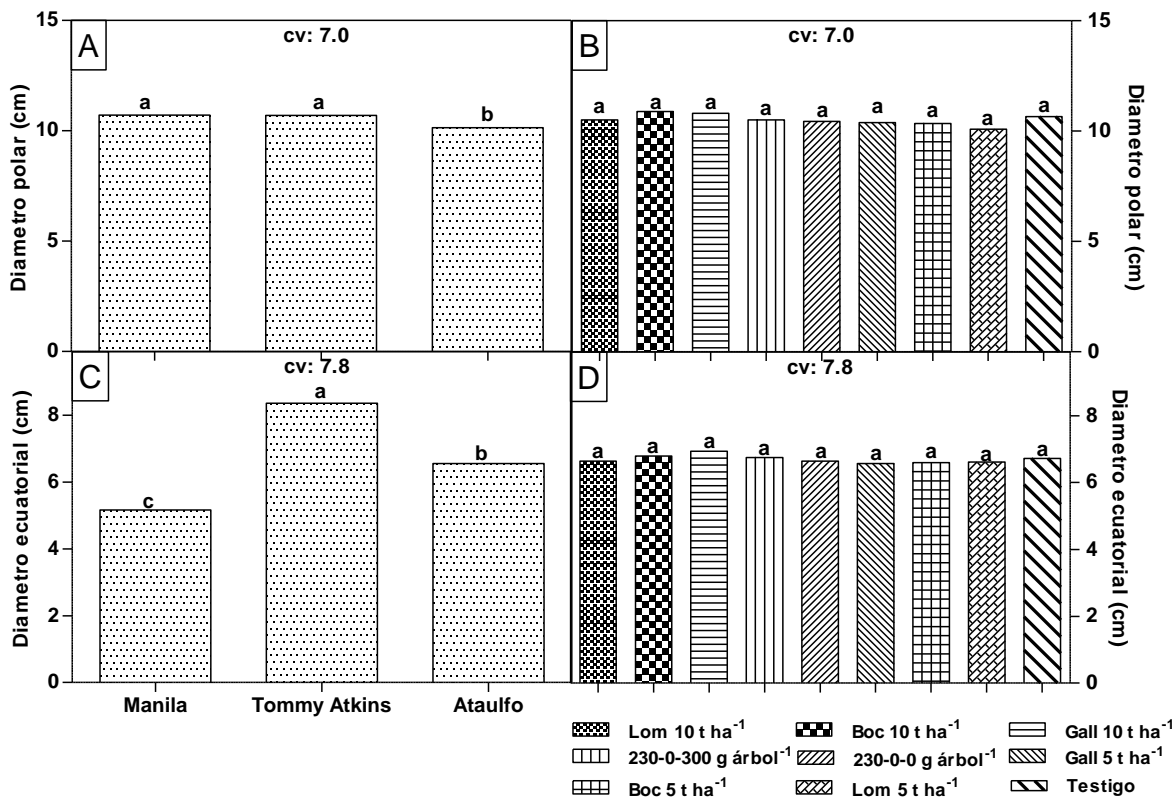


Figura 42. Dimensiones de frutos de tres cultivares de mango manejado con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Diámetro polar en cultivares; B) diámetro polar en las fuentes de fertilización; C) Diámetro ecuatorial en cultivares; D) diámetro ecuatorial en las fuentes de fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

4.6.2. Peso y pérdida de peso

El peso de frutos de 'Tommy Atkins' fue estadísticamente igual todas las fuentes de fertilización y el testigo (Figura A17), los pesos individuales fluctuaron en el rango de 424 a 543 g, coincidiendo con Carrera *et al.* (2007) y Mellado-Vázquez *et al.* (2012). De madurez fisiológica a la etapa de consumo los frutos expusieron pérdidas de peso entre 7.3% y 12.5%, aunque tampoco se apreció diferencias significativas en esta variable (Figura A17).

Para el 2011, el peso individual de los frutos en los cultivares fue estadísticamente diferente, 'Tommy Atkins' alcanzó los mayores, sobrepasando a 'Ataulfo', quien a su vez superó a 'Manila' (Figura 43 A), la diferencia en el peso de los frutos se debe a las características propias del cultivar, ya que diversos trabajos reportan en 'Tommy Atkins' pesos que se mantienen en el rango de 400 g a 507 g (Carrera *et al.*, 2007; Rincón *et al.* 2008; Ramírez *et al.*, 2010), mientras que los pesos máximos reportados de 'Manila' y 'Ataulfo' son de 276 g y 343 g (Pérez-Barraza, 2011; Rebolledo-Martínez *et al.*, 2008; Vázquez-Valdivia *et al.*, 2009), respectivamente.

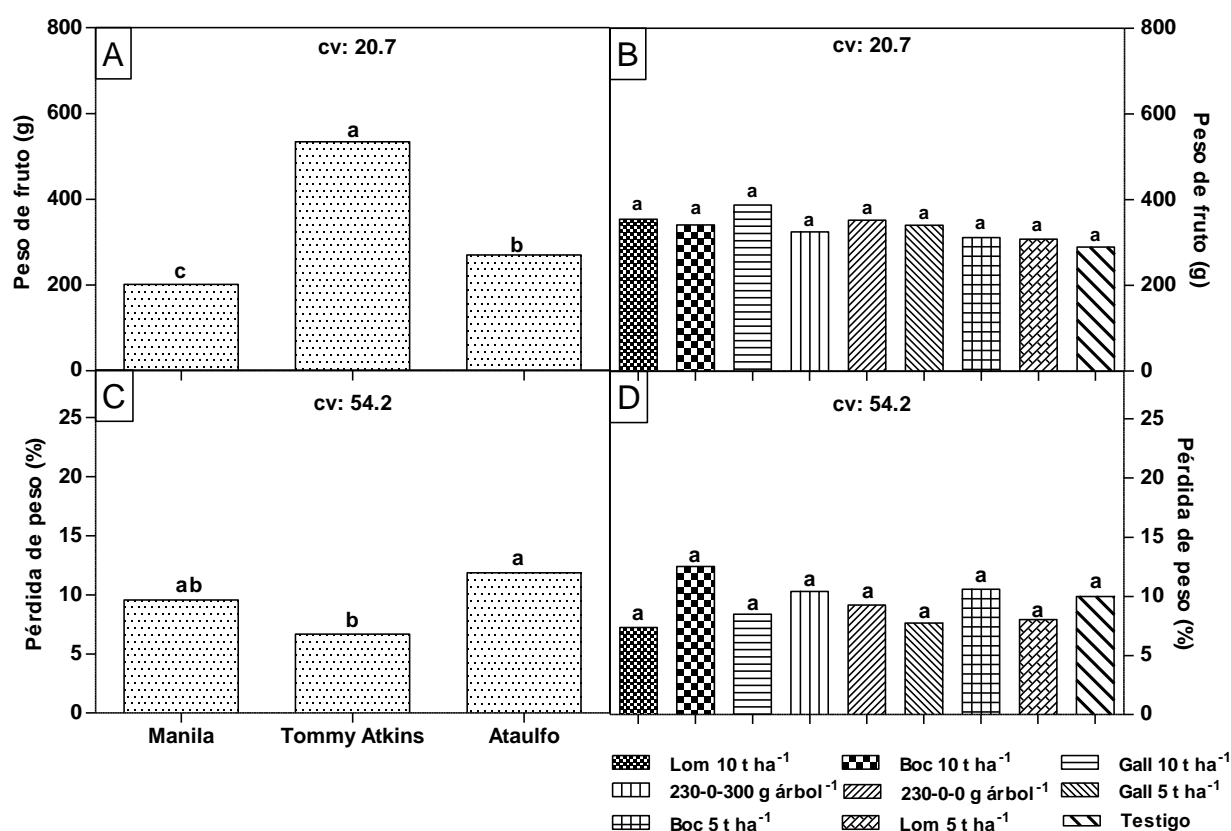


Figura 43. Peso y pérdida de peso de tres cultivares de mango, manejado con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Peso de frutos en cultivares; C) peso de frutos en las fuentes fertilización; A) pérdida de peso de frutos en cultivares; D) pérdida de peso de frutos en las fuentes de fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

Entre las fuentes de fertilización no se apreciaron diferencias significativas (Figura 43 B), situación que se asemeja a lo observado por Ahmed *et al.* (2001) en la variedad Anwar Ratoul, ya que al evaluar diferentes dosis minerales no apreciaron diferencias estadísticas con el tratamiento control.

En pérdida de peso se apreció que los cultivares de mango mostraron diferencias significativas, los porcentajes de 'Ataulfo' fueron estadísticamente iguales a los de 'Manila' y diferentes a los de 'Tommy Atkins' (Figura 43 C), los resultados se asemejan con lo reportado por Siller-Cepeda *et al.* (2009), quienes al comparar diferentes variedades de mango notaron que el 'Tommy Atkins' mostró un menor porcentaje de pérdida de peso que el cultivar monoembriónico 'Manila Rosa'. Entre fuentes de fertilización no se apreciaron diferencias estadísticas significativas respecto al testigo (Figura 43 D). La igualdad estadística entre fuentes de fertilización indican que la pérdida de peso no estuvo relacionado directamente con el contenido nutrimental del fruto, sino que pudo haber sido afectado por otros factores, posiblemente las condiciones de almacenamiento como temperatura y humedad relativa, tal como lo indican Acosta *et al.* (2003).

4.6.3. Sólidos solubles totales y acidez titulable

Respecto a la cantidad de sólidos solubles en frutos del cultivar Tommy Atkins, los resultados exhibieron igualdad estadística entre las fuentes de fertilización y el testigo (Figura 44 A).

El porcentaje de ácido málico en los frutos de 'Tommy Atkins' que se fertilizaron con lombricomposta a 5 t ha^{-1} se comportó estadísticamente igual a los fertilizados con bocashi (5 y 10 t ha^{-1}), gallinaza 10 t ha^{-1} , lombricomposta 10 t ha^{-1} y las dos dosis minerales, y fue diferente a los que se les aplicó gallinaza 5 t ha^{-1} (Figura 44 B). No se cuenta con referencias bibliográficas sobre trabajos en mango manejados con fertilizantes orgánicos para comparar los resultados, sin embargo, un trabajo realizado

por Romero-Gomezcaña *et al.* (2006) en el que realizaron aplicaciones foliares de calcio en mango 'Haden' no apreciaron diferencias significativas respecto al testigo.

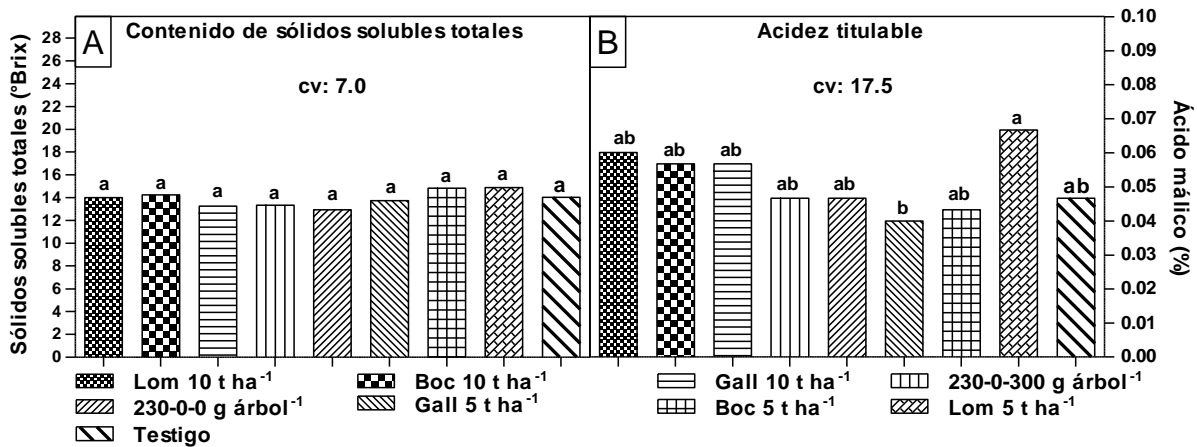


Figura 44. Contenido de sólidos solubles totales (A) y porcentaje de ácido málico (B) en frutos de mangos del cultivar Tommy Atkins en la etapa de madurez de consumo, correspondiente al ciclo de producción 2010. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

Para el ciclo de producción 2011, se midió el contenido de sólidos solubles totales en madurez fisiológica y madurez de consumo, en la primera medición se apreció que el 'Manila' supero estadísticamente a 'Tommy Atkins', quien a su vez sobrepaso a 'Ataulfo'; mientras que en la segunda medición el 'Manila' se mantuvo en el primer peldaño, seguido por 'Ataulfo' y 'Manila' (Figura 45 A). El efecto de las fuentes de fertilización salió a relucir únicamente en la etapa de madurez fisiológica, en donde la lombricomposta en dosis de 10 y 5 t ha⁻¹ exhibió estadísticamente menor °Brix que el bocashi a 5 t ha⁻¹ (Figura 45 B). El incremento de sólidos solubles totales se debió a los procesos metabólicos de los frutos, ya que el contenido de almidón de los frutos es transformado a azúcares simples, provocado principalmente por la respiración (Ruiz y Guadarrama, 1992). Esta tendencia concuerda con lo encontrado en frutos de 'Tommy Atkins' (Carrera *et al.*, 2009; Acosta *et al.*, 2003; Siller-Cepeda, 2009) y Kent (Osuna *et al.*, 2005). Mayores contenidos de SST en 'Manila' podría estar relacionada con la concentración de potasio, ya que (Lang, 1983) menciona que este elemento participa en la osmoregulación de las células y produce un efecto dominante en el potencial de

las membranas, lo cual determina la absorción de diferentes cationes, aniones y azúcares. En los frutos de 'Manila' se apreciaron las mayores concentraciones de potasio, lo cual pudo estar relacionado con el transporte de azúcares; sin embargo, en el factor fuentes de fertilización no se apreciaron variaciones significativas en la concentración de potasio en los frutos, por lo tanto las diferencias apreciadas en la madurez de consumo, se atribuye al grado de madurez que presentaban los frutos al momento de su evaluación, tal como lo indican (Bolívar *et al.*, 2009).

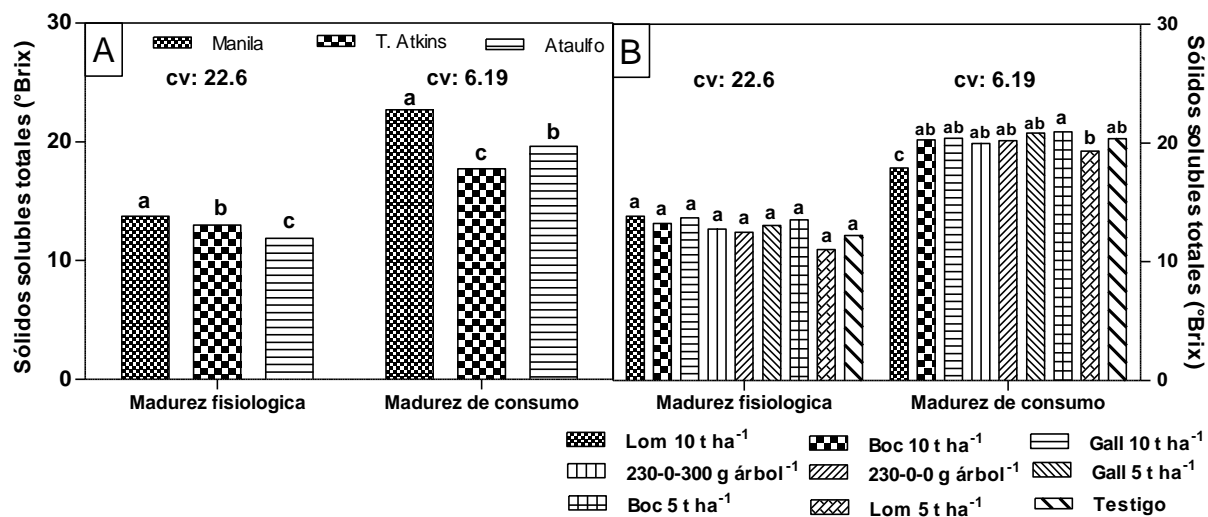


Figura 45. Contenido de sólidos solubles totales en frutos de tres cultivares de mango (A), manejados con diferentes fuentes de fertilización (B). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

Los resultados revelaron que el porcentaje de ácido málico variaron entre cultivares, 'Tommy Atkins' mostró estadísticamente mayor presencia de ácido en la pulpa respecto a 'Manila' y 'Ataulfo' (Figura 46 A). Entre fuentes de fertilización no se notó diferencias significativas respecto al testigo (Figura 46 B). Resultados similares fueron apreciados por Mellado (2012), solo que con porcentaje de ácido cítrico, ya que al evaluar la calidad poscosecha de 'Tommy Atkins' y 'Ataulfo', notó que el primero mostró mayor porcentaje de ácido que el segundo. Los porcentajes de 'Tommy Atkins' se encuentran por debajo de los reportes de Acosta *et al.* (2003) quienes encontraron

que 12 días posteriores a la cosecha, los frutos mostraron valores de 0.09% de ácido málico, mientras que en el presente estudio los valores máximos fueron de 0.03%.

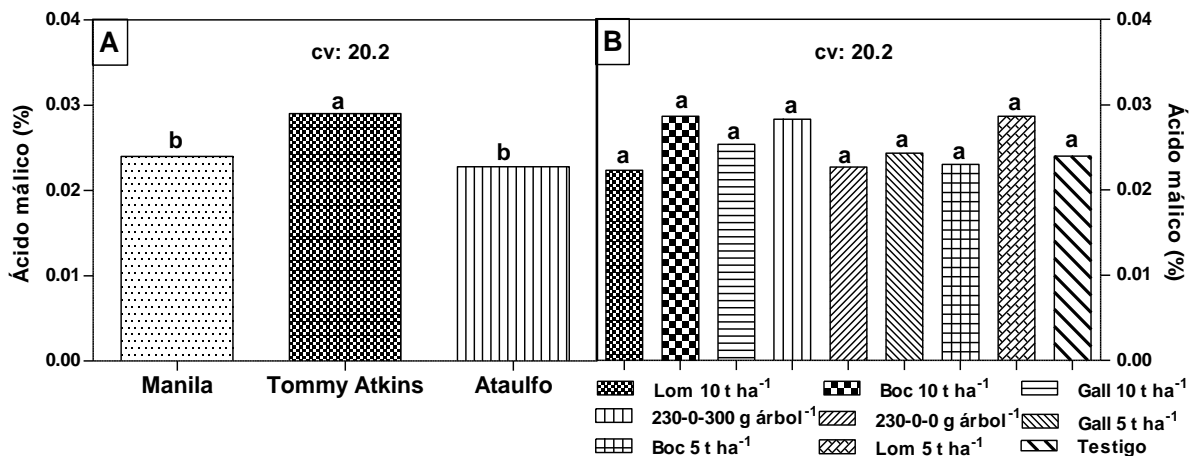


Figura 46. Contenido de ácido málico en frutos de tres cultivares de mango (A), manejado con diferentes fuentes de fertilización (B). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

4.6.4. Color del epicarpio

En 2010, el color de la cáscara de los frutos de 'Tommy Atkins' en madurez fisiológica, mostraron diferencias estadísticas significativas, el ángulo de matiz ($^{\circ}$ Hue) de los frutos provenientes de árboles fertilizados con la dosis mineral 230-0-0 g de NPK árbol⁻¹ fue estadísticamente similar a lombricomposta y gallinaza en dosis de 10 y 5 t ha⁻¹, bocashi 10 t ha⁻¹, la dosis mineral 230-0-300 g de NPK árbol⁻¹ y el testigo, y diferentes al $^{\circ}$ Hue de los frutos provenientes de árboles que se fertilizaron con bocashi en dosis de 5 t ha⁻¹. Los matices del epicarpio de fruto corresponden en el grado de madurez fisiológica correspondió a una mezcla de tonalidades verde claro-amarillo-anaranjado-rojo. Los cuales cambiaron cuando el fruto alcanzó el grado de consumo, en la cual no se apreció diferencias estadísticas significativas, las tonalidades cambiaron a una mezcla de colores anaranjado-rojo (Figura 47 A). El comportamiento en los valores de $^{\circ}$ Hue se asemejan a los reportes de Salvador-Figueroa *et al.* (2011). Respecto al índice de saturación, se apreció un incremento en los valores de croma,

sin embargo, no se notó diferencias estadísticas significativas ente las fuentes de fertilización y el testigo (Figura 47 B).

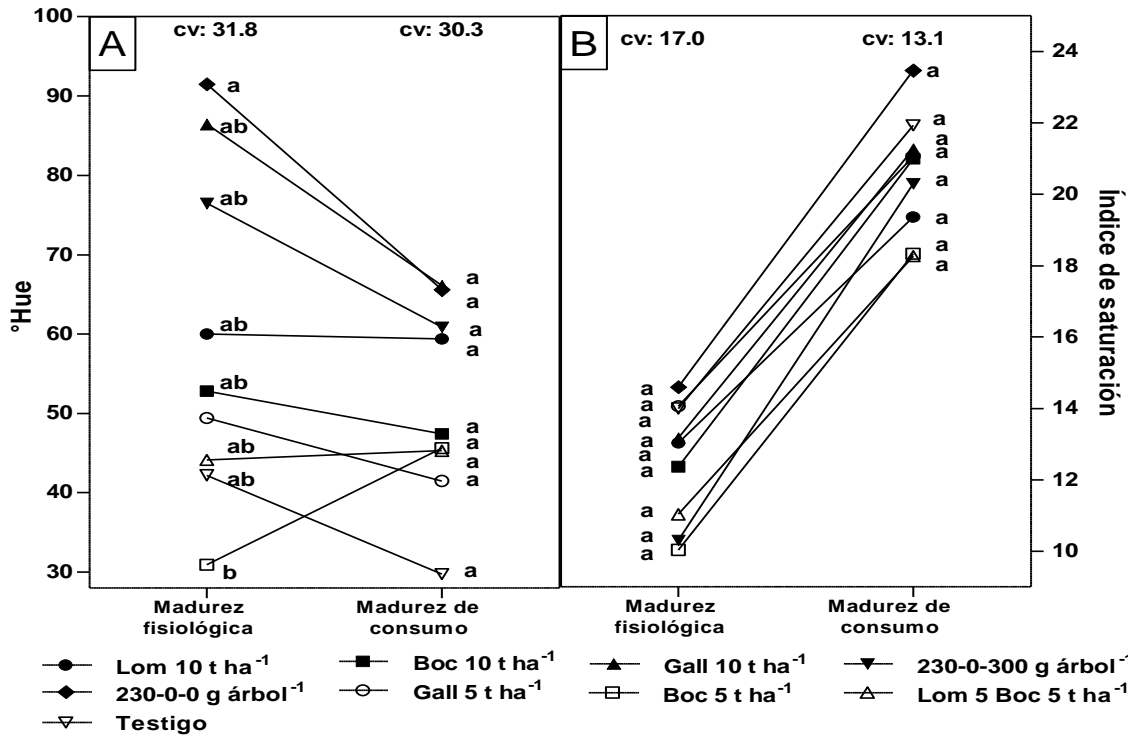


Figura 47. Color del fruto: Angulo hue (A) e índice de saturación (B) en la cáscara de frutos de mango del cultivar Tommy Atkins, en el ciclo de producción 2010. Medias con la misma letra, por grado de madurez, son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

En el 2011, se apreciaron diferencias en el color de frutos de los tres cultivares de mango, en la etapa de madurez fisiológica y madurez de consumo se apreció el mismo comportamiento estadístico, el ‘Manila’ exhibió los valores más altos de °Hue, seguido por el ‘Ataulfo’ y finalmente el ‘Tommy Atkins’ (Figura 48 A). Mientras que el índice de saturación, fue ‘Ataulfo’ quien alcanzó los valores más altos, seguido por ‘Manila’ y ‘Tommy Atkins’ (Figura 48 B). Los resultados indican que en madurez fisiológica, el matiz de la cáscara de ‘Manila’ fue verde oscuro, mientras que ‘Ataulfo’ que una tonalidad verde claro, en tanto que el ‘Tommy Atkins’ mostró una mezcla de colores amarillo-rojo-anaranjado-rosado; las tonalidades de los frutos se tornaron

diferentes en madurez de consumo, el ‘Manila’ adquirió una tonalidad verde-amarillo, el ‘Ataulfo’ cambio a amarillo-anaranjado’, mientras que ‘Tommy Atkins’ cambió a una coloración anaranjado-rojo; en los tres cultivares se apreció menos mezcolanza en los colores, diferente a lo sucedido en madurez de consumo. El ángulo de matiz de ‘Tommy Atkins’ en madurez fisiológica se mantuvo por debajo de lo reportado por Siller-Cepeda *et al.* (2009) y Osuna-Enciso *et al.* (2012), en tanto que, los de ‘Ataulfo’ fueron similares en madurez fisiológica y ligeramente inferior en madurez de consumo, con los reportado por Salvador-Figueroa (2009).

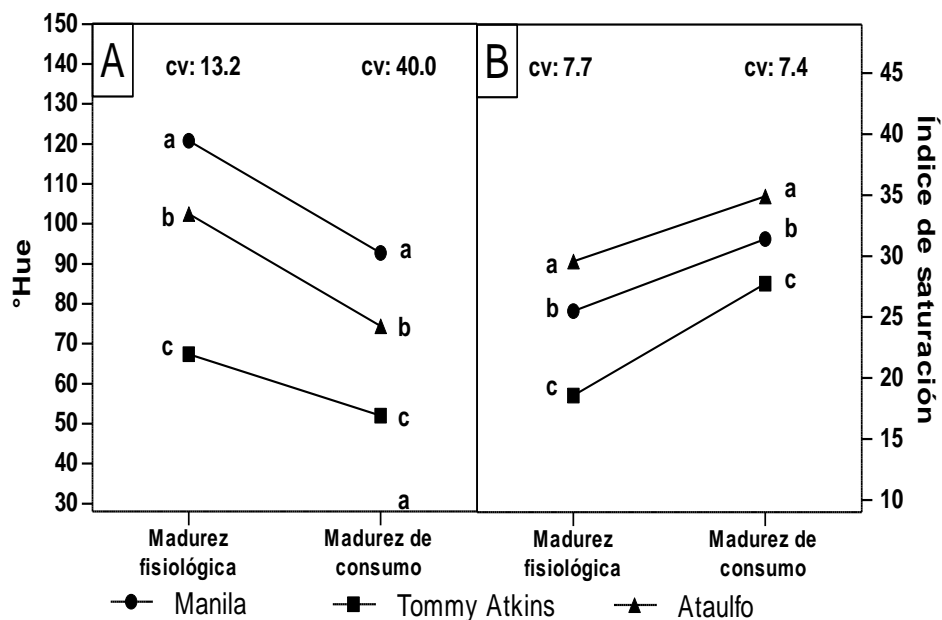


Figura 48. Color del fruto: Angulo hue (A) e índice de saturación (B) en la cáscara de frutos de tres cultivares de mango, en el ciclo de producción 2011. Medias con la misma letra, por grado de madurez, son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

4.6.5. Firmeza

En el ciclo de producción 2010, en los frutos de ‘Tommy Atkins’ se apreció un descenso en la firmeza de madurez fisiológica a madurez de consumo, sin embargo, no hubo diferencias significativas entre las fuentes de fertilización y el testigo (Figura A18).

Para el 2011, pudo apreciarse diferencias estadísticas en la firmeza de los frutos, durante la madurez fisiológica los cultivares Tommy Atkins y Ataulfo mostraron mayor firmeza al soportar presiones de 18.3 kg cm² y 20.8 kg cm², respectivamente. La situación en el estado de consumo, indicó que 'Tommy Atkins' mantuvo la superioridad sobre 'Ataulfo' y 'Manila', quienes presentaron las menores firmezas (Figura 49 A). Entre fuentes de fertilización únicamente pudo notarse diferencia estadística durante la madurez de consumo, siendo el bocashi en 5 t ha⁻¹ y la gallinaza a 5 y 10 t ha⁻¹ los que exhibieron menor firmeza (Figura 49 B). La pérdida de peso es un proceso natural en la maduración de los frutos, en donde el fruto pierde líquidos debido a la transpiración; al respecto, Wakabayashi (2000) menciona que en el fruto ocurre diversos procesos bioquímicos que cambian la estructura celular del fruto, dado principalmente la degradación de polímeros de una gran cantidad de enzimas hidrolíticas.

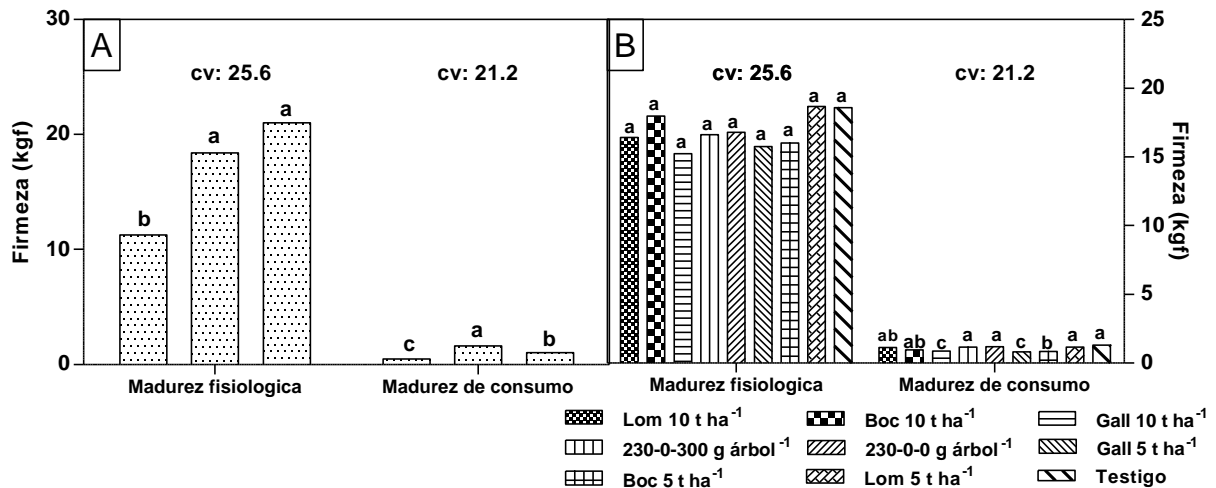


Figura 49. Firmeza de frutos de tres cultivares de mango, en dos etapas de maduración, manejados con diferentes fuentes de fertilización y correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Firmeza en cultivares; B) firmeza en las fuentes de fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

El Ca en el fruto se asocia con participación en la formación estructural, ya que participa en la formación de la pared celular y es indispensable para el crecimiento y expansión de frutos (Ríos y Corella, 1999), sin embargo al no existir diferencias

significativas del calcio en fruto, se presume que las diferencias en la firmeza del fruto en los dos estados de maduración puede estar relacionadas con el grado de maduración en la que estaban los frutos al momento de su evaluación. Los valores de 'Tommy Atkins' firmeza en madurez fisiológica de los tres cultivares se encuentran por debajo de lo apreciado por Osuna-Enciso *et al.* (2012), quienes reportan en valores mínimos de 100 (kgf); los valores de 'Ataulfo' en madurez fisiológica se encuentran ligeramente por arriba de lo indicado por Osuna *et al.* (2002), en tanto que los de 'Manila' en madurez de consumo son similares a los reportado por Rebolledo-Martínez *et al.* (2008).

4.6.6. Relación cáscara-semilla-pulpa

En el 2010, los frutos del cultivar Tommy Atkins mostraron que la semilla equivale de un 7.7 % a 7.9 % del total del fruto, porcentajes relativamente similares fueron expuestas por la semilla (8.0 % a 9.2 %), siendo la pulpa el que ocupa la mayor proporción del fruto con promedios que fluctúan entre 76.7 % a 83.6 %; no obstante, no se manifestó diferencias significativas de las fuentes de fertilización respecto al testigo (Figura A19), la distribución de los componentes es similar a con los estudios realizados por Siller-Cepeda *et al.* (2009).

En el 2011, los análisis estadísticos expusieron diferencias en proporción de las diferentes partes del fruto, el porcentaje de cáscara fue en el orden Manila>Ataulfo>Tommy Atkins, con valores de 14.4 %, 12,6 % y 9.0 %, respectivamente (Figura 50 A). En pulpa el panorama cambió completamente, ya que en este caso el mayor porcentaje de pulpa fue observada en 'Tommy Atkins', seguido de 'Ataulfo' y al final el 'Manila' (Figura 50 B), mientras que en semilla, fue el cultivar Manila quien mostró estadísticamente los porcentajes más altos (Figura 50 C). Estos parámetros evidencian mayor proporción de pulpa para el 'Tommy Atkins', lo cual significa mayor aprovechamiento de dicho componente. Los resultados coinciden con Siller-Cepeda *et al.* (2009), quienes al estudiar la calidad del frutos de diferentes cultivares de mango, notaron diferencias significativas en los diferentes componentes

del fruto; en el presente estudio los se apreció que la proporción de los componentes en los tres cultivares fue de la siguiente manera: pulpa>cáscara>semilla, lo cual también coincide con los resultados obtenidos por los autores antes mencionados.

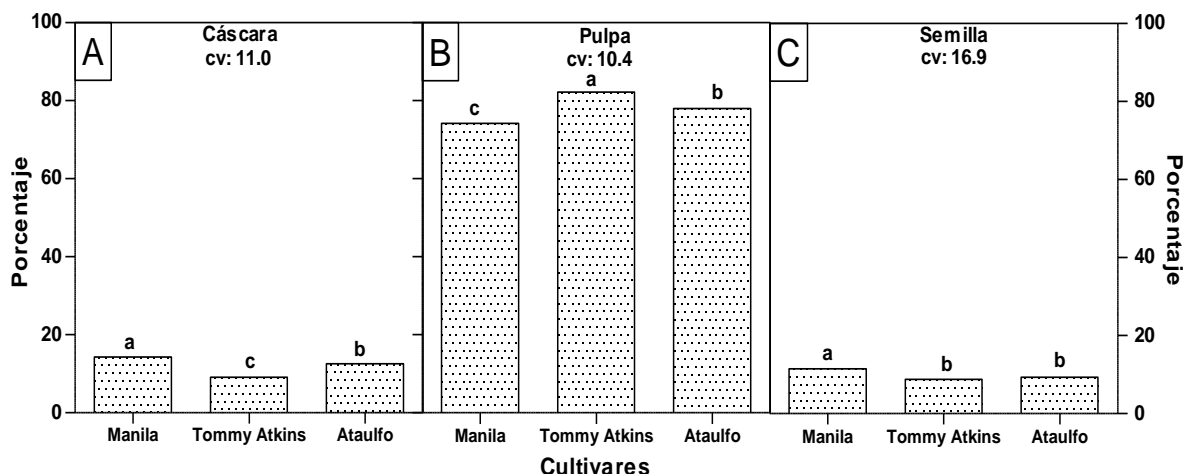


Figura 50. Relación cáscara-semilla-pulpa en frutos de tres cultivares de mango, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) % Cáscara; B) % pulpa; c) % semilla. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

Respecto a las fuentes de fertilización, únicamente se apreció diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de pulpa, en donde los fertilizantes, lombricomposta, bocashi y gallinaza en dosis de 10 t ha^{-1} , fueron estadísticamente iguales a las dos dosis minerales, bocashi y lombricomposta en dosis de 5 t ha^{-1} y estadísticamente a la gallinaza a 5 t ha^{-1} y al testigo (Figura 51 A, 51 B y 51 C). Al igual que con el factor variedad, la proporción de los componentes en las diferentes fuentes de fertilización y testigo fue: pulpa>cáscara>semilla coincidiendo con Siller-Cepeda *et al.* (2009).

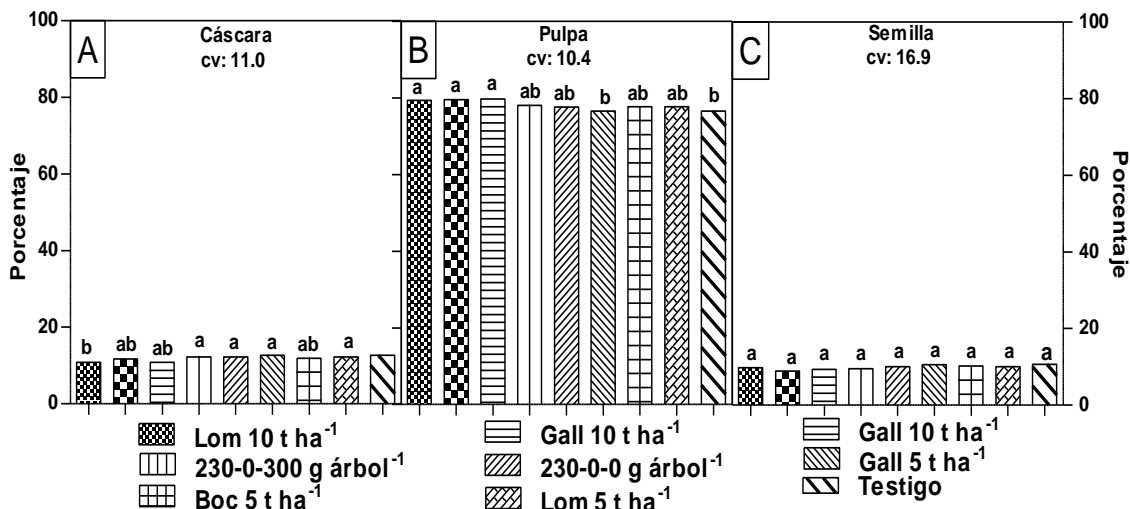


Figura 51. Relación cáscara-semilla-pulpa de frutos de mango, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Cáscara; B) pulpa; c) semilla. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

V. CONCLUSIONES

1. La fertilización orgánica influyó en los contenidos edáficos de nitrógeno, potasio, calcio, cobre y Zinc.
2. La fertilización orgánica influyó en la floración y rendimiento de frutos, en ambos casos el bocashi y gallinaza (10 t ha^{-1}) igualaron al efecto de los fertilizantes minerales. En calidad de frutos las fuentes orgánicas influyeron en el contenido de ácido málico, contenido de sólidos solubles totales, °Hue, firmeza y % de cáscara y % de pulpa y fue el bocashi a 10 t ha^{-1} la que se mantuvo constante, igualando a las dos fuentes minerales.
3. La aplicación de las fuentes orgánicas influyó en el contenido nutrimental de las hojas, el bocashi en 10 y 5 t ha^{-1} , junto con gallinaza a 10 t ha^{-1} , igualó estadísticamente a la dosis mineral $230-0-300 \text{ g de NPK árbol}^{-1}$ en el contenido de N, K, Ca, Mg, Fe y Cu. En frutos, los fertilizantes orgánicos únicamente

superaron a las dosis minerales en el contenido de Zn en semilla, Fe en cáscara y fueron superados en el contenido de Fe en la pulpa, en el resto de elementos nutrimentales se comportaron iguales fertilizantes orgánicos y minerales.

4. Debido a que los fertilizantes orgánicos igualaron a las dosis minerales en las concentraciones nutrimentales: Edáfica, foliar y frutos, así como en rendimiento y calidad de frutos, se recomiendan para sustituir a la nutrición mineral en el cultivo de mango, con la ventaja que se disminuye la entrada de insumos sintéticos al suelo.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguilera G., L. I., V. Olalde P., M. R. Arriaga, y R. Contreras A. 2007-2008 Micorrizas Arbusculares. *Ciencia Ergo Sum* 14: 300-306.
- Aguirre, P. S., Carreón A. Y. Varela, F. L. 2009. Impacto de la materia orgánica en huertos convencionales y huertos orgánicos de aguacate, sobre la biodiversidad de hongos micorrizógenos arbusculares. *Biológicas* 11: 112-121.
- Alarcón, A., y R. Ferrera C. 1999. Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas. *TERRA Latinoamericana* 17: 179-191.
- Ahmed, S., Jilani, M. S., Ghaffoor, A., Wasseem Kashiff and Saif-ur-Rehman. 2001. Effect of different levels of N. P. K. fertilizer in the yield and quality of mango (*Mangifera indica* L.) *Online Journal of Biology Sciences* 1(4): 256-258.
- A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washinton D.C.
- Avilán, R. L. 1974. Cuatro años de fertilización en mango (*Mangifera indica* L.) en suelos de la serie Maracay. *Agronomía Tropical* 24(2): 97-106.
- Avilán, R. L., Chauran, O. y Figueroa, M. 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. *Agronomía Tropical* 28(1): 2-18.
- Avilán, R. L., y C. Rengifo. 1992. El cultivo del manguero en Venezuela III. Fertilización. FONAIAP DIVULGA Núm. 40.

- Avilán, L. Emaldi, U., Soto, E., Radríguez, M. y Ruiz, J. 2003. Evaluación de cultivares “criollos” de mango. *Agronomía Tropical* 53(2): 119-131.
- Azhar, N., Ashraf, M. Y., Shirazi, M. U., Khan, M. A., Pervez M. A. and Ahmad, S. 2007. Studies on soil and plant micronutrients relationship of mango orchards in Hyderabad district of Pakistan. *Proceedings: International Symposium on Prospects of Horticultural Industry in Pakistan*. 28 to 30, march, 2007. Pp. 120-125.
- Benitez-Pardo, D., M. Hernández-Montoya, T. Osuna-Enciso, M. Valenzuela-López, y B. Galván-Piña. 2003. Muestreo y análisis foliar relacionados con fenología en mango en el sur de Sinaloa, México. *Terra Latinoamericana* 21: 273-283.
- Bolivar, K., M. E. Sanabria, D. Rodríguez, D. Ulacio, M. de Camacaro, L. Cumana y O. Crescente. 2009. Calidad poscosecha en frutos de mango (*Mangifera indica* L.) inoculados con *Colletotrichum gloeosporioides* y tratados con extractos vegetales. *Revista UDO Agrícola* 9(1):41-50.
- Bonfante-Fassolo, P and Perotto, S. 1995. Plants and edomycorrhizal fungi: the cellular and molecular basis of their interaction. En: *Molecular signal in plant-microbe communications*. Eds. Verma, D. P. CRC press Boca Raton. Pp. 45-70.
- Cabrera, G., y G. Crespo. 2001. Influencia de la biota edáfica en la fertilidad de los suelos en ecosistemas de pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 35 (1): 3-9.
- Carrera, A., D. Mark y R. Gil. 2007. Algunas características físicas y químicas de frutos de cinco variedades de mango en condiciones de sabana del estado de Monagas. *Agronomía Tropical* 58(1):27-30.
- Carrera, A., D. R. Gil y Mark. 2009. Comportamiento poscosecha de cinco cultivares de mango tratados con CO₂ y almacenados bajo condiciones naturales, en la Estación Experimental de INIA Caripe, estado Monagas. *Revista UDO Agrícola* 9(1):51-59.
- Castro-López, M. G., Salazar-García, S., Gonzales-Duran, I. J. L., Medina-Torres, R. y Gonzales-Valdivia, J. 2012. Evolución nutrimental foliar en tres cultivares de mango en Nayarit, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(4): 685-700.
- Chadha, K. L., J. S. Samra, and R. S. Thakur. 1980. Standarization of leaf-sampling thechnique for mineral composition of leaves of mango cultivar ‘Chausa’. *Scientia Horticulturae* 13: 323-329.
- CICO-CORPEI. 2008. Mango y elaborados. Centro de Inteligencia Comercial e Información, CORPEI Ecuador Exporta. 12 p.

- Clapp, J. P., J. P. W. Young, J. W. Merryweather and A. H. Fitter. 1995. Diversity of fungal symbionts in arbuscular mycorrhizae from a natural community. *New Phytol* 87:259-265.
- Corrales G. I., López, L. P. y Guerra, G. A. 2000. Uso de la gallinaza y fertilizante mineral en el guayabo (*Psidium guajaba* L.). *Centro Agrícola* 4: 46-56.
- Corrales, G. I., M. González, y P. López, L. 2003. Respuesta del mango (*Mangifera indica* L.) a las aplicaciones de humus de lombriz con fertilizante mineral. *Centro Agrícola*, Num. 3, año 30, jul-sep., p. 45-50.
- Cruzaley S., R., R. Ariza F., D. H. Noriega C., M. Solis M., y N. Alarcón C. 2003. Mejoramiento nutrimental en hoja y fruto de mango Ataulfo para exportación en Guerrero. En: X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, IX Congreso Nacional y II Internacional de Horticultura Ornamental.
- Cubero D. y M. J. Vieira. 1999. Abonos orgánicos y fertilizantes químicos ¿Son compatibles con la agricultura? XI Congreso Nacional Agronómico/ III Congreso Nacional de Suelos. p 61-67.
- Da Costa, P. P. A., L. E. Días; V. H. Álvarez V.; M. M. Choudhury y G. Vieira. 2009. Avaliação de estado nutricional da mangueira Tommy Atkins no submédio do vale do rio São Francisco: estabelecimento das normas DRIS. *Recursos Rurais* 5:5-13.
- De Assis. J. S., Silva, D. J., Dantas, de M. P. L. 2004. Equilíbrio nutricional e distúrbios fisiológicos em manga 'Tommy Atkins'. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal* 22: 86-90.
- De Medeiros, A. A.; J. R. Araujo de A.; D. José S.; F. Xavier G.; A. Gurgel G. y J. Araujo D. 2005. Composição mineral de folhas e exportação de nutrientes pelos frutos de mangueira, em cultivo irrigado, no rio grande do norte. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 30. 13 p.
- El-Motty, E. Z. A., Shahin, M. F. M., El-Shiekh, M. H. and Abd-El-Migeed, M. M. M. 2010. Effect of algae extract and yeast application on growth, nutritional status, yield and fruit quality of Keitte mango trees. *Agriculture and Biology Journal of North America* 1(3): 421-429.
- Escamilla, G. J. L.; C. Saucedo V.; M. T. Martínez D.; A. Martínez G.; P. Sanchez G. y R. M. Soto H. 2003. Fertilización orgánica, mineral y foliar sobre el desarrollo y la producción de papaya cv. Maradol. *Terra Latinoamericana* 21:157-166.
- Fallas R., F. Berstch, E. Miranda, y C. Enríquez. 2010. Análisis de crecimiento y absorción de frutos de mango, cultivares Tommy Atkins y Keith. *Agronomía Costarricense* 34: 1-15.

- Félix-Herran, J. A., R. R. Sañudo-Torres, G. E. Rojo-Martínez, R. Martínez-Ruiz, y R. V. Olalde-Portugal. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai* 4: 57-67.
- Fernandes F. M. y V. M. do Nascimento. 2004. Fertilidade do solo e nutrição da mangueira. In: Rozane, D. E.; J. R. Darezzo; R. L. Aguiar; G. H. A. Aguiar y L. Zambolim. *Manga: produção integrada, industrialização e comercialização*. Viçosa: UFV. pp. 179-198.
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2009. Recomendaciones prácticas para la fertilización del cultivo de mango. Hoja técnica. FHIA-La Lima, Cortés, Honduras, C. A. N° 3.
- Financiera Rural. 2010a. Monografía del mango. URL: [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADa%20mango%20\(oct%2010\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADa%20mango%20(oct%2010).pdf). Fecha de consulta 20 de junio de 2012.
- Financiera Rural. 2010b. Monografía de la agricultura orgánica. [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADa%20Agricultura%20Organica%20\(oct%2010\)%20vf.pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADa%20Agricultura%20Organica%20(oct%2010)%20vf.pdf). Fecha de consulta 21 de junio de 2012.
- Garret, L. 2004. Mango sostenible fruta fresca. Perfil de mercado. Centro de Inteligencia sobre Mercados Sostenibles (CIMS). Alajuela, Costa Rica.
- Gehrke, V. M. R. 2008. Reflexiones sobre problemas de biología reproductiva del mango Ataulfo en el Soconusco, Chiapas. *Tecnología en Marcha* 21(1): 174-183.
- Gerdemann, J.W. and T.H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Brit. Myc. Soc.* 46: 235-244.
- Gómez C., M. A., R. Schwentesius R., M. del R. Meraz, A., A. J. Lobato G., y L. Gómez. T. 2005. Agricultura, Apicultura y Ganadería Orgánicas de México-2005 Situación-retos-tendencias. Universidad Autónoma Chapingo. CIESTAAM. México. P 68.
- Gutiérrez, A. J. G., Gutiérrez, A. O., Nieto, A. D., Téliz, O. D., Zavaleta, M. E., Delgadillo, S. F. y Vaquera, H. H. 2003. Evaluación *in vitro* de agentes biológicos y físicos para el control de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Penz y Sacc. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21(2): 199-206.
- Guzmán-Gonzales, S., y J. Farías-Larios. 2005. Biología y regulación molecular de la micorriza arbuscular. *Avances en Investigación Agropecuaria* 9:17-31.
- Guzmán E., C., S. Alcalde B., R. Mosqueda V., y A. Martínez G. 1996. Concentración y extracción de algunos nutrimentos por el fruto de mango cv. Manila. *Agronomía Tropical* 46: 431-446.

- Guzmán, E. C., Alcalde, B. H. S., Mosqueda, V. R. y Martínez, G. A. 1998. Variación del contenido foliar de Ca, Mg y micronutrientes en mango cv. Manila. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 24: 41-58.
- Hasan, A., and M. N. Khan. 2005. Status of arbuscular mycorrhiza in mango in six districts of Uttar Pradesh. Mycorrhiza News 16: 16-18.
- Hernández-Valencia, I., López, A. Y. y López-Hernández, D. 1999. Cambios en los contenidos nutricionales en suelos arenosos de sabanas del Amazonas bajo fertilización orgánica prolongada. Ecotropicos 12 (1): 9-14.
- Honrubia, M. 2009. Las micorrizas: una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años. Anales del Jardín Botánico de Madrid 66S1: 133-144.
- Huerta-Palacios, G., F. Holguín-Meléndez, F. A. Benítez-Camilo y J. Toledo-Arreola. 2009. Epidemiología de la antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Penz. And Sacc.] en mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ataulfo en el Soconusco, Chiapas, México. Revista Mexicana de Fitopatología 27(2): 93-105.
- Jaizme-Vega, M. C., y A. S. Rodríguez-Romero. 2008. Integración de microorganismos benéficos (hongos micorrízicos y bacterias rizosféricas) en agroecosistemas de las Islas Canarias. Agroecología 3: 33-39.
- Jones, J. B., Wolfe, B., Mills, H. A. 1991. Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Micro-Macro. Publishing Georgia. 213 p.
- Julca-Otiliano, A., L. Meneses-Froilán, R. Blas-Sevillano, y S. Bello-Amez. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. IDESIA (Chile) 24: 49-61.
- Laborem E., G., L. Avilán R., y M. Figueroa. 1979. Extracción de nutrientes por una cosecha de mango (*Mangifera indica* L.). Agronomía Tropical 29: 3-15.
- Lang, A. 1983. Turgor-related translocation. Plant Cell Environ. 6:683-689.
- Lee, P. J. and R. E. Koske. 1994. Gigaspora gigantea: seasonal abundance and ageing of spores in a sand dune. Mycol. Res. 98:353-357.
- López, C. L. 1993. Exposición a plaguicidas organofosforados. Perspectivas en Salud Pública N°. 18. México: Instituto Nacional de Salud Pública.
- Madeiras, A. A., J. R. A. Amorim, D. J. Silva, J. A. Dantas, and A. G. Guerra. 2004. Mineral composition of leaves and fruits of irrigated mango trees in Rio Grande do Norte State, Brazil. Acta Horticulturae 645: 403-408.

- Martínez F., J. L., Tijerina C., L., Arteaga R., R., Vásquez P., M. A., Becerril-Román A. E. 2007. Determinación de zonas agroclimáticas para la producción de mango (*Mangifera indica* L. "Manila") en Veracruz, México. Investigaciones geográficas. Boletín 63: 17-35.
- Mellado, V. A. 2012. Composición y remoción de nutrimentos y calidad del fruto de mango (*Mangifera indica* L.) en diferentes ambientes. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 102 p.
- Mellado-Vázquez, A., Salazar-García, S., Treviño-de la Fuente, C. A., Gonzales-Duranl. J. L. y López-Jiménez, A. 2012. Composición y remoción nutrimental de frutos de mango 'Haden' y 'Tommy Atkins' bajo producción forzada. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(5): 925-941.
- Montaño A., N. M., S. L. Camargo R., R. García S., y A. Monroy A. 2007. Micorrizas arbusculares en ecosistemas áridos y semiáridos. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, Mundi-Prensa SA de CV, UAM Iztapalapa, FES Zaragoza, UNAM. Distrito Federal, México. 460 pp.
- Morales, V. D. y Rivas, S. J. 2004. Uso eficiente de la fertilizaron y su efecto sobre el rendimiento del mango (*Mangifera indica* L.) en el municipio de Mara del estado Zulia. Rev. Frac. Agron. 21 (1): 237-243.
- Moreno, D. R. 1978. Clasificación del pH del suelo, contenido de sales y nutrimentos asimilables. INIA-SARH. México, D. F. 22 p.
- Moyin-Jesu, la I. E, and C. O. Adeufon. 2008. Comparative evaluation of different organic fertilizer on the soil fertility, leaf nimeral composition, and growth performance of mango seedlings (*Mangifera indica* L.). Emir. J. Food Agric. 2008. 20: 18-30.
- Nicholls, C. I. y M. A. Altieri. 2008. Suelos saludables, plantas saludables: la evidencia agroecológica. LEISA Revista de Agroecología. Septiembre 2008: 6-8.
- Nivia, E. 2000. Mujeres y plaguicidas una mirada a la situación actual, tendencias y riesgos de los plaguicidas. ©RAPALMIRA. 109 p.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización Panamericana de la Salud (OPS), Centro Panamericano de Ecología, Humana y Salud. 1990. Serie Vigilancia 9. Plaguicidas organoclorados. México: OMS/OPS, 1990.
- Orozco, R. R y Muñoz, H. R. 2011. Efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de la mora (*Rubus adenotrichus*) en dos zonas agroecológicas de Costa Rica. Tecnología en Marcha 25 (1): 16-31.

- Orozco, M. y Thienhaus, S. 1997. Efecto de la gallinaza en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L) en desarrollo. *Agronomía Mesoamericana* 8(1): 81-92.
- Osuna-Enciso, T., E. M. Egleman, A. E. Becerril-Román, R. Mosqueda-Vázquez, M. Soto-Hernández y A. Castillo-Morales. 2000. Iniciación y diferenciación en mango 'Manila'. *Agrociencia* 34(5): 573-581.
- Paleo, S. A., C. Abud Y., y V. Fregoso L. 2009. Impacto de la materia orgánica en huertos convencionales y huertos orgánicos de aguacate, sobre la diversidad de hongos micorrizógenos arbusculares. *Biológicas* 11:112-121.
- Peña T., E., M. Carrión R., F. Martínez, A. Rodríguez N., y N. Companioni C. 2002. Manual para la producción de abonos orgánicos en agricultura urbana. INIFAT-Grupo Nacional de Agricultura Urbana, La Habana, Cuba. 63 p.
- Pérez-Barraza, M. H., J. Osuna-García, R. Sánchez-Lucio y V. Vázquez-Valdivia. 2011. El paclobutrazol como promotor de la floración en mango 'Manila', aun sin condiciones ambientales inductivas. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(2):47-52.
- Pérez-Barraza, M. H., V. Vázquez-Valdivia, J. Osuna-García y M. A. Urías-López. 2009. Incremento del amarre y tamaño de frutos partenocarpicos en mango 'Ataulfo' con reguladores de crecimiento. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(2):183-188.
- Phillips, J. M. and Hayman D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mychorrizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55: 158-160.
- Poncher S., R. Rojas y E. Bordermiza. 1993. I. macronutrientes. *Agronomía Costarricense* 17: 21-30.
- Ramírez, J. A y Lascaña, M. 2001. Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Arch Prev Riesgos Labor* 4(2): 67-75.
- Ramírez, M. R., O. Quijada, G. Cástellano, M. E. Burgos, R. Camacho y C. Marin R. 2010. Características físicas y químicas de frutos de trece cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) en el municipio de Mara en la planicie de Maracaibo. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 10(2):65-72.
- Ramón, V. A. y Rodas, F. 2007. El control orgánico de las plagas y enfermedades de los cultivos y la fertilización natural del suelo. Guía práctica para los campesinos del bosque seco. *Naturaleza & Cultura Internacional*, DarwiNet, Groenhart vzw.
- RAP-AL (Ren de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina) Uruguay. 2009. Apicultura y agrotóxicos: otra coexistencia imposible. 13 p.

- Read, D. J. and J. Perez-Moreno 2003. Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystem—a journey towards relevance. *New Phytologist* 157: 657-666.
- Rebolledo-Martínez, A., A. L. Del Angel-Pérez and J. Rey M. 2008. Effects of paclobutrazol and KNO₃ over flowering and fruit quality in two cultivars of mango Manila. *Interciencia* 33(7):518-522.
- Reddy, B., and D. J. Bagyaraj. 1994. Selection of efficient vesicular mycorrhizal fungi for inoculation the mango rootstock cultivar 'Nekkare'. *Scientia Horticulturae* 59: 69-73.
- Reddy, Y. T. N., Kurian, R. M., Sujatha, N. T. and Srinivas, M. 2001. Leaf and soil nutrients status of mango (*Mangifera indica* L.) grown in peninsular India and their relationship with yield. *Journal Applied Horticulturae* 3(2): 78-81.
- Rincón, A., E. Montilla y L. Valverde. 2008. Evaluación de dieciséis (16) cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) en los llanos venezolanos. *Agricultura Andina* 15: 3-14.
- Ríos, R. y Corella, F. 1999. Manejo de la nutrición y fertilización del mango en Costa Rica. En: Congreso Nacional Agronómico/III Congreso Nacional de Suelos. Pp. 277-290.
- Robinson, J. B. 1986. Fruits, vines and nuts. In D. J. Rueter and J. B. Robinson (ed.) *Plant Analysis: An Interpretation Manual*. Pp. 119-147.
- Romero-Gomezcaña N. R., P. Sánchez-García, J. Rodríguez-Alcazar y C. Saucedo-Veloz. 2006. Aplicación foliar de calcio y su relación con la calidad en frutos de mango cv. Haden. *Agricultura Técnica en México* 32: 5-15.
- Ruehle G. D. and Bruce L. R. 1995. Mango growing in Florida. *Agric. Exptal. Station Univ. Fla. U.S.A. Bull.* 614: 4p.
- Ruiz, M. y A. Guadarrama. 1992. Comportamiento poscosecha del mango (*Mangifera indica* L.) tipo Bocado durante maduración controlada. *Revista Facultad Agronomía (Maracay)* 18:79-93.
- Salamanca S., C. R., y M. del R Silva H. 1998. Las micorrizas como alternativa para el manejo sostenible de los agroecosistemas tropicales. *Corpoica, Boletín técnico* N° 12, Villavicencio, Meta, Colombia 26p.
- Salazar G., S. 2002. Nutrición de aguacate principios y aplicaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agrícolas. Edit. Ignacio Lazcano-Ferrat. Querétaro, Qro., México. 163 pp.

- Salazar G., S., G. Gutiérrez C., E. Becerra B., y J. R. Gómez A. 1993. Diagnóstico nutricional del mango en San Blas, Nayarit. *Rev. Fitot. Mex.* 16: 190-202.
- Salvador-Figueroa, M., W. I. Aragón-Gómez, E. Hernández-Ortiz, J. A. Vázquez-Ovando and M. de L. Adriano-Anaya. Effect of chitosan coating on some characteristics of mango (*Mangifera indica* L.) 'Ataulfo', subject to hydrothermal process. *African Journal of Agricultural Research* 6(27):5800-5807.
- Santos, B. M. 2007. Effects of ading compost to fertilization programs on 'Keit' mango. *Journal of Agronomy* 6: 382-234.
- Shaaban, S. H. A. and Shaaban, M. M. 2012. Impact of the nutritional status on yield of nine mango cultivars grown under farm conditions at Giza Governorate, Egypt. *Journal of American Science* 8(5): 304-310.
- Schenck, N. C. and Smith, G. S. 1982. Additional new and unreported species of mycorrhizal fungi (Endogonaceae) from Florida. *Mycologia* 74: 77-92.
- Sergent, E., E. Casanova, y F. Leal. 1995. Aplicación de nitrógeno y potasio en mango *Mangifera indica* L. *Agronomía Tropical* 45: 293-312.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera)-SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Cierre de la producción agrícola por estado. URL: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350. Fecha de consulta: 21 de marzo de 2012.
- Siller-Cepeda, J., D. Muy-Rangel, M. Báez-Sañudo, E. Araiza-Lizarde y A. Ireta-Ojeda. 2009. Calidad poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32(1):45-52.
- Singh, V. K.; S. R. Bhriuvanshi, B. M. C. Reddy. 2006. Nutrition and management of the mango (*Mangifera indica* L.)-New thrust for the future perspective. In: *Proceedings of the International Symposium hel at Punjab Agricultural University, Ludhiana, India. Vol 1: 333-355.*
- Smith, B. L. 2000. The effect of different levels and timing of nitrogen fertilization on the yield and internal quality of mangoes (cv. Tommy Atkins). *Neltropika Bulletin* 309: 23-27.
- Solorzano, E., A. R. Meneses, Y. Rodríguez, A. Fernández, B. Peteira y O. León. 2001. Inducción de cinco sistemas enzimáticos en la simbiosis tomate-micorriza arbuscular (MA). *Rev. Protección Veg.* 16(1):30-39.

- Trejo-Aguilar, D., Ferrera-Cerrato, R., Escalona, A. M. A. y Rivera, F. A. 1996. Ecología de la endomicorriza arbuscular en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.). *La Ciencia y el Hombre* 23: 7-20.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1977. National Soil Survey Manual.
- Vázquez-Valdivia, V., M. H. Pérez-Barraza, J. A. Osuna-García; M. A. Urías-López. 2009. Manejo integral de huertos de mango 'Ataulfo' con altas densidades de plantación. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(2):155-160.
- Vega, E. V., y E. Molina. 1999. Fertilización nitrogenada en mango var. Tommy Atkins, en Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Tropical* 23: 37-44.
- Wakabayashi, K. 2000. Changes in cell wall polysaccharides during fruit ripening. *J. Plant Res.* 113:231-237.
- Xoconostle C., B., y R. Ruíz M. 2002. Impacto de la biotecnología agrícola en cultivos: el caso de las micorrizas. XXX Aniversario de Biotecnología y Bioingeniería. *Avance y Perspectiva* 21: 263-266.
- Young, T. W., and R. C. J. Koo. 1969. Mineral composition of Florida mango leaves. *Florida State Horticultural Society* 82: 324-328.
- Wang, B. and Y.-L. Qiu. 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza* 16: 299-363.
- Wolfe, H. S., P. E. Cort, Z. R. Van Figueroa, y R. Gracios. 1969. El cultivo de mango en el Perú. Lima Estación Exp. Agr. De la Molina. *Boletín Técnico*. 39 p.

VII. APÉNDICE

Cuadro A1. Significancia estadística de las variables suelo, calidad y contenido nutrimental de frutos del cultivar Tommy Atkins.

	Variables	CME	C.V.	Media	Significancia estadística	Pr > F
Análisis de suelo en la profundidad 0 a 20 cm, en el ciclo 2010.	pH	0.0238	2.41	6.3816	NS	0.5364
	Materia orgánica	0.0209	5.94	2.4361	NS	0.0478
	N	24.5000	36.36	13.6111	*	0.0554
	P	155.7202	45.28	27.5538	NS	0.2298
	K	9304.7778	27.29	353.4444	NS	0.1681
	Ca	113125.500	12.85	2615.611	*	0.0468
	Mg	1558.6666	8.64	3631.6388	NS	0.1147
	Fe	85.8730	32.23	28.7222	NS	0.2820
	Cu	0.0755	16.06	1.7111	*	0.0846
	Zn	0.4348	33.10	1.9916	*	0.0431
	Mn	31.7615	29.63	19.0155	NS	0.2803
Análisis de suelo en la profundidad 20 a 40 cm, ciclo 2010.	pH	0.0183	2.06	6.56	NS	0.7106
	Materia orgánica	0.04116	13.45	1.5166	NS	0.4068
	N	89.3333	49.73	19.0555	NS	0.3490
	P	13.6288	42.27	8.7333	NS	0.2729
	K	13289.2778	48.99	235.2778	NS	0.9516
	Ca	149465.778	15.20	2542.111	NS	0.6425
	Mg	1707.8333	8.87	465.6111	NS	0.3105
	Fe	24.2283	26.71	18.4217	NS	0.1371
	Cu	0.1705	30.59	1.35	NS	0.8451
	Zn	0.0800	30.30	0.9333	*	0.0038
	Mn	20.0711	37.46	12.82	NS	0.0460
Análisis de suelo en la profundidad 0 a 20 cm, en el ciclo 2011.	pH	0.04063	3.04	6.6304	NS	0.8040
	Materia orgánica	0.0701	11.29	02.3461	NS	0.3384
	N	16.3333	39.69	10.1818	NS	0.6840
	P	124.7972	28.35	39.3904	NS	0.0623
	K	4339.2576	14.37	458.100	*	0.0170
	Ca	1337826.11	51.67	2238.19	NS	0.7646
	Mg	12214.1806	31.39	352.0476	NS	0.9439
	Fe	76.3166	39.53	22.5263	NS	0.5481
Cu	0.1471	29.09	1.4700	NS	0.7497	

CME = cuadrado medio del error. C.V. = coeficiente de variación. MF = madurez fisiológica. MC = madurez de consumo. NS = no significativo. *significancia al 0.05.

Continuación de Cuadro 1A...

	Variables	CME	C.V.	Media	Significancia estadística	Pr > F
Análisis de suelo en la profundidad 0 a 20 cm, en el ciclo 2011.	Zn	0.3156	27.65	2.0315	*	0.0017
	Mn	9.3856	29.81	10.2750	*	0.0250
	% arena	2.3905	4.65	33.2381	*	0.0684
	% arcilla	5.0416	5.21	43.0952	NS	0.0921
	% limo	6.4481	10.84	23.4047	NS	0.0627
Análisis de suelo en la profundidad 20 a 40 cm, en el ciclo 2011.	pH	0.0208	2.21	6.52	NS	0.6344
	Materia orgánica	0.0748	20.46	1.33	NS	0.2172
	N	14.2916	38.57	9.8	NS	0.5806
	P	18.7446	35.61	12.15	NS	0.3686
	K	8962.58	29.78	317.84	NS	0.2989
	Ca	151151.59	19.36	2007.2	NS	0.2340
	Mg	1056.40	8.12	399.83	NS	0.9481
	Fe	26.4166	39.94	12.86	NS	0.4403
	Cu	0.0874	22.74	1.3	NS	0.4380
	Zn	0.0566	41.2	0.5777	NS	0.6504
	Mn	5.2601	33.28	6.89	NS	0.0610
	% arena	5.9629	6.34	38.47	NS	0.2085
	% arcilla	70.7883	22.45	37.47	NS	0.9085
% limo	83.0844	46.37	19.65	NS	0.9938	
Rendimiento de frutos del cv. Tommy Atkins en el ciclo 2010.	Nº de frutos/árbol	112.8121	43.48	24.4263	*	0.0354
	Peso de fruta (g) por árbol	35.5448	42.46	14.0388	*	0.0350
	Rendimiento (t ha ⁻¹)	15.7128	42.43	9.3416	*	0.0342
	Peso de fruta (g) por cm ² de ATT	8220.4440	52.49	172.7194	*	0.0190
Contenido nutrimental en frutos del cv. Tommy Atkins en el ciclo 2010.	N en semilla	0.01348	0.6597	17.06	*	0.0016
	N en pulpa	0.03991	0.7368	27.13	NS	0.5062
	K en cáscara	14.2411	12.6563	29.81	NS	0.7942
	k en semilla	0.1351	1.3231	27.78	NS	0.7001
	K en pulpa	0.2599	2.0315	25.09	*	0.3236
	Ca en cáscara	6.9877	8.4962	31.11	NS	0.8489
	Ca en semilla	0.00033	0.0741	24.62	NS	0.5373
Ca en pulpa	0.0013	0.1388	26.89	NS	0.4499	

CME = cuadrado medio del error. C.V. = coeficiente de variación. MF = madurez fisiológica. MC = madurez de consumo. NS = no significativo. *significancia al 0.05.

Continuación de Cuadro A1...

	Variables	CME	C.V.	Media	Significancia estadística	Pr > F
Contenido nutrimental en frutos del cv. Tommy Atkins en el ciclo 2010.	Mg en cáscara	0.00003	0.04611	13.68	NS	0.7442
	Mg en semilla	0.0021	0.3923	11.74	*	0.0176
	Mg en pulpa	0.00089	0.0925	32.34	NS	0.2383
	Zn en cáscara	52.7870	32.9259	22.06	NS	0.4622
	Zn en semilla	22.4750	31.7500	14.93	*	0.0058
	Zn en pulpa	39.4814	42.5740	14.75	NS	0.9054
	Fe en cáscara	82.2946	39.5652	22.92	NS	0.5893
	Fe en semilla	512.1944	54.8541	41.25	NS	0.9821
	Fe en pulpa	129.8148	49.2037	23.15	NS	0.2263
	Mn en cáscara	218.9500	45.5411	32.49	*	0.0535
	Mn en semilla	26.5654	26.0869	19.75	NS	0.6637
	Mn en pulpa	30.3333	19.3518	28.46	NS	0.2775
	Cu en cáscara	28.3921	12.6538	42.10	NS	0.9754
	Cu en semilla	17.6622	21.0217	17.66	NS	0.5704
	Cu en pulpa	17.0288	13.1818	31.30	NS	0.9225
Calidad postcosecha de frutos del cv. Tommy Atkins en el ciclo 2010.	Diámetro polar MF	63.0903	112.27	7.24	NS	0.4056
	Diámetro ecuatorial MF	28.0725	90.5222	5.85	NS	0.8578
	Peso MF	9996.6244	505.74	19.76	NS	0.3769
	% de pérdida de peso	2.7127	9.4625	17.4	NS	0.542
	Sólidos solubles totales MC	0.8837	13.9185	6.75	NS	0.2038
	Acidez titulable MC	0.000081	0.0514	17.53	*	0.0299
	°Hue MF	360.9682	59.8038	31.82	NS	0.0120
	°Hue MC	241.6511	51.2851	30.31	NS	0.1232
	Índice de saturación MF	4.5000	12.5111	16.95	NS	0.1209
	Índice de saturación MC	7.2492	20.5555	13.09	NS	0.3580
	Firmeza MF	16.0409	17.3521	4.07	NS	0.1644
	Firmeza MC	0.1701	26.82	1.5375	NS	0.3294
	% de pulpa	2.6674	2.00	81.5889	NS	0.7180
	% de semilla	1.4311	12.86	9.3000	NS	0.0771
	% de cáscara	0.9600	10.76	9.1037	NS	0.0324

CME = cuadrado medio del error. C.V. = coeficiente de variación. MF = madurez fisiológica. MC = madurez de consumo. NS = no significativo. *significancia al 0.05.

Cuadro A2. Significancia estadística de las variables de diámetro de tallo, floración, rendimiento, calidad y contenido nutrimental de tres cultivares de mango.

	Variables	CME	CMV	CMF	C.V	Significancia estadística	Pr > F(V)	Pr > F(F)
Presencia de micorrizas en el ciclo 2010.	% de colonización de raíces	323.0631	64.8656	200.9684	20.54	NS	0.8191	0.7529
	Número de esporas en 100 g de suelo	1823.3077	8091.3075	1691.6509	43.08	*	0.0166	0.5017
Crecimiento del árbol de mango, floración y rendimiento de frutos en los ciclos 2009 a 2012.	Diámetro de tallo 2009	2.1199	20.4939	4.9997	16.02	*	0.0002	0.0248
	Diámetro de tallo 2010	1.7604	17.4087	4.6052	12.03	*	0.0001	0.0136
	Diámetro de tallo 2011	4.5795	16.1552	4.5732	16.06	*	0.0346	0.4449
	Diámetro de tallo 2012	2.2885	11.2709	5.0715	10.19	*	0.0100	0.0365
	Incremento de tallo 2009 a 2010	0.2896	1.2791	0.4071	19.77	*	0.0152	0.2071
	Incremento de tallo 2010 a 2011	0.5519	6.1005	0.4943	30.28	*	<.0001	0.5249
	Incremento de tallo 2011 a 2012	0.1706	0.8429	0.1601	31.15	*	0.0098	0.4907
Floración en los ciclos 2010 a 2012.	Número de panículas 2010	183.9974	3570.3678	1699.1544	17.44	*	<.0001	<.0001
	Número de panículas 2011	416.4833	3225.2556	4541.5171	34.14	*	0.0013	<.0001
	Número de panículas 2012	1150.4387	19497.4235	4890.9412	43.08	*	<.0001	0.0003
Rendimiento en el ciclo 2011.	Frutos por árbol 2011	109.8161	2310.4797	1206.1706	10.47	*	<.0001	<.0001
	Peso de frutos (kg) por árbol 2011	14.8294	59.6847	103.6567	48.88	*	0.0273	<.0001
	Rendimiento (t ha ⁻¹) 2011	6.6803	33.5563	47.1021	48.30	*	0.0123	<.0001
	Peso de frutos (g) por cm ² de ATT ² 2011	48.1780	152.2245	328.6904	52.80	*	0.0559	<.0001
	Frutos por árbol 2012	389.81	2677.7472	1139	40.08	*	0.0128	0.0524
	Peso de frutos (kg) por árbol 2012	88.6596	5808.1560	97.5640	45.00	*	<.0001	0.3857
	Rendimiento (t ha ⁻¹) 2012	39.2642	2879.0798	42.9706	44.98	*	<.0001	0.3900
	Peso de frutos (g) por cm ² de ATT 2012	382649.29	20226210.04	359906.80	44.08	*	<.0001	0.4983

CME = cuadrado medio del error. CMV = cuadrado medio del factor cultivar. CMF = cuadrado medio del factor fuente de fertilización. C.V. = coeficiente de variación. MF = madurez fisiológica. MC = madurez de consumo. NS = no significativo. *significancia al 0.05.

Continuación de Cuadro A2...

	Variables	CME	CMV	CMF	C.V	Significancia estadística	Pr > F(V)	Pr > F(F)
Contenido nutrimental en hoja previo a floración en el ciclo 2010	N	0.0218	0.576	0.06116	9.67	*	0.0808	0.0110
	K	0.1862	0.8247	0.3360	22.58	*	0.0169	0.0979
	Ca	0.00027	0.00009	0.00060	21.28	*	0.7163	0.0434
	Mg	0.00192	0.00161	0.00171	22.11	NS	0.4373	0.5305
	Zn	84.2225	266.2379	65.0676	22.73	*	0.0521	0.6286
	Fe	2846.2564	8876.6842	3343.3077	43.24	NS	0.0543	0.3321
	Mn	418.9296	896.4189	801.2917	20.46	*	0.1288	0.0797
	Cu	3.2026	18.7578	2.8811	26.97	*	0.0051	0.5240
Contenido nutrimental en hoja previo a cosecha en el ciclo 2010	N	0.1295	1.2215	0.1681	25.83	*	0.0004	0.2691
	K	0.3424	10.2541	4.3229	18.84	*	<.0001	0.1548
	Ca	0.00001	0.00020	0.00002	32.51	*	<.0001	0.1559
	Mg	0.00074	0.02078	0.00046	18.36	NS	<.0001	0.7545
	Zn	29.2225	216.6586	25.8942	19.75	*	0.0015	0.5349
	Fe	4033.6712	61055.0679	8025.8208	45.72	*	<.0001	0.0753
	Mn	828.8672	4596.8506	1303.9804	36.01	*	0.0072	0.01613
	Cu	26.0740	506.6447	100.0852	36.56	*	<.0001	0.0016
Contenido nutrimental en hoja previo a floración en el ciclo 2011	N	0.01974	0.12939	0.02321	10.86	*	0.0030	0.3323
	K	0.0935	0.1956	0.3840	27.49	*	0.1332	0.0007
	Ca	0.01211	0.12018	0.01057	17.13	*	0.0002	0.5449
	Mg	0.00022	0.00062	0.00029	16.92	NS	0.0717	0.2537
	Zn	24.8086	241.3919	30.8711	19.20	*	0.0002	0.2920
	Fe	173.4351	2932.0216	339.4498	17.47	*	<.0001	0.0700
	Mn	1259.4475	41378.3086	7689.2253	29.44	*	<.0001	<.0001
	Cu	15.2191	177.7870	21.8541	21.71	*	<.0001	0.2030
Contenido nutrimental en hoja previo a cosecha en el ciclo 2011.	N	0.005922	0.4671	0.0193	5.92	*	<.0001	0.0098
	K	0.1064	4.1017	0.1792	17.78	NS	<.0001	0.1482
	Ca	0.0150	0.3015	0.0258	17.68	*	<.0001	0.1416
	Mg	0.00021	0.000190	0.00080	15.06	*	0.0010	0.0044
	Zn	80.9305	360.7638	128.4270	31.71	*	0.0212	0.1753
	Fe	739.2783	16147.1486	1194.0679	31.14	*	<.0001	0.1670
	Mn	821.7175	150.6990	3763.7407	28.66	*	0.8375	0.0013
	Cu	6.4861	69.5555	20.5104	17.87	*	0.0004	0.0117

CME = cuadrado medio del error. CMV = cuadrado medio del factor cultivar. CMF = cuadrado medio del factor fuente de fertilización. C.V. = coeficiente de variación. MF = madurez fisiológica. MC = madurez de consumo. NS = no significativo. *significancia al 0.05.

Continuación de Cuadro A2...

	Variables	CME	CMV	CMF	C.V	Significancia estadística	Pr > F(V)	Pr > F(F)
Contenido nutrimental en frutos de tres cultivares de mango en el ciclo 2011.	N en cáscara	0.0218	0.0061	0.0564	30.92	NS	0.7551	0.0184
	N en semilla	0.0300	0.0788	0.0521	26.70	NS	0.0816	0.1106
	N en pulpa	0.0215	0.00014	0.04389	35.65	NS	0.9934	0.0594
	K en cáscara	0.6970	2.5737	0.4962	37.05	*	0.0314	0.6799
	k en semilla	0.0229	0.0207	0.0162	40.74	NS	0.4125	0.6854
	K en pulpa	0.0414	0.2836	0.0894	42.29	*	0.0026	0.0508
	Ca en cáscara	0.0012	0.0027	0.0015	23.86	NS	0.1277	0.3004
	Ca en semilla	0.0012	0.0025	0.0006	30.10	NS	0.1445	0.8270
	Ca en pulpa	0.00082	0.000019	0.00030	34.98	NS	0.9763	0.9323
	Mg en cáscara	0.00079	0.00014	0.00131	18.07	*	0.5251	<.0001
	Mg en semilla	0.0004	0.00002	0.00049	34.03	NS	0.9526	0.3680
	Mg en pulpa	0.00006	0.00002	0.00011	24.16	NS	0.7293	0.0959
	Zn en cáscara	87.4279	43.4707	503.5075	32.39	*	0.8648	<.0001
	Zn en semilla	76.9379	140.6311	149.9912	29.36	*	0.1730	0.0768
	Zn en pulpa	68.9905	10.8485	57.9310	28.94	NS	0.8549	0.5722
Nutrimentos en frutos de tres cultivares de mango en el ciclo 2011.	Fe en cáscara	28.20.6094	19471.9284	17344.6096	46.67	*	0.0023	<.0001
	Fe en semilla	488.6058	7926.0090	7705.1848	29.62	*	<.0001	<.0001
	Fe en pulpa	205.3661	311.2762	528.0141	42.14	*	0.2302	0.0205
	Mn en cáscara	8.6360	30.2984	57.6376	32.23		0.0427	<.001
	Mn en semilla	1.0115	1.9740	2.8548	39.29	NS	0.1572	0.0158
	Mn en pulpa	1.2475	3.4560	1.6263	21.40	NS	0.0721	0.2629
Calidad postcosecha de tres cultivares de mango en el ciclo 2011.	Cu en cáscara	8.3680	5.0463	9.8554	26.88	NS	0.5512	0.3320
	Cu en semilla	8.2479	9.7878	7.8554	20.82	NS	0.3157	0.3075
	Cu en pulpa	3.4919	20.1202	25.00001	40.21	*	0.0075	<.0001
	Diámetro polar MF	0.5444	2.8636	0.6423	7.01	*	0.0072	0.3221
	Diámetro ecuatorial MF	0.2782	104.7340	0.5761	7.80	*	<.0001	0.0488
	Peso MF	5174.342	1029108.157	10178.921	20.63	*	<.0001	0.1211
Calidad postcosecha de tres cultivares de mango en el ciclo 2011.	% de pérdida de peso	26.4287	123.9100	17.1502	54.19	*	0.0179	0.7302
	Sólidos solubles totales MF	8.1874	34.8134	9.5426	22.47	*	0.0183	0.6054

CME = cuadrado medio del error. CMV = cuadrado medio del factor cultivar. CMF = cuadrado medio del factor fuente de fertilización. C.V. = coeficiente de variación. MF = madurez fisiológica. MC = madurez de consumo. NS = no significativo. *significancia al 0.05.

Continuación de Cuadro A2...

	VARIABLES	CME	CMV	CMF	C.V	Significancia estadística	Pr > F(V)	Pr > F(F)
Calidad postcosecha de tres cultivares de mango en el ciclo 2011.	Sólidos solubles totales MC	1.5447	220.5264	8.6128	6.19	*	<.0001	<.0001
	Acidez titulable MC	0.000026	0.00037	0.000076	20.02	*	<.0001	0.0066
	°Hue MF	157.8467	24326.1763	1026.2945	13.20	*	<.0001	<.0001
	°Hue MC	861.8804	15005.9409	848.3778	40.03	*	<.0001	0.4545
	Índice de saturación MF	3.5439	1128.2908	32.0851	7.73	*	<.0001	<.0001
	Índice de saturación MC	5.3735	483.9000	44.8570	7.38	*	<.0001	<.0001
	Firmeza MF	18.7565	754.9584	15.7693	25.29	*	<.0001	0.5704
	Firmeza MC	0.0483	11.5982	0.3027	21.23	*	<.0001	<.0001
	% de pulpa	4.8210	514.2172	13.2423	2.80	*	<.0001	0.0111
	% de semilla	2.7991	68.2729	3.7739	17.08	NS	<.0001	0.2359
% de cáscara	1.6975	233.2175	4.5098	11.01	NS	<.0001	0.0137	

CME = cuadrado medio del error. CMV = cuadrado medio del factor cultivar. CMF = cuadrado medio del factor fuente de fertilización. C.V. = coeficiente de variación. MF = madurez fisiológica. MC = madurez de consumo. NS = no significativo. *significancia al 0.05.

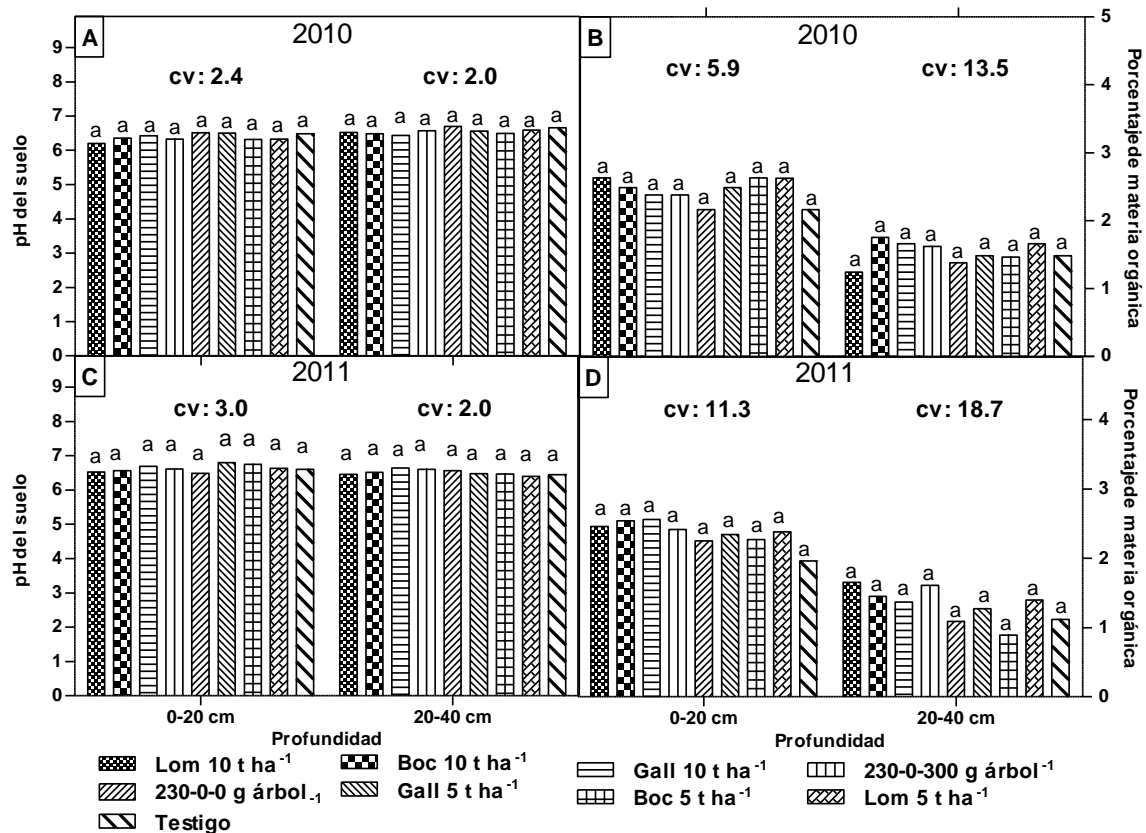


Figura A1. pH y contenido de materia orgánica del suelo, posterior a la aplicación de fertilizantes orgánicos. A) pH en 2010, B) materia orgánica en 2010, C) pH en 2011, D) materia orgánica en 2011. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

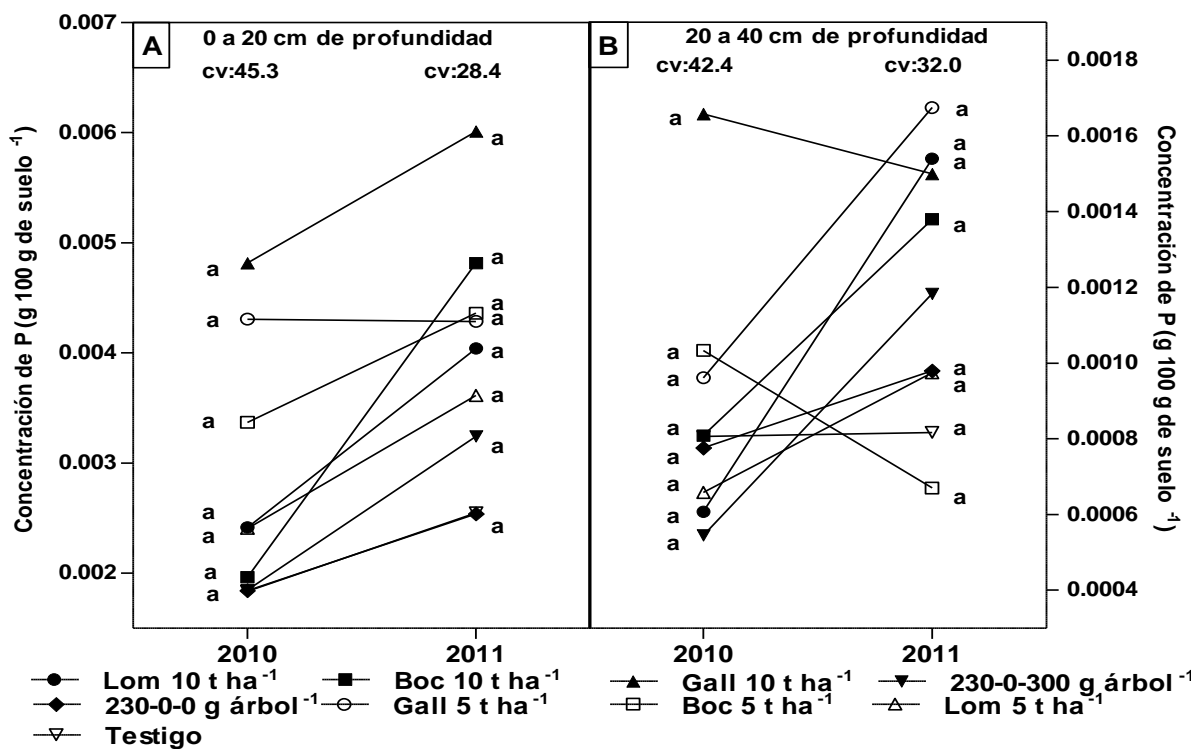


Figura A2. Concentración de fósforo a diferentes profundidades de suelo manejados con diferentes fuentes y dosis de fertilización. A) F en la profundidad 0 a 20 cm; B) F en la profundidad 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

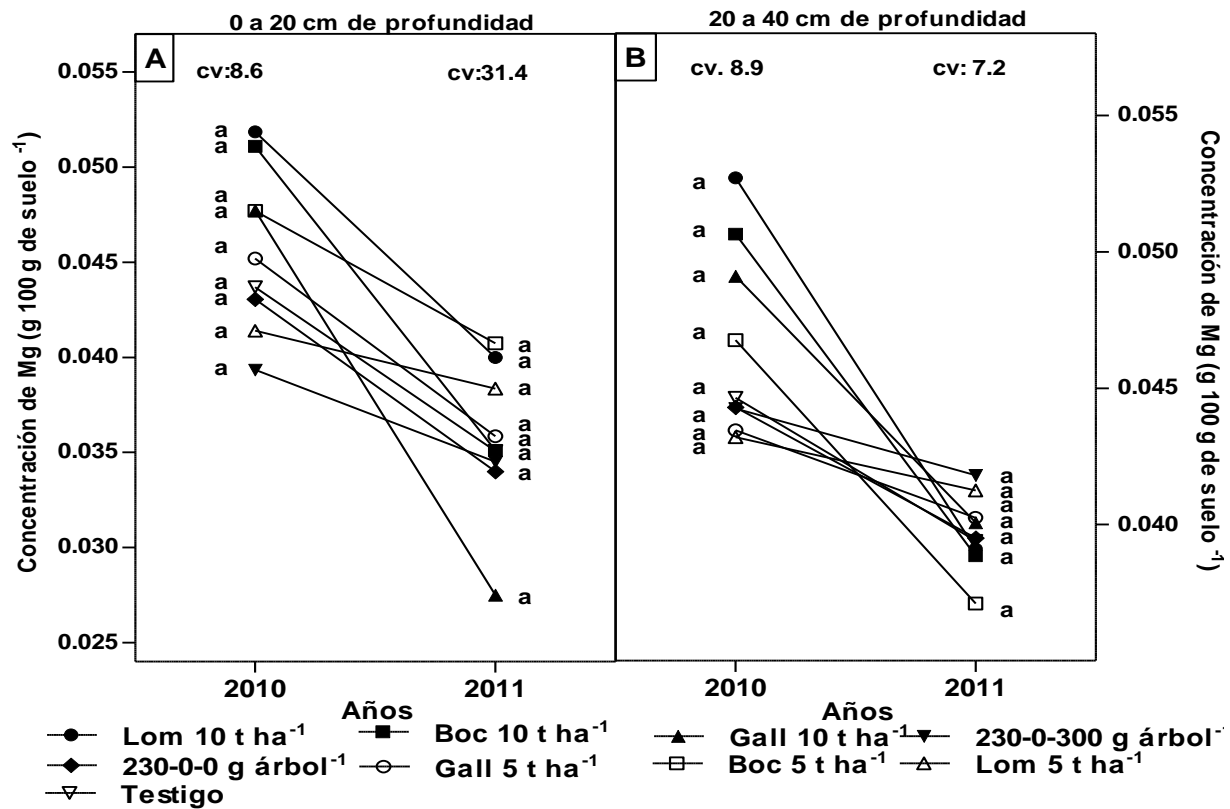


Figura A3. Concentración de magnesio a diferentes profundidades de suelo manejados con diferentes fuentes y dosis de fertilización. A) Mg en la profundidad de 0 a 20 cm; D) Mg en la profundidad de 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0.05). CV= Coeficiente de variación.

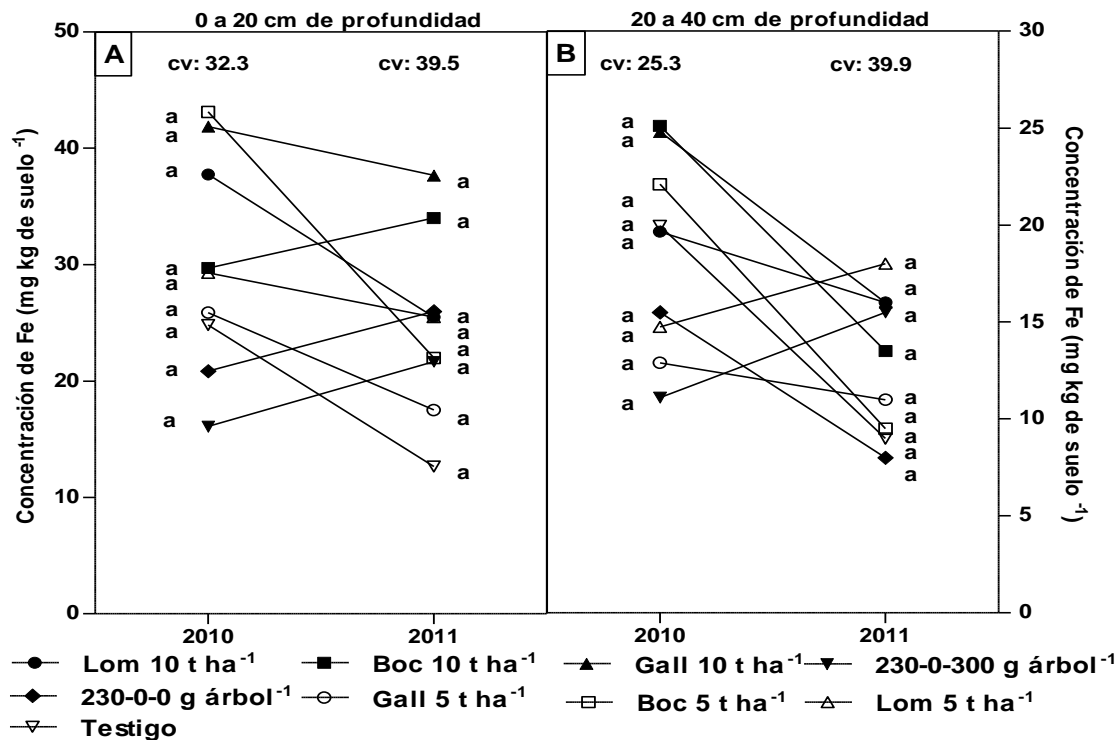


Figura A4. Concentración de hierro en dos profundidades de suelo, posterior a la aplicación de fertilizantes orgánicos. A) Fe en la profundidad de 0 a 20 cm; B) Fe en la profundidad de 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

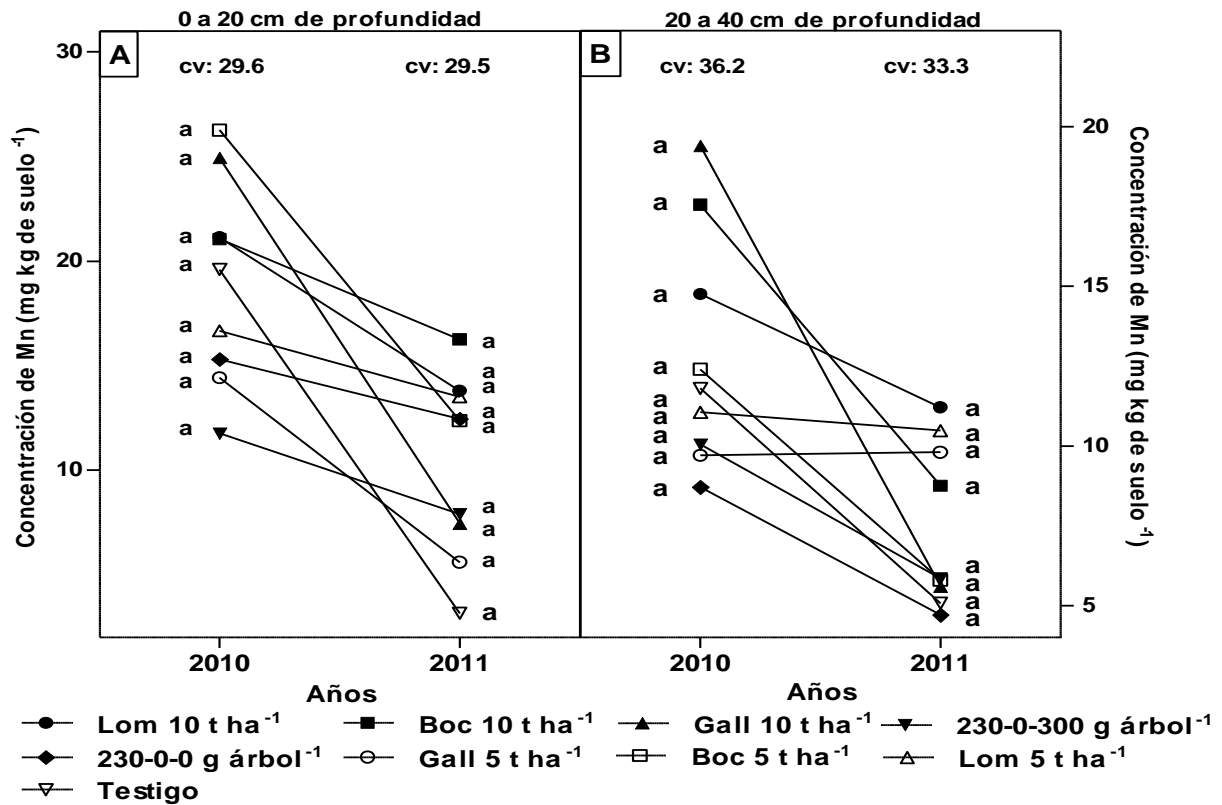


Figura A5. Concentración de manganeso dos profundidades de suelos y dos años de evaluación, manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Mn en la profundidad de 0 a 20 cm; B) Mn en la profundidad de 20 a 40 cm. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

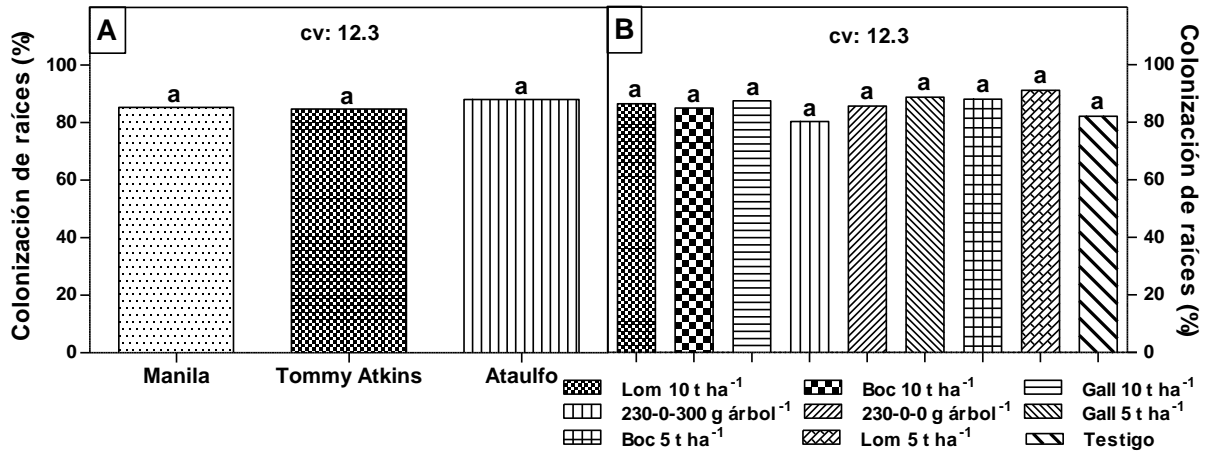


Figura A6. Porcentaje de colonización micorrízica en raíces de tres cultivares de mangos manejados con diferentes fuentes de fertilización. A) Porcentaje de colonización de raíces en cultivares; B) porcentaje de colonización de raíces en las fuentes de fertilización. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

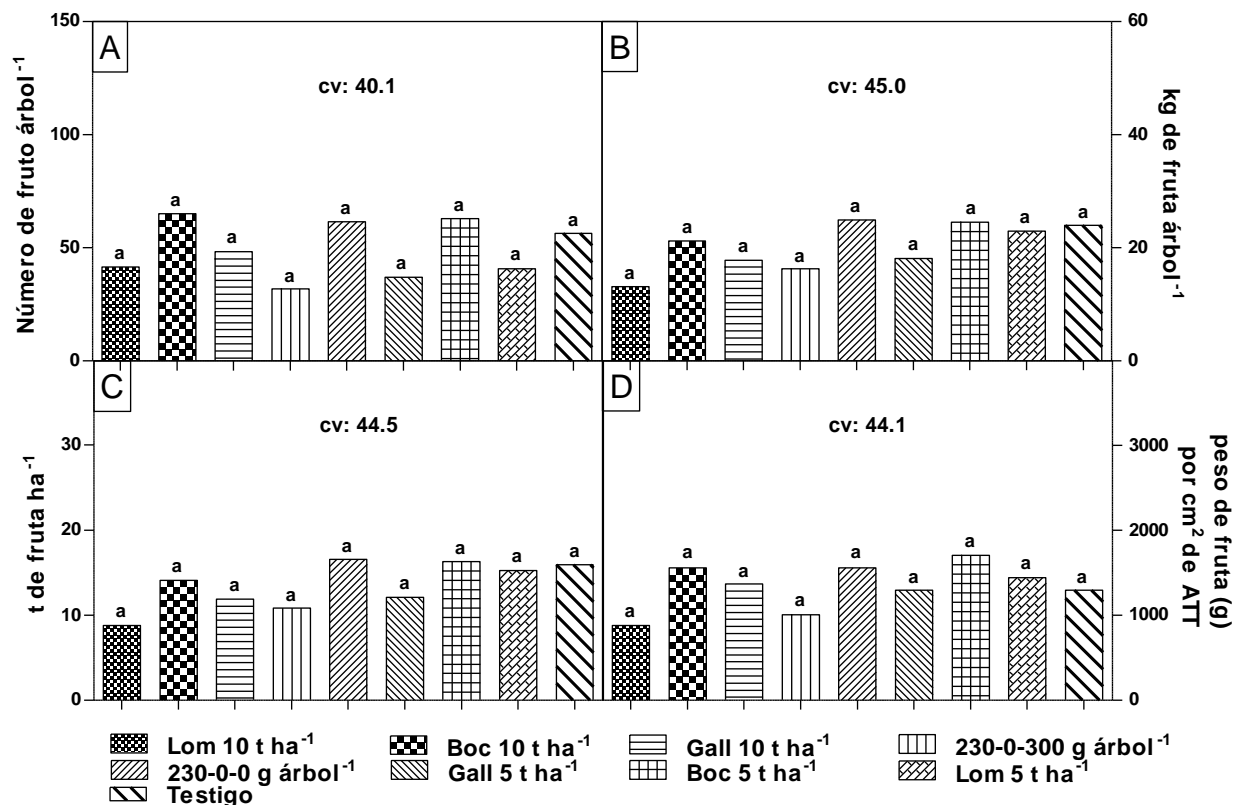


Figura A7. Rendimiento de dos cultivares de mangos, manejados con diferentes fuentes e fertilización, en ciclo de producción 2012. A) Número de frutos por árbol; B) peso de frutos (kg) por árbol; C) rendimiento (t ha⁻¹); D) peso de frutos (g) por cm² de área transversal del tallo (ATT). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). CV= Coeficiente de variación.

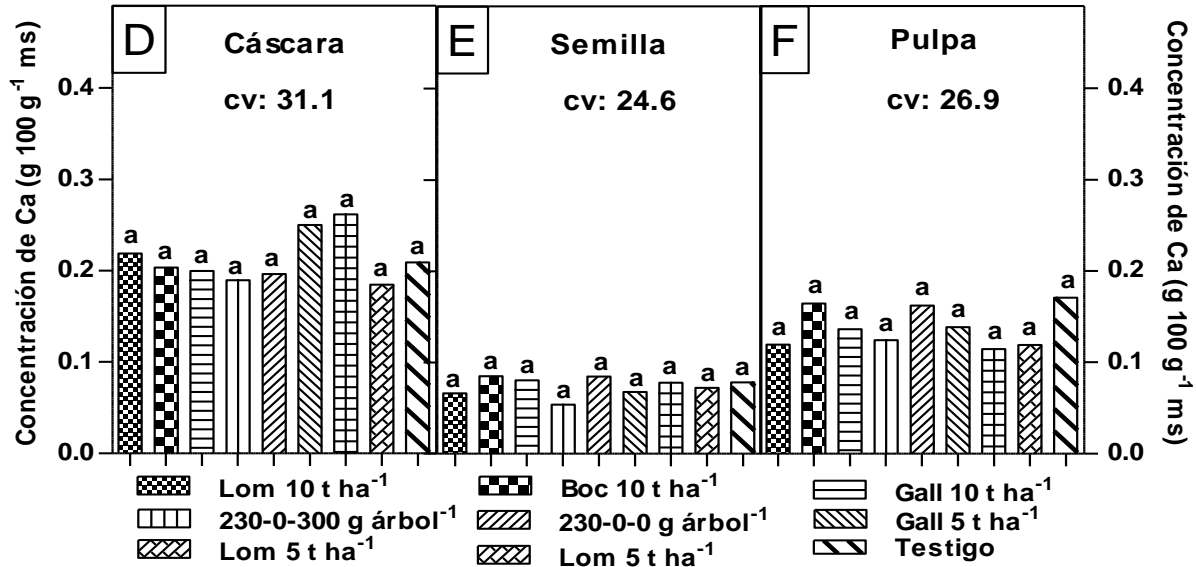


Figura A8. Concentración de calcio en frutos de mango ‘Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. A) Ca en cáscara; B) Ca en semilla; C) Ca en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

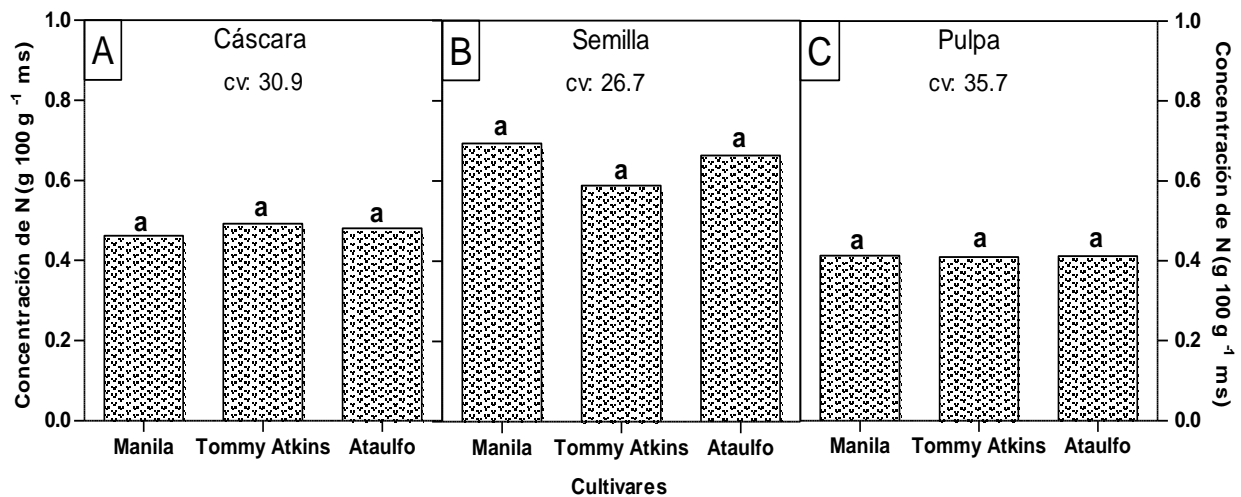


Figura A9. Concentración de nitrógeno en frutos de tres cultivares de mango, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) N en cáscara; B) N en semilla; C) N en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

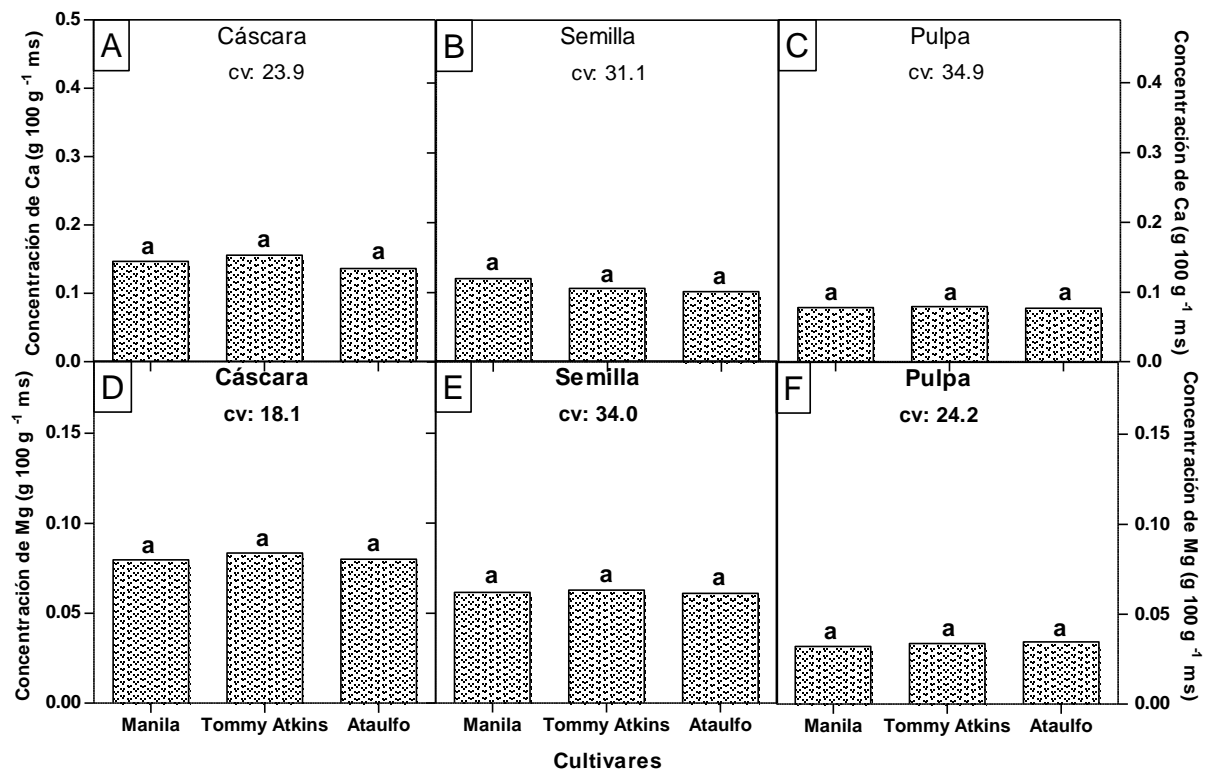


Figura A10. Concentración de calcio y magnesio en frutos de tres cultivares de mango, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Ca en cáscara; B) Ca en semilla; C) Ca en pulpa; D) Mg en cáscara; E) Mg en semilla; F) Mg en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

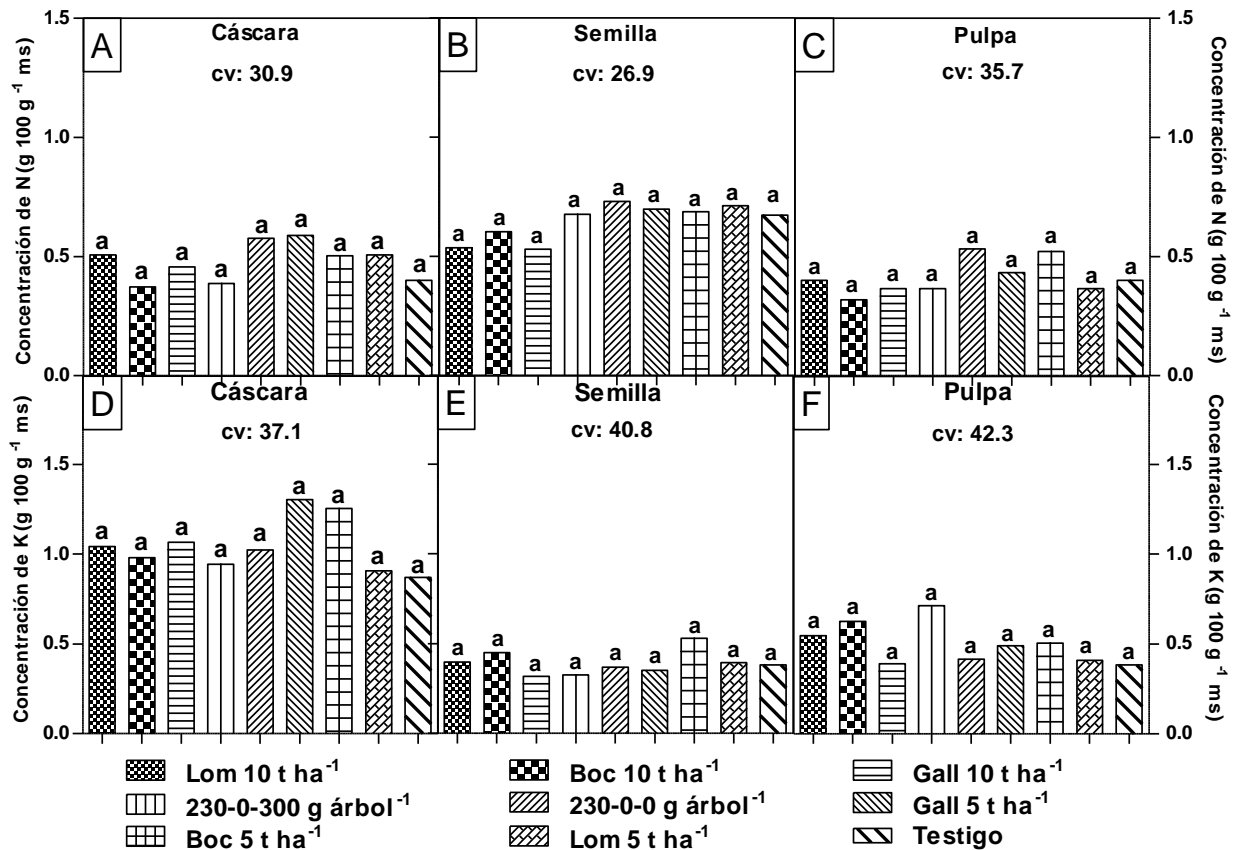


Figura A11. Concentración de potasio, calcio en frutos de mango, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) N en cáscara; B) N en semilla; C) N en pulpa; D) K en cáscara; E) K en semilla; F) K en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

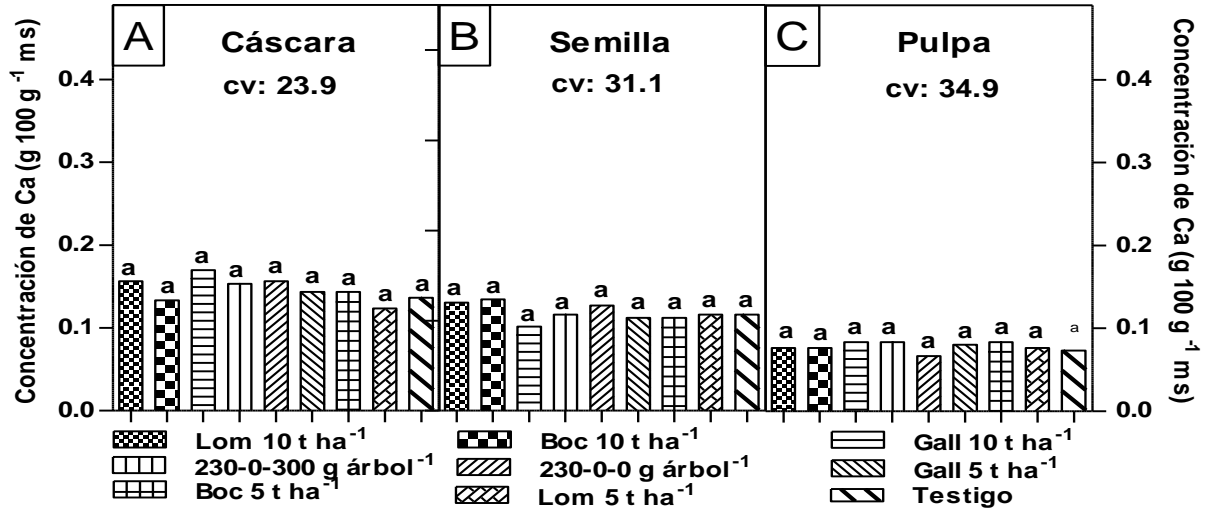


Figura A12. Concentración de calcio en frutos de mango, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Ca en cáscara; B) Ca en semilla; C) Ca en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

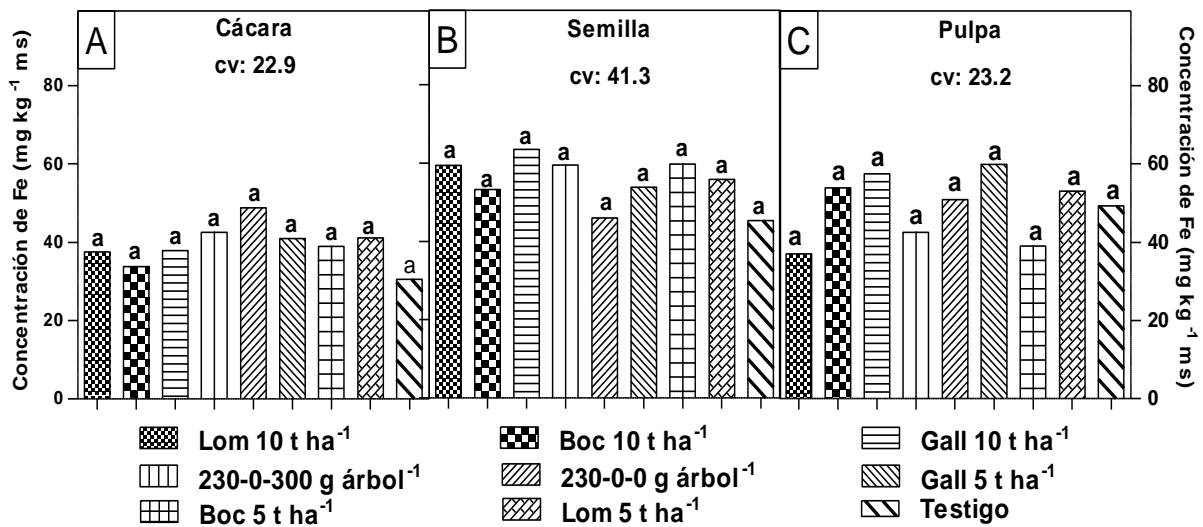


Figura A13. Concentración de hierro en frutos de mango Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. A) Fe en cáscara; B) Fe en semilla; C) Fe en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

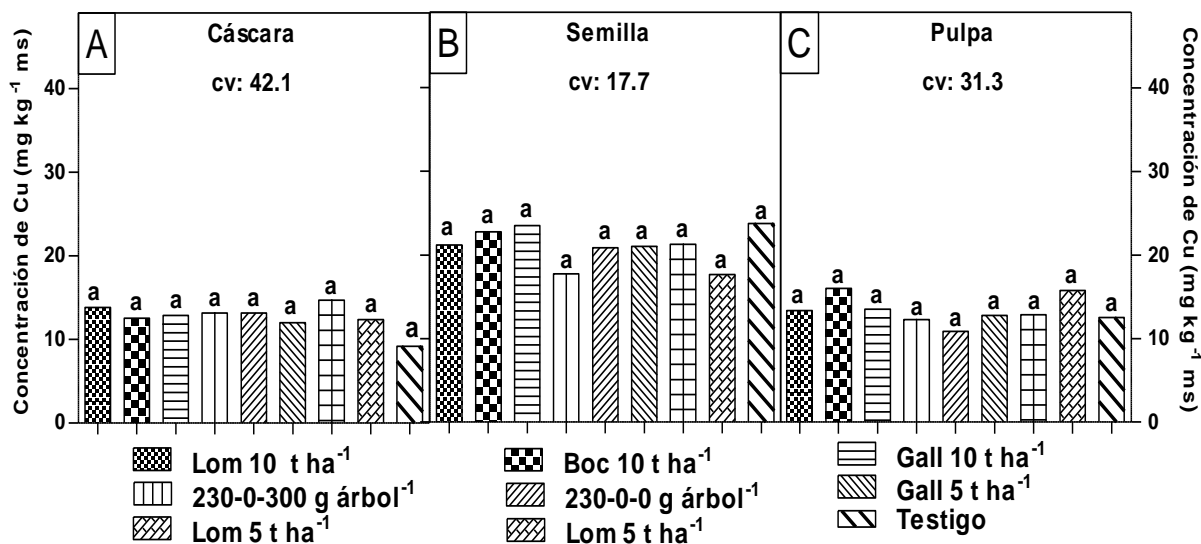


Figura A14. Concentración de cobre en distintas partes de frutos de mango Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. A) Mn en cáscara; B) Mn en semilla; C) Mn en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

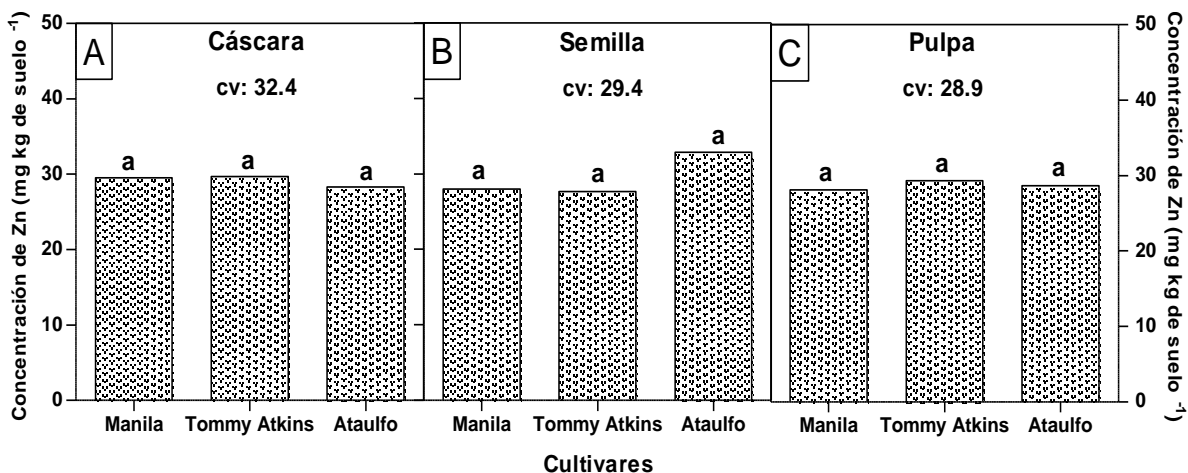


Figura A15. Concentración de zinc, de tres cultivares de mango, correspondiente al ciclo de producción 2011. A) Zn en cáscara; B) Zn en semilla; C) Zn en pulpa. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

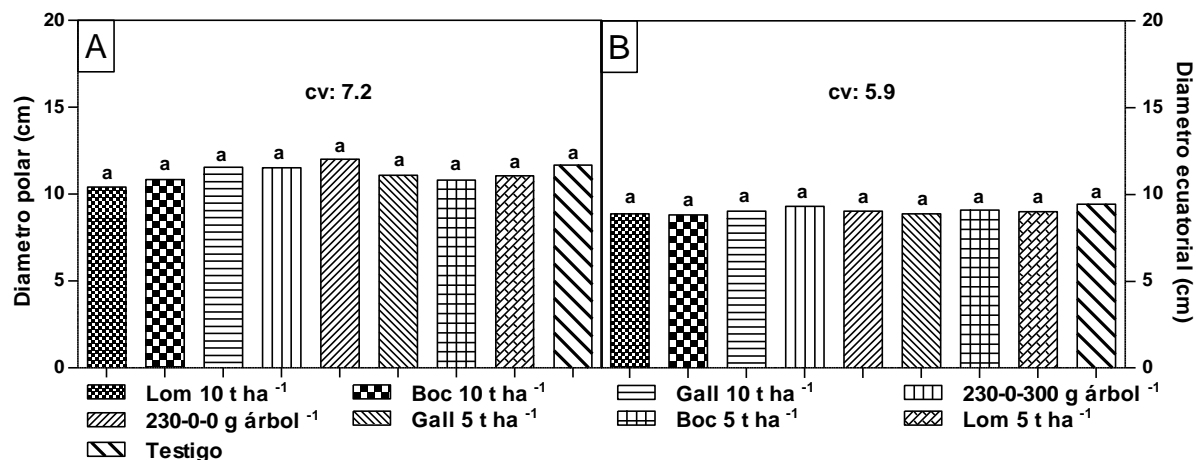


Figura A16. Dimensiones de frutos de mango del cultivar del cultivar Tommy Atkins, en el ciclo de producción 2010. A) Diámetro polar; B) diámetro ecuatorial. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

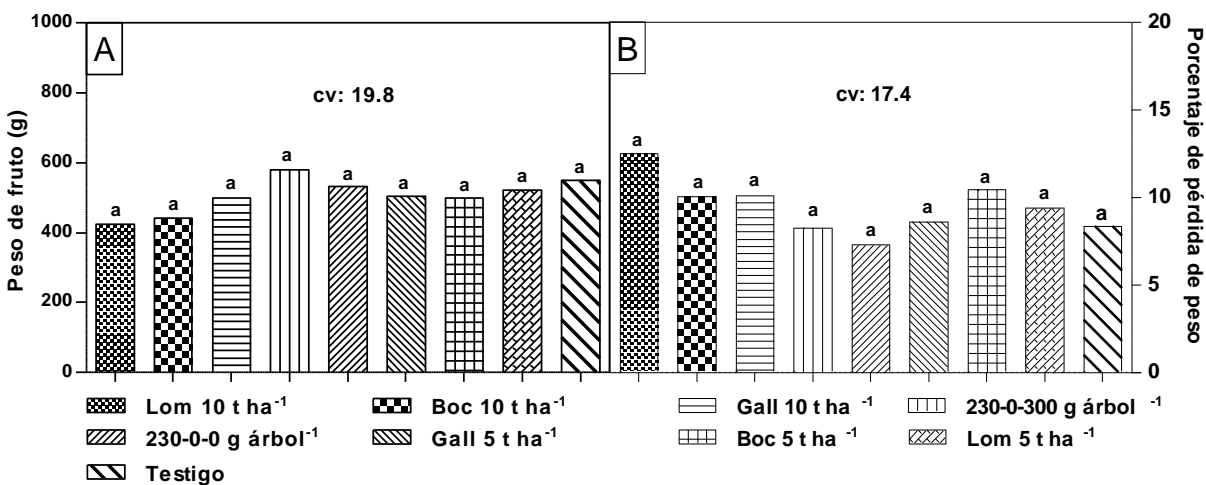


Figura A17. Peso y porcentajes de pérdida de peso en frutos de mango del cultivar del cultivar Tommy Atkins, en el ciclo de producción 2010. A) Peso fresco del fruto; B) pérdida de peso de frutos. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

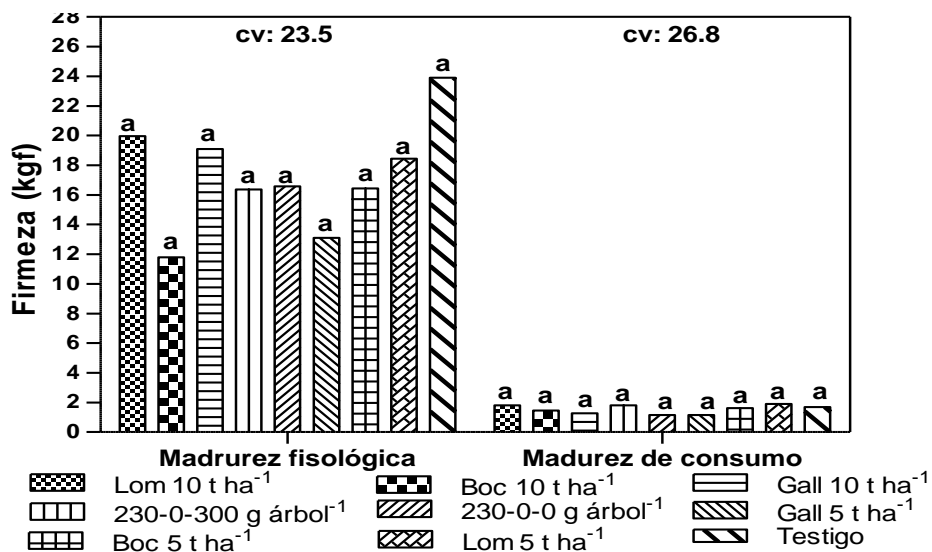


Figura A18. Firmeza de frutos de mango cultivar Tommy Atkins en madurez fisiológica (A) y madurez de consumo (B). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.

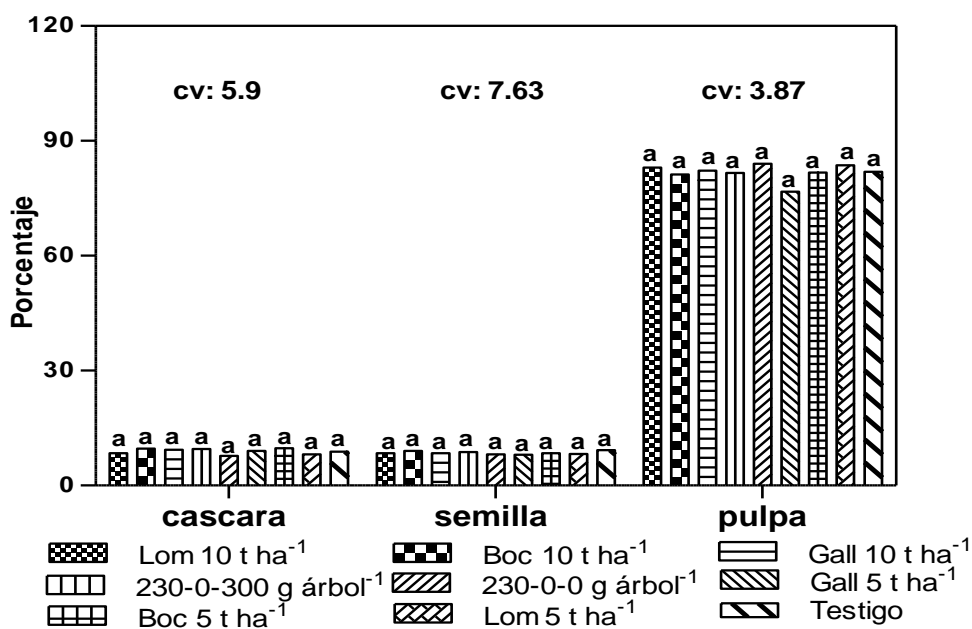


Figura A19. Relación cáscara-semilla-pulpa de frutos de mango Tommy Atkins, manejados con diferentes fuentes de fertilización, correspondiente al ciclo de producción 2010. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). CV= Coeficiente de variación.