



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

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

**DIFERENTES FRECUENCIAS DE APLICACIÓN DE NUTRIMENTOS
MINERALES EN EL CULTIVO DE PAPAYA 'MARADOL' BAJO CONDICIONES
DE FERTIRRIEGO**

RUSBEL CASTRO CABRERA

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

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2009

La presente tesis titulada: “**DIFERENTES FRECUENCIAS DE APLICACIÓN DE NUTRIMENTOS MINERALES EN EL CULTIVO DE PAPAYA ‘MARADOL’ BAJO CONDICIONES DE FERTIRRIEGO**” realizada por el alumno **Rusbel Castro Cabrera**, 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. ALFREDO LÓPEZ JIMÉNEZ

ASESOR

DR. CATARINO ÁVILA RESÉNDIZ

ASESOR

M.C DAVID JAEN CONTRERAS

Montecillo, Texcoco, Estado de México, diciembre de 2009

DIFERENTES FRECUENCIAS DE APLICACIÓN DE NUTRIMENTOS MINERALES EN EL CULTIVO DE PAPAYA 'MARADOL' BAJO CONDICIONES DE FERTIRRIEGO

Rusbel Castro Cabrera, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2009

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia de diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales a través del fertirriego, sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento, calidad de fruto y contenido nutrimental en hoja y peciolo de papaya (*Carica papaya* L.) 'Maradol'. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con cinco tratamientos (3, 6, 12 y 24 días, como frecuencias de aplicación de la solución universal "Steiner" al 50%, en fertirriego, y aplicación de fertilizante granulado al suelo como testigo 150 150 150 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O) y ocho repeticiones por tratamiento. Se evaluaron las variables altura de planta, número acumulado de hojas, diámetro de tallo, altura del primer fruto, rendimiento, sólidos solubles totales, firmeza del fruto, pérdida de peso del fruto y contenido nutrimental en hoja y peciolo. En la etapa de plena floración no existieron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$), para las variables número de hojas y diámetro de tallo. Sin embargo, para la variable altura de planta, si hubo diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$), siendo el mejor tratamiento aquel que recibió fertirriego cada 24 y 3 días, respectivamente. En la etapa de mayor amarre de frutos si se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) para las variables diámetro de tallo y altura de planta, siendo los mejores tratamientos comparados con el testigo, aquellos que se les aplicó fertilizante a través del sistema de riego. Para las variables de firmeza y pérdida de peso del fruto no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$); no obstante, para la variable de sólidos solubles totales si se reportaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, siendo el mejor tratamiento el que recibió fertilización granulada al suelo. En las etapas de mayor amarre, crecimiento y cosecha de los primeros frutos si hubo diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en la concentración de nutrimentos en peciolo y lamina de la hoja; registrándose una mayor concentración de N en el tratamiento que se le aplicó el fertirriego con mayor frecuencia. Asimismo, la concentración de P, K, Mg y micronutrimentos disminuyeron por efecto de dilución.

Palabras claves: *Carica papaya*, 'Maradol', frecuencia de fertirriego, nutrición mineral.

**DIFFERENT FREQUENCIES OF APPLICATION OF MINERAL NUTRIENTS IN THE
'MARADOL' PAPAYA THROUGH FERTI-IRRIGATION SYSTEM.**

**Rusbel Castro Cabrera, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2009**

SUMMARY

The objective of this research was to evaluate the influence of different frequencies of application of mineral nutrients through ferti-irrigation on the growth, development, yield, fruit quality, nutritional content of leaves and petioles of the Maradol papaya (*Carica papaya* L.). The experimental design was randomized block with five treatments: Treatment 1, the control, consisted of the application of granulate fertilizer (150 kg ha⁻¹ of N, P₂O₅ y K₂O), and treatments 2 through 5 consisted of the application of the universal nutrient solution "Steiner" (50% diluted). The nutrient solution Steiner was added through ferti-irrigation system. The frequency of application of the different treatments was 1, 3, 6, 12 and 24 days; treatment 1 was added at day 1, treatment 2 at day 3, and so on. Each experimental block was repeated 8 times. We evaluated the following variables: plant height, accumulated number of leaves, diameter of the stalk, the height at first fruit, fruit yield, total soluble solids, fruit firmness, fruit weight loss, and nutrient content in leaves and petioles. As experimental results, we found that during the flowering stage there were no statistical significant differences ($p \leq 0.05$) in the number of leaves and diameter of the stalk; however, in plant height, we found statistical significance among treatments ($p \leq 0.05$); the best treatments in plant height were ferti-irrigation added during day 3 and 24, respectively. In the fruit development stage, we found that there were statistical significance ($p \leq 0.05$) in diameter of the stalk and plant height; in these two variables, the best treatments, compared with the control, were the ferti-irrigation treatments: 3, 6, 12 and 24, respectively. We did not found statistical significance in fruit firmness and fruit weight loss ($p \leq 0.05$). Likewise, we did not found statistical significance ($p \leq 0.05$) in total soluble solids; here, the best treatment was the application of granulate fertilizer. Finally, in the fruit development stage, growth and harvesting of the first fruits, we found statistical significant differences ($p \leq 0.05$) in the concentration of nutrients in stalks and petioles of the leaves; the N nutrient content was higher in the higher frequency ferti-irrigation treatments. In the same way, the nutrient concentration of P, K, Mg was reduced because of the dilution effect.

Keywords: *Carica papaya*, Maradol, frequency of ferti-irrigation, mineral nutrition.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo financiero brindado para realizar mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados por darme la oportunidad de continuar con mis estudios en esta etapa importante para mi desarrollo profesional.

Al Consejo Particular integrado por: Dr. Alfredo López Jiménez, Dr. Catarino Ávila Reséndiz y M.C. David Jaen Contreras, por las sugerencias y aportaciones realizadas al presente trabajo y amistad brindada

A los profesores del Colegio de Postgraduados quienes contribuyeron en mi formación profesional.

A mis compañeros por la amistad y el apoyo brindado durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados, Guille, Moy, Caro, Gollo, Arturo, Marquitos, Leo, Iván, Ángel, Mary, Ángel, Raúl y todos aquellos que de alguna u otra forma estuvieron conmigo en las buenas y en las malas.

A los amigos del Campus Veracruz que me apoyaron en la fase de campo: Rodolfo y Santos. Asimismo a los amigos del huerto de Fruticultura José Luís, Manuel, Abundio, Lupe y Jesús por su apoyo y amistad brindada.

Al Dr. Jorge Luis Fonseca Martínez por su apoyo y amistad brindada, para la realización de esta tesis.

Al Sr. Arturo López Veloz por el apoyo de análisis en la fase de laboratorio.

DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza para escalar un peldaño más en mi vida profesional y guiarme por el camino correcto.

A mi esposa Marcela y a mis hijos Fernanda, Ximena y Rusbel que con su amor, comprensión y apoyo me fortalecieron para continuar con este proyecto importante en mi vida.

A mi Madre Rosa Elvia que con su amor, consejos y ejemplo de vida me ha orientado para seguir el camino correcto del bien.

A mis hermanos Humberto, Eneida, Hiber, Hilsa, Vilma, Rubi y Rosalino que con su amistad y apoyo moral me fortalecieron.

A Sr. Prospero, y a mi tía Tomasa y sus hijos Antonio y Mariana, por su comprensión y apoyo incondicional.

CONTENIDO

I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Requerimientos edafo-climáticos del papayo.....	3
2.2 Características de la papaya 'Maradol'.....	4
2.3 Factores de manejo que influyen en la productividad del papayo.....	5
2.3.1 Humedad del suelo.....	5
2.3.2 Manejo del suelo.....	6
2.3.3 Control fitosanitario.....	7
2.3.4 Fertilización.....	9
2.3.4.1 Crecimiento vegetativo.....	9
2.3.4.2 Rendimiento y calidad de fruto.....	12
2.3.4.3 Concentración de nutrimentos en hoja y peciolo.....	15
III. OBJETIVOS E HIPOTESIS.....	17
3.1 Objetivo general.....	17
3.2 Objetivos específicos.....	17
3.3 Hipótesis.....	17
IV. MATERIALES Y METODOS.....	18
4.1 Ubicación del experimento.....	18
4.2 Características del clima.....	18
4.3 Características del suelo.....	19
4.4 Material vegetal.....	20
4.5. Tratamientos y diseño experimental.....	21
4.6 Aplicación de tratamientos y riegos.....	22
4.7 Conducción del experimento.....	23
4.7.1 Preparación del terreno.....	24
4.7.2 Características del sistema de fertirriego.....	24
4.7.3 Pre-germinado y elaboración del semillero.....	24
4.7.4 Establecimiento del vivero y trasplante.....	25
4.7.5 Labores culturales.....	25

4.8 Variables de campo evaluadas.....	26
4.8.1 Altura de planta	27
4.8.2 Numero acumulado de hojas.....	27
4.8.3 Diámetro de tallo	27
4.8.4 Altura del primer fruto	27
4.8.5 Número de frutos por planta.....	27
4.8.6 Rendimiento.....	28
4.8.7 Análisis de nutrimentos en hoja y peciolo.....	28
4.9 Variables de postcosecha.....	28
4.9.1 Contenido de sólidos solubles totales	29
4.9.2 Firmeza de la pulpa.....	29
4.9.3 Pérdida fisiológica de peso	29
4.10 Análisis estadístico.....	29
V. RESULTADOS Y DISCUSION.....	30
5.1 Variables de campo.....	30
5.1.1 Altura de planta.....	30
5.1.2 Diámetro de tallo	31
5.1.3 Numero acumulado de hojas.....	32
5.1.4 Altura del primer fruto.....	34
5.1.5 Número de frutos por planta.....	35
5.1.6 Rendimiento.....	36
5.2 Variables de postcosecha.....	37
5.2.1 Sólidos solubles totales.....	37
5.2.2 Firmeza de frutos.....	38
5.2.3 Pérdida fisiológica de peso del fruto.....	40
5.3 Concentración de nutrimentos.....	41
5.3.1 Hoja.....	41
5.3.2 Peciolo.....	44
VI. CONCLUSIONES.....	47
VII. RECOMENDACIONES.....	49
VIII. LITERATURA CITADA.....	50

INCIDE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Caracterización fenológica de la planta y del fruto de la papaya 'Maradol'. (Cituk <i>et al.</i> , 2006).....	4
2	Resultado de análisis químico del suelo, en el estrato de 0 - 30 cm, del terreno donde se realizó el experimento.....	19
3	Tratamientos evaluados en el experimento.....	21
4	Fertilizantes usados en la preparación de 1000 litros de solución Steiner al 50% aplicados a los tratamientos de fertirriego.....	22
5	Cantidad total de nutrimentos aplicados con la solución Steiner al 50% y fertilizante sólido al suelo, durante los 12 meses que duró el experimento.....	23
6	Fungicidas, acaricidas e insecticidas aplicados en el experimento.....	26
7	Altura y diámetro de tallo de planta de papaya 'Maradol', bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en fertirriego	31
8	Número acumulado de hojas de papaya 'Maradol', bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en fertirriego.....	33
9	Altura del primer fruto, número de frutos y rendimiento de papaya 'Maradol', bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en fertirriego	35
10	Concentración de macronutrimentos en hojas de papaya 'Maradol', bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en fertirriego.....	42
11	Concentración de micronutrimentos en hojas de papaya 'Maradol', bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en fertirriego.....	44
12	Concentración de macronutrimentos en el peciolo de la hoja de papaya 'Maradol', bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en fertirriego.....	45

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Precipitación y temperatura media promedio registrada en el Campo Experimental, Campus Veracruz (1994-2004).....	18
2	Distribución de tratamientos en campo.....	21
3	Sólidos solubles totales en papaya 'Maradol' bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en fertirriego.....	38
4	Firmeza de fruto de papaya 'Maradol' bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en fertirriego.....	39
5	Pérdida de peso del fruto de papaya 'Maradol' bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en fertirriego.....	40

I. INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) 'Maradol' de origen cubano, es uno de los frutos tropicales exóticos más apreciados y demandados para su consumo en fresco o industrializado a nivel nacional e internacional (Cituk *et al.*, 2006). En México, la producción se ha incrementado en los últimos años alcanzando un promedio de 736,000 toneladas (SIAP-SAGARPA, 2008). El nivel de exportación promedio se sitúa en 65,000 toneladas, colocándose como el principal exportador en el mundo (FAOSTAT, 2008). Asimismo, la superficie total cosechada en nuestro país es de 19,578 hectáreas de las cuales el 43.6% son de riego y el resto de temporal (SIAP-SAGARPA, 2008)

Uno de los problemas más importantes en el cultivo de este frutal es el suministro inadecuado de agua. Según Marteletto *et al.* (1997) la deficiencia de agua, por largos periodos, ocasiona poco amarre de frutos, debido a la producción excesiva de flores masculinas o estériles. Asimismo, Chirinos (1999) asevera que la falta de humedad en el suelo provoca escasa producción de látex y frutos. Sin embargo en cantidades excesivas ocasiona daños al cultivo. De acuerdo con Marteletto *et al.* (1997) el exceso de agua por periodos superiores a 24 horas ocasiona muerte de la raíz por falta de oxigenación y proliferación de enfermedades.

Otro de los problemas relevantes es la aplicación inadecuada de nutrimentos minerales. De acuerdo con Cituk *et al.*, (2006) la nutrición es uno de los factores que más influye en las características y rendimiento de este frutal. La fertilización mineral mejora el crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad de frutos. De acuerdo con Chirinos (1999) una fertilización adecuada, del papayo, se manifiesta con tallos cortos, robustos y una producción temprana. Estudios realizados por Escamilla *et al.* (2003) demuestran que las plantas que fueron fertilizadas con 258-200-280 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, obtuvieron mejores rendimientos (28.60 t ha⁻¹), con relación a las plantas que no recibieron dicho tratamiento (24.57 t ha⁻¹). De igual forma, Peñate (1999) encontró que la aplicación de micorrizas (*Glomus mossea*) y nutrimentos minerales en forma de N, P y K estimularon el crecimiento de las plantas y potenciaron el rendimiento y número de frutos por planta.

El uso inadecuado de fertilizantes y agua en la producción de papaya, puede ocasionar pérdidas económicas considerables, por el costo actual de los mismos. Asimismo, pueden provocar daños ambientales; ya que de acuerdo con Pérez y Landeros (2009) cuando se realizan aplicaciones excesivas de fertilizantes en zonas con alta precipitación o terrenos muy húmedos presentan pérdidas por arrastre o lixiviación, lo cual contamina mantos freáticos, ríos y lagos.

Por ello, es necesario la creación e implementación de nuevas tecnologías que promuevan la utilización racional del agua y fertilizantes en la producción de este frutal, como son el uso de sistemas de riego presurizados y sistemas de inyección de fertilizantes solubles que permitan hacer un uso eficiente de agua y fertilizantes. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes frecuencias de fertirriego, utilizando como base la solución Steiner al 50%, a través del sistema de riego por goteo, en el crecimiento, nutrición, rendimiento y calidad de fruto de papaya 'Maradol'.

CATARINO A R 7/12/09 08:39 PM

Deleted:

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Requerimientos edáfo-climáticos del papayo

El papayo se cultiva favorablemente en regiones con clima tropical y subtropical, a una altitud máxima de 450 metros; donde las temperaturas medias óptimas oscilan entre 24°C y 27°C y las temperaturas mínimas y máximas son de 21°C y 33°C, respectivamente (De los santos *et al.*, 2000 y Marteletto *et al.*, 1997). Estos mismos autores, señalan que en regiones donde la temperatura mínima es menor a 21°C se presentan problemas de deformación de frutos (cara de gato), debido al fenómeno de carpeloidía que es la transformación de los estambres de las flores hermafroditas en carpelos. Por otro lado, De los santos *et al.* (2000) reportan que las temperaturas superiores a 33°C en verano provocan, en flores hermafroditas, esterilidad femenina a causa del atrofiamiento del ovario, por lo que el fruto no se desarrolla. Debido a que estos árboles sólo producen polen y se comportan como plantas masculinas improproductivas, reciben el nombre de “hermafroditas estériles de verano”.

Los suelos donde crece el papayo son diversos, sin embargo para que la planta manifieste un buen desarrollo y alta producción es recomendable suelos fértiles de textura franco-arcillo-arenoso, con alto contenido de materia orgánica y profundos; como los que se encuentran en las vegas de los ríos (Mirafuentes, 2000). No son aptos los suelos ácidos, erosionados y con altos niveles de hierro y aluminio (Jiménez, 2002), tampoco suelos con exceso de humedad, ya que según Marteletto *et al.* (1997); Chirinos (1999), y De los santos *et al.* (2000), el exceso de humedad causa el amarillamiento o clorosis de las hojas jóvenes y la prematura defoliación de las hojas inferiores. Marteletto *et al.* (1997) puntualiza que el exceso de agua en el suelo, por periodos mayores a 24 horas, ocasiona la muerte de la plantas, debido en un principio a la falta de oxigenación de las raíces y posteriormente a la incidencia de enfermedades en la raíz. Por el contrario la deficiencia de humedad en el suelo ocasiona producción escasa de frutos y látex (Chirinos, 1999). Este frutal se desarrolla adecuadamente a pH entre 5.8 y 6.8 (Chirinos, 1999); o inferior a 6 pero no menor que 5 (Mirafuentes, 2000; Jiménez, 2002).

2.2. Características de la papaya 'Maradol'

De acuerdo a lo reportado por Cituk *et al.* (2006) en nuestro país existen cerca de 20 variedades con potencial comercial, destacando las tipo cera, solo, mamey y 'Maradol'. Sin embargo, desde la década de los 80's, la 'Maradol' de origen cubano, ha tenido mayor auge (Mandujano, 1993). En el Cuadro 1 se indican algunas características fenológicas de la planta y del fruto de la papaya 'Maradol', según lo reportado por Cituk *et al.* (2006).

Cuadro 1. Caracterización fenológica de la planta y del fruto de la papaya 'Maradol'. (Cituk *et al.*, 2006)

Características	Parámetros
Días a la germinación	15
Días al campo definitivo*	40
Altura de planta al trasplante	20cm
Diámetro basal del tallo al trasplante	0.6cm
Días a la inducción floral**	70
Días a la apertura del primer botón floral.	85
Días a cosecha del primer fruto**	220
Número de frutos por planta (9 meses)***	50
Peso de fruto "flor tipo I femenina"	1.5kg
Peso de fruto "flor tipo IV hermafrodita elongata"	2.5kg
Altura de cosecha del 1er. fruto	50.0cm
Diámetro promedio del fruto a la cosecha	13.0cm
Diámetro de la epidermis del fruto	1.0mm
Longitud promedio del fruto a la cosecha	20.0cm
Grados Brix	13
Biomasa radical	Superficial
Rendimiento comercial de fruta de primera calidad promedio ton/ha.	100

*Después de la siembra ** Después del trasplante *** Frutos cosechados

La apertura de los primeros botones florales se presenta a los 85 días después de la siembra (Cituk *et al.*, 2006). La floración plena alrededor de los 90 a 100 días y los primeros frutos se cosechan a los siete u ocho meses después de la siembra; teniendo un ciclo productivo de 540 días (Avila *et al.*, 1997). La población de papaya 'Maradol' presenta una proporción de 67% de plantas hermafroditas y 33% de hembras, sin la presencia de machos. En plantas hermafroditas predominan las flores

perfectas tipo IV (elongata) con ovario funcional y diez estambres. La cavidad interna del fruto es pequeña, principalmente, en frutos de plantas hermafroditas, teniendo una densidad alta, lo cual le permite transportar al mercado mayor peso en volumen que otros cultivares (Mandujano, 1993).

2.3. Factores de manejo que influyen en la productividad del papayo

2.3.1. Humedad del suelo

El contenido de humedad en el suelo, influye de manera positiva o negativa en la productividad del cultivo de papayo. Según Marteletto *et al.* (1997) la deficiencia de agua, por largos periodos, ocasiona poco amarre de frutos, debido a la producción excesiva de flores masculinas o estériles. Asimismo, Chirinos (1999) asevera que la falta de humedad en el suelo provoca escasa producción de látex y frutos. Estudios realizados por Mellado-Vásquez *et al.* (2005), en papaya 'Maradol' con sistema de riego por goteo, reportan que obtuvieron mejores rendimientos de fruta (30.4 t ha^{-1}), con la aplicación de una lamina de riego de 816 mm, aportados con doble cintilla de goteo, en comparación con 481mm aplicados con una sola cintilla, el cual registró un rendimiento de 19.6 t ha^{-1} . Del mismo modo, Ferreira, *et al.* (2001) evaluaron en papaya 'Sunset' (Improved Sunrise Solo Line 72/12), el efecto de diferentes láminas de riego, de 1900 mm a 2700 mm, encontraron que el aumento de peso del fruto es directamente proporcional con el aumento en la lámina de riego.

Por otro lado, el exceso de humedad en el suelo ocasiona daños al cultivo. De acuerdo a lo reportado por Marteletto *et al.* (1997) el exceso de agua por periodos superiores a 24 horas ocasiona muerte de la raíz por falta de oxígeno y propicia la proliferación de enfermedades fungosas en la misma. Del mismo modo, Chirinos (1999) menciona que el exceso de humedad ocasiona clorosis de las hojas jóvenes, y Mellado-Vásquez *et al.* (2005) concluyen que el exceso de humedad, ocasionado por periodos prolongados de lluvia, provoca amarillamiento de hojas, tallos largos y delgados, baja producción de látex, difícil cosecha de frutos y bajo rendimiento. Arrieta

y Carrillo (2002), realizaron un experimento donde evaluaron el comportamiento fenológico de la papaya 'Maradol' bajo sistemas de drenes sub-superficial a tres distancias (10m, 20m y 30m) para eliminar el exceso de humedad en el suelo; ellos encontraron que con la construcción de drenes a menor distancia (cada 10m) las plantas presentaron un incremento en tamaño, número de hojas, diámetro de tallo, rendimiento de fruto; en relación con los drenes construidos a mayor distancia (30m). Estos autores concluyen que, el exceso de humedad en los suelos ocasiona retraso en el desarrollo de las diferentes etapas fenológicas del cultivo y favorece la pudrición de las raíces, caída de flores y frutos y, en condiciones extremas, la pérdida total de la planta.

2.3.2. Manejo del suelo

El suelo es un componente esencial en la producción de frutales. Según Domínguez (1989), éste es el medio natural que proporciona el sostén físico, niveles de humedad, microorganismos y nutrientes para el desarrollo de las plantas. El manejo adecuado del suelo en el cultivo de papayo es muy importante. Entre las prácticas de manejo que se han estudiado se encuentra, el uso de micorrizas. Investigaciones realizadas por López-Moctezuma *et al.* (2005) documentan el efecto de la inoculación por hongos micorrízicos arbusculares (*Glomus spp*) y bacterias (*Bacillus pumilus*) promotoras del crecimiento vegetal, en el desarrollo de plantas de papayo; ellos encontraron que la inoculación simultánea de hongos micorrízicos arbusculares y bacteria produjeron un mayor crecimiento de las plantas, un incremento en el número de flores y se favoreció la absorción de algunos nutrimentos como el P y Zn . Asimismo, Vilar *et al.* (2000) concluyeron que la aplicación de 10% de estiércol del total del sustrato utilizado en la maceta y la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares, en plantas de vivero, propicia la producción de plantas sanas, para el campo.

Otra de las prácticas de manejo del suelo, importante en la producción de frutales, es el uso de abonos orgánicos e inorgánicos. Estudios realizados por Eduardo *et al.* (2001) en donde evaluaron el uso de cobertura a base de maíz y estiércol sobre

el consumo de agua y producción de ciruelo (*Prunus salicina* Lindl.) 'Methley'; encontraron que las coberturas de estiércol y paja de maíz picada ayudaron a la conservación del agua en el suelo mejoraron estado nutrimental de los árboles e incrementaron la productividad del frutal. Asimismo, reportan que los tratamientos con cobertura de estiércol y paja de maíz picada con riego diario presentaron un mayor rendimiento de fruto. En papaya, pocos estudios se han realizado, sin embargo, Chirinos (1999); menciona que este frutal, responde favorablemente a la aplicación de materia orgánica, composta, abonos verdes y estiércol.

2.3.3. Control fitosanitario

El papayo es susceptible a varias plagas y enfermedades. Estas, constituyen un factor importante en la reducción de rendimiento y calidad de fruta (Jiménez, 2002). Una de las principales enfermedades, que afectan al cultivo de papayo, es el virus de la mancha anular del papayo (VMAP). Según De los santos *et al.* (2000), este virus, puede ocasionar pérdidas hasta de un 100 por ciento, dependiendo del país donde se presente. De acuerdo con Cituk *et al.* (2006) y De los Santos *et al.* (2000), este patógeno es transmitido de forma no persistente por varios áfidos, los cuales transmiten el virus al momento de prueba de alimentación, sin necesidad de incubarlo o reproducirlo en su cuerpo. La aplicación de técnicas de control del VMAP de forma aislada no han resultado efectivas. Por ello, se han desarrollado prácticas agrícolas de manejo, que aplicadas de forma integral, actúan sinérgicamente para retrasar la incidencia y disminuir la severidad del VMAP, que permiten un desarrollo óptimo del cultivo. Estudios realizados por Pérez-Madrigal *et al.* (2000), donde evaluaron la influencia de la aplicación de extractos acuosos de Nim (*Azadirachta indica A. juss*), como componente potencial del manejo integrado del papayo (MIP) para retrasar la incidencia y disminuir la severidad del VMAP; encontraron que, la aplicación de Nim no contribuyó en el retraso de la incidencia y disminución de la severidad de la enfermedad. Asimismo, Hernández-Castro *et al.* (2003), estudiaron el efecto del cubrimiento con malla de polipropileno, de semilleros establecidos en tres épocas de

siembra: La primera, dos meses antes del inicio de temporada de lluvias; la segunda en plena temporada de lluvias y la tercera en la época de secano o riego, concluyendo que los semilleros instalados dos meses antes y en plena temporada de lluvias, aun sin la protección de la malla de polipropileno no presentaron plantas con infección del VMAP; sin embargo, en semilleros establecidos en época de secano o riego y sin la protección de la malla, sí se presentó la infección; aseverando que la malla ejerce un efecto de interferencia de la actividad vectorial de los áfidos que transmiten la enfermedad. Asimismo, señalan que la protección de los semilleros con malla de polipropileno evita la infección del VMAP, propiciando un mejor desarrollo de las plantas y mejores rendimientos.

Otra de las enfermedades importantes en el cultivo de papayo es la antracnosis causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*. De acuerdo con Acosta-Ramos *et al.* (2001) esta es una de las principales limitantes fitopatológicas que afectan a este cultivo, en postcosecha. Asimismo, Cituk *et al.* (2006) reportan que, este hongo, tiene la particularidad de infectar frutos en pleno desarrollo y permanecer latente, hasta reiniciar su proceso de patogénesis, cuando el fruto está maduro. La severidad de esta enfermedad es diferente, dependiendo del cultivar de que se trate. Estudios realizados por Acosta-Ramos *et al.* (2001), demostraron que, al evaluar la severidad de *Colletotrichum gloeosporioides* en tres cultivares que incluyeron al tipo cera, y las variedades 'Maradol' y 'Sunset', encontraron que después de los 10 a los 14 días de almacenamiento postcosecha, la 'Maradol' fue la más tolerante a la antracnosis, en relación con los otros dos cultivares, siendo 'Sunset' la más susceptible a la enfermedad. Aunado a esto, se han probado diferentes métodos, de control en esta enfermedad. Investigaciones realizadas por Nery-Silva *et al.* (2001) mostraron que la eficiencia de los fungicidas químicos Procloraz, Imazalil y Thiabendazol; en el control de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en frutos de papayo 'Sunset' (Improved Sunrise Solo Line 72/12); se logró con las concentraciones de 250 y 350mg de i.a/L ↓ del fungicida procloraz; mencionando también, que el thiabendazol, resulto ser poco eficiente en el control de dicha enfermedad. Del mismo modo, Tavares y de Souza, (2005) evaluaron la eficiencia de; azoxystrobin , chlorotalonil, hipoclorito de sodio (NaClO), imazalil , oxiclورو de cobre, procloraz, propiconazol, tebuconazol,

thiabendazol y tiofanato metílico en el control *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides* en postcosecha; concluyendo que los fungicidas azoxystrobin, clorotalonil, imazalil, procloraz, propiconazol y tebuconazol, mostraron alta eficiencia en la inhibición del micelio del hongo con respecto a los otros fungicidas.

2.3.4. Fertilización

El papayo, es uno de los frutales que más aprovecha las condiciones climáticas, si se realizan suministros adecuados de nutrimentos. De acuerdo con Cituk *et al.* (2006) la nutrición es uno de los factores que más influye en las características y rendimiento de este frutal. Asimismo, Chirinos (1999) menciona que es importante mantener una relación balanceada entre el nitrógeno, que fomenta el crecimiento vegetativo; el fósforo que estimula la producción temprana y el potasio que incide en la uniformidad y calidad del fruto, además la fertilización mineral incrementa el rendimiento de frutos.

CATARINO A R 10/12/09 11:18 PM

Deleted:

2.3.4.1. Crecimiento vegetativo

Las hojas, constituyen un órgano esencial en el desarrollo de los frutales. De acuerdo con Díaz (2002) en este órgano se localizan los cloroplastos, que son importantes en el proceso de fotosíntesis. Al respecto Jiménez (2002) reporta que, una planta sana de papaya debe tener alrededor de 30 hojas en buen estado. Peñate (1999) por su parte menciona que la mayor cantidad de hojas (34) se obtuvieron con la inoculación de micorriza nativa más fertilización con N, P y K. Del mismo modo, en estudios realizados por Ravitchandirane *et al.* (2002), mediante el cual evaluaron, la influencia de diferentes densidades de plantación y niveles de nutrientes en papaya cultivar CO.2, reportaron que se registró un mayor número de hojas (80.7) en los tratamientos donde el espaciamiento entre surco y planta fueron de 2.4 metros. Estos mismos autores señalan que, obtuvieron un mayor número de hojas (80.72) en los tratamientos donde la aplicación de N P K se realizó mensualmente, en relación con las realizadas a cada dos meses, las cuales registraron menor cantidad de hojas.

En lo que se refiere a la altura de planta, el papayo puede alcanzar una altura de tres a ocho metros (Ariza-Flores *et al.*, 2005). Sin embargo, esto va a depender del manejo y de la variedad de que se trate. Estudios realizados por Peñate (1999), quien como ya se dijo evaluó los efectos de la inoculación con hongos micorrizicos arbusculares y la aplicación de N P K, en papaya 'Maradol' encontró que en el primer mes de evaluación, los mejores tratamientos fueron aquellos que tuvieron N P K y al mismo tiempo micorrizas, de tal manera que registraron una altura de 61.64 y 60.36cm, respectivamente. No obstante, al evaluar el decimo mes, la altura de las plantas anduvo en un intervalo de 152.47cm, el más bajo y 170.30cm, el más alto, sin presentar diferencias estadísticas significativas. Resultados similares obtuvieron Bueno-Jaques *et al.* (2005) al estudiar la respuesta de la papaya 'Maradol' a la fertilización con N P K, reportando que la altura de planta evaluada a los 142 días después del trasplante presentó diferencias estadísticas entre tratamientos, siendo el mejor tratamiento, aquel que recibió una dosis de fertilización de 150-65-150 kg ha⁻¹ de N₂ P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Sin embargo, al evaluar los tratamientos a los 382 días después del trasplante, la altura de las plantas se comportó en un rango de 174.1 cm a 218 cm, sin presentar diferencias estadísticas significativas. Para la misma variedad, López-Moctezuma *et al.* (2005) reportaron que a los 115 días después del trasplante, los arboles que mostraron mayor tamaño (44.7cm) fueron aquellos que se inocularon con *Glomus spp* y bacterias del genero *Bacillus*. Por otro lado, estudios realizados por Escamilla *et al.* (2003), muestran que al evaluar el efecto de la fertilización orgánica e inorgánica al suelo y foliar en el cultivo de papaya 'Maradol'; hallaron que a los 156 días después del trasplante no encontraron diferencias significativas en la altura de las plantas para los tratamientos con fertilización orgánica al suelo y foliar. Sin embargo, si se reportan diferencias estadísticas significativas en el tratamiento que se le aplicó fertilización mineral al suelo de 258-200-280 kg ha⁻¹ de N₂ P₂O₅ y K₂O, respectivamente, el cual registró una altura de planta de 153cm.

El tallo del papayo es hueco, excepto en los nudos y va aumentando de tamaño, conforme va envejeciendo (Jiménez, 2002). Este órgano, sirve de sostén a la planta y sus frutos. Estudios realizados por Escamilla *et al.* (2003), que al evaluar la fertilización orgánica, mineral y foliar en papaya 'Maradol', encontraron que a los 156 días

después del trasplante, los árboles que reportaron un diámetro de tallo mayor (9.8 cm), fueron aquellos que recibieron fertilización mineral, en relación con aquellos que no se les aplicó dicho tratamiento y registraron un diámetro de 8.3 cm. Asimismo, hallaron que hubo una relación directa entre el diámetro de tallo y la altura de la planta, ya que al aumentar el diámetro de tallo, se incrementó la altura de los árboles. Para la misma variedad, Peñate (1999) reportó que, al probar la eficiencia de micorrizas nativas e introducidas y fertilización mineral al suelo, encontró que a los tres meses después del trasplante, las plantas que registraron el diámetro de tallo más elevado (5.88 cm), fueron aquellas que se inocularon con micorrizas nativas y fertilizaron con N P K. Sin embargo, al reportar el decimo mes después del trasplante, el diámetro de tallo osciló entre 10.27 y 11.48 cm, el más bajo y alto, respectivamente y no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos. Asimismo, Bueno-Jáques *et al.* (2005) quienes estudiaron la respuesta de la papaya 'Maradol' a la fertilización con N, P K, hallaron que a los 382 días después del trasplante, los árboles en los que reportan un diámetro de tallo mayor (12.47 cm) fueron los que se les aplicó P, en relación con aquellos que no recibieron dicho tratamiento, en los que se reporta un menor diámetro (9.35 cm).

El papayo es una planta en constante crecimiento y producción de frutos. De acuerdo con Ariza-Flores *et al.* (2005) la producción sostenida de papaya, depende del crecimiento continuo del tallo y formación de hojas nuevas, ya que en las axilas de las hojas se forman los frutos. La altura del primer fruto depende, de la variedad y del tipo de manejo empleado en el cultivo. Según Mirafuentes (2000) la altura del primer fruto es de 50, 110, 90, y 70, para 'Zapote', 'Criolla', 'Sunrise' y 'Maradol', respectivamente. Asimismo, Cituk *et al.* (2006) reportan que en papaya 'Maradol', la altura de cosecha del primer fruto es de 50 cm. En trabajos realizados por Arrieta y Carrillo (2002), en donde estudiaron el comportamiento fenológico de la papaya 'Maradol' bajo sistemas de drenes sub-superficiales, encontraron que, la altura del primer fruto fue mayor (68.87 cm), en el tratamiento donde la distancia entre drenes fue más amplia, sin existir diferencias estadísticas entre tratamientos. Estos mismos autores señalan que, el exceso de humedad en el suelo afecta el proceso de floración y la aparición de frutos. Asimismo, Escamilla *et al.* (2003) reportan que, al evaluar la fertilización orgánica, mineral y foliar en papaya 'Maradol', no hallaron diferencias

estadísticas significativas entre tratamientos en esta variable. Sin embargo, mencionan que la altura promedio del primer fruto para los tratamientos evaluados fue de 47 centímetros.

2.3.4.2. Rendimiento y calidad del fruto

La fertilización mineral mejora el crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad de frutos. Según Chirinos (1999) una adecuada fertilización del papayo se manifiesta con tallos cortos, robustos y una producción temprana. Estudios realizados por Escamilla *et al.* (2003) en papaya 'Maradol' demuestran que las plantas que fueron fertilizadas con 258-200-280 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, obtuvieron mejores rendimientos (28.60 t ha⁻¹), en relación con los árboles que no recibieron dicho tratamiento (24.57 t ha⁻¹). De igual forma, Mellado-Vásquez *et al.* (2005) encontró diferentes rendimientos, al aplicar distintas dosis de N, P y K a través del sistema de riego. El mayor rendimiento fue de 32.81 t ha⁻¹, el cual lo obtuvo al aplicar una dosis de 250-40-180 kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente. Por otro lado, Marinho *et al.* (2001) reportan que, al evaluar el efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno en papaya 'Sunrise Solo Line 72/12' encontraron que, el mayor rendimiento estimado (33.5 t ha⁻¹) lo obtuvieron con una dosis de 30 g planta⁻¹ mes⁻¹ de N, en forma de nitrato de amonio. Por su parte Mirafuentes (2000) reporta que; para papaya 'Maradol' el rendimiento de la primera cosecha, que dura de tres y medio a cuatro meses; puede llegar a ser de 63 t ha⁻¹. Asimismo, para esta variedad Cituk., *et al.* (2006) mencionan que, el rendimiento promedio de fruta de primera calidad, a nivel comercial es de 100 t ha⁻¹. Del mismo modo, en trabajos realizados por Peñate (1999), quien evaluó el efecto de la inoculación con hongos endomicorrízicos arbusculares y la aplicación de fertilización NPK, en el cultivo de papaya 'Maradol' halló que, no se registraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, al evaluar dicha variable, sin embargo, los mejores rendimientos (38.26 y 34.99 t ha⁻¹) estuvieron relacionados con los tratamientos inoculados con *Glomus mosseae* y la interacción del hongo con la aplicación de N P K. Contrario a esto, Bueno-Jaques *et al.* (2005) si hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, al estudiar la respuesta de la

papaya 'Maradol', a la aplicación de N P K; siendo el mejor rendimiento ($87.76 \text{ ton ha}^{-1}$) aquel que recibió fertilización mineral que incluyó la aplicación de fósforo, en relación con los tratamientos que no se les aplicó dicho nutrimento mineral. Asimismo, Escamilla *et al.* (2003) menciona que, al evaluar el efecto de la fertilización orgánica e inorgánica al suelo y foliar, en esta misma variedad, concluyeron que las plantas con fertilización mineral al suelo alcanzaron un rendimiento promedio de 28.60 t ha^{-1} , estadísticamente superior a 24.57 t ha^{-1} en plantas sin fertilización mineral.

El número de frutos por planta, en el cultivo de papaya, puede ser diferente, dependiendo de la variedad y del manejo empleado. En Investigaciones realizadas por Romero-Montero *et al.* (1998), quienes estudiaron la respuesta del papayo tipo 'Cera' a diferentes niveles de fertilización con nitrógeno y boro, encontraron que el promedio de frutos por planta fue de 12, para los tratamientos evaluados, sin existir diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Asimismo, Marinho *et al.* (2001) reportan que, al evaluar el efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno en papaya 'Sunrise Solo Line 72/12' hallaron que a los nueve meses después del trasplante, el número de frutos fue mayor (57 en promedio) en los tratamientos que se fertilizaron con nitrato de amonio, en relación con aquellos que se abonaron con sulfato de amonio, que reportaron 44 frutos por planta. Para 'Maradol', Cituk *et al.* (2006) menciona que, el peso promedio del fruto es de 1.6 kg y puede llegar a tener un periodo de cosecha de 10 a 12 meses, dependiendo del manejo integral proporcionado. Estudios realizados por Mirafuentes (2000), menciona que, la papaya 'Maradol' tiene un promedio de 27 frutos por planta. Del mismo modo, Cituk *et al.* (2006) aseveran que, ésta variedad en condiciones normales de manejo, obtiene un promedio de 50 frutos por planta. Del mismo modo, en trabajos realizados por Escamilla *et al.* (2003) en los que estudiaron la respuesta de la fertilización orgánica e inorgánica al suelo y foliar en papaya 'Maradol', concluyeron que el mayor número de frutos por planta fue de 23, que se registró en aquellos tratamientos con fertilización mineral al suelo de 258-200-280 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente, en relación con aquellos que no recibieron dicho tratamiento, que mostraron diferencias estadísticas significativas.

Con relación a la calidad de los frutos, Zhou (2001) menciona que uno de los cambios bioquímicos importantes, durante la maduración, es la aparición de azúcares,

que varían en tipo y cantidad de acuerdo al cultivar y condiciones climáticas. En este sentido, De los Santos *et al.* (2000) y Mirafuentes (2000) reportan que, la papaya 'Maradol' en madurez fisiológica puede llegar a obtener 8 grados Brix. Asimismo, Peñate (1999), menciona que los sólidos solubles pueden ser mayores (9.8°Brix) en los frutos muestreados en la primera cosecha, que en los que son muestreados dos meses después (6.8 °Brix). Por su parte Escamilla (2002) señala, que al probar la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos al suelo y foliar en papaya 'Maradol', los sólidos solubles totales registrados fueron de 8.62 a 10.12 °Brix. Otro indicador importante de la madurez comercial, es el color de la epidermis; el cual se ubica en los cuadrantes amarillo y rojo en madurez de consumo, producto de una mayor acumulación de carotenoides (Peñate, 1999). Asimismo, Escamilla (2002), reporta que el color de la epidermis de la fruta, con la aplicación de fertilizante inorgánico al suelo oscilaron entre 85.7 a 89.9 °Hue. También, señala que el color, reportado en ángulo de matiz Hue, disminuyó durante el almacenamiento de los frutos, en condiciones de maduración, lo cual indica el cambio de tonalidad del verde (-a) al rojo (+a) o amarillo (+b), característico de los frutos en madurez de consumo

Del mismo modo, la firmeza de la pulpa es otra de las variables que nos indican la calidad en los frutos de papaya, en postcosecha. De acuerdo con Chan y Tam (1982) la maduración de los frutos de papaya involucra el ablandamiento de la pulpa, cambiando de dura y correosa a blanda y jugosa; Lo cual se debe a la degradación, por medio de enzimas, de las pectinas, hemicelulosas y celulosas que conforman la pared celular. De acuerdo con Ariza-Flores *et al.* (2005), las enzimas que degradan la pared celular son las poligalacturonasa, pectin metilesterasa, xilanasa y celulasa. Para 'Maradol', De los Santos *et al.* (2000) reportan que la firmeza de la pulpa es de 1.0 Kg/cm². Estudios realizados por Escamilla (2002), demuestran que los frutos de papaya 'Maradol' que presentaron mayores valores de firmeza de pulpa (3.0 y 2.56 kg fuerza) fueron a los que se les aplicó fertilizante inorgánico al suelo y foliar, con mayores concentraciones de Ca. Esto debido a que dicho elemento se localiza en la pared celular adherido a pectinas, donde su función principal, es la de regular la permeabilidad de la membrana y la de fortalecer a la pared celular (Díaz, 2002).

2.3.4.3 Concentración de nutrimentos en hoja y peciolo

Para saber el estado nutrimental, corregir deficiencias y evitar la aplicación excesiva de fertilizantes en las plantas de papayo, es necesario conocer los niveles de nutrimentos en hojas y peciolo. Algunos estudios demuestran que el K juega un papel importante en el metabolismo de la planta. De acuerdo con Díaz (2002) este elemento influye en la calidad de los frutos, ya que se encuentra asociado con el movimiento de azúcares en las células. Asimismo, estudios realizados por Sri *et al.* (1995) quienes evaluaron el efecto de niveles de K sobre el rendimiento de papaya en los cultivares 'Bangkok', 'Paris', y 'Cibinong'; encontraron que el peso del fruto no fue influenciado por el incremento en los niveles de K, no obstante, si hubo un incremento de peso en relación con el testigo. En plantas de papaya 'Maradol' con fertilización de 258-200-280 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. En trabajos realizados por Awada *et al.* (1986), quienes evaluaron las concentraciones críticas de N y K en papaya 'Sunrise'; encontraron que al incrementar la fertilización con N, las concentraciones de K (3.51%) y Ca (2.17%) en el peciolo de la hoja, disminuyeron por efecto de dilución al aumentar el crecimiento vegetativo. Sin embargo, las concentraciones de P (0.12%), Mg (0.29%), Cu (6.1 mg kg⁻¹), Fe (28 mg kg⁻¹), Mn (48.6 mg kg⁻¹) y B (21.8 mg kg⁻¹) en el peciolo de las hojas, no se vieron afectadas al incrementar la dosis de fertilización con nitrógeno. Asimismo, reportan que al aumentar la fertilización con K, la concentraciones de K y B, en el peciolo de la hoja se incrementaron, mientras que la concentración de Mg disminuyó y la de Ca no fue afectada. Para 'Maradol', López-Moctezuma *et al.* (2005) señalan que, al evaluar el efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y dos cepas de bacterias del genero *Bacillus*; hallaron que a los 64 días después del trasplante el contenido de P, en el tejido foliar, fue mayor (0.3%), en las plantas que se inocularon con HMA y bacterias de género *Bacillus*, en relación con los demás plantas que no recibieron dicho tratamiento; sin embargo, a los 115 días después del trasplante (plena floración) la concentración de este elemento mineral fue estadísticamente igual en todos los tratamientos. Del mismo modo, mencionan que la concentración de Zn fue más alta 50.8 y 48.8 mg kg⁻¹, en los tratamientos que se inocularon con HMA más *Bacillus pumilus* y HMA mas *Bacillus*

macerans, respectivamente. Asimismo Mellado-Vásquez *et al.* (2005) para la misma variedad, mencionan que al estudiar diferentes sistemas de riego y fertilización con N-P-K, concluyeron que, en todos los sistemas de riego la concentración de K (de 0.35 a 2.53 %), en el peciolo de la hoja, fue deficitario en los dos muestreos realizados. No obstante, los valores de Ca a los 181 días después del trasplante (DDT) (7.40 mg kg^{-1}) y a los 227 DDT (3.74 mg kg^{-1}), así como el Mg a los 181 DDT (1.43 mg kg^{-1}) y Cu a los 181 DDT (52 mg kg^{-1}) resultaron ser altos para los tratamientos evaluados. Estos mismos autores señalan que el N pasó de un nivel deficitario a los 181 DDT (0.49 %) a nivel de suficiencia a los 227 DDT (1.31%), en los tratamientos con sistemas de riego por goteo en relación con aquellos que fueron regados de forma convencional, mientras que el Fe ($>25 \text{ mg kg}^{-1}$), Zn ($>15 \text{ mg kg}^{-1}$) y Mn ($>20 \text{ mg kg}^{-1}$) presentaron niveles de suficiencia a los 181 y 227 DDT, en los tres sistemas de riego. Escamilla *et al.* (2003), quienes evaluaron la respuesta de la fertilización orgánica e inorgánica al suelo y foliar en el cultivo de papaya 'Maradol', encontraron que hubo diferencias estadísticas significativas en las concentraciones de Ca y B en plantas con fertilización orgánica con 24 y 0.33 mg g^{-1} de peso seco. De mismo modo, la concentración de Mg resultó significativamente mayor en plantas con fertilización foliar (11.8 mg g^{-1}). Asimismo, mencionan que, en relación con las concentraciones de macro y microelementos, únicamente la concentración de B resultó con diferencias mínimas significativas, en plantas con fertilización mineral (0.130 mg g^{-1}) con respecto a las que no recibieron dicho tratamiento.

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1. Objetivo general

Estudiar el efecto de la frecuencia de fertirriego, usando como base la solución Steiner al 50% a través del sistema de riego por goteo, en el crecimiento, nutrición y calidad de fruto de papaya 'Maradol'.

3.2. Objetivos específicos

a). Evaluar el efecto de diferentes frecuencias de fertirriego en la altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, altura del primer fruto, número de frutos y rendimiento de papaya 'Maradol'.

b). Evaluar el efecto de diferentes frecuencias de fertirriego en la concentración de nutrimentos minerales en hoja y peciolo de papaya 'Maradol'.

c). Evaluar el efecto de diferentes frecuencias de fertirriego en la calidad de frutos de papaya 'Maradol' en postcosecha.

3.3. Hipótesis

A mayor frecuencia de fertirriego se favorecerá la nutrición de la planta en consecuencia se mejorara el crecimiento vegetativo, el rendimiento y la calidad de frutos de papaya 'Maradol'.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Ubicación del experimento

El experimento se realizó en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, el cual se localiza en la planicie costera del Golfo de México, en la porción central del estado de Veracruz a $19^{\circ} 10'$ de latitud norte y $96^{\circ} 16'$ de longitud oeste con una altitud que va de 20 a 40m en promedio. Dicho campo está ubicado en el municipio de Manlio Fabio Altamirano, en el predio denominado "Tepetates".

4.2. Características del clima

En las Figura 1 se muestra el promedio de diez años de datos de temperatura y precipitación, reportados por la Comisión Nacional del Agua (1994-2004), para la zona donde se realizó el trabajo de investigación. El clima, de la zona, se caracteriza por

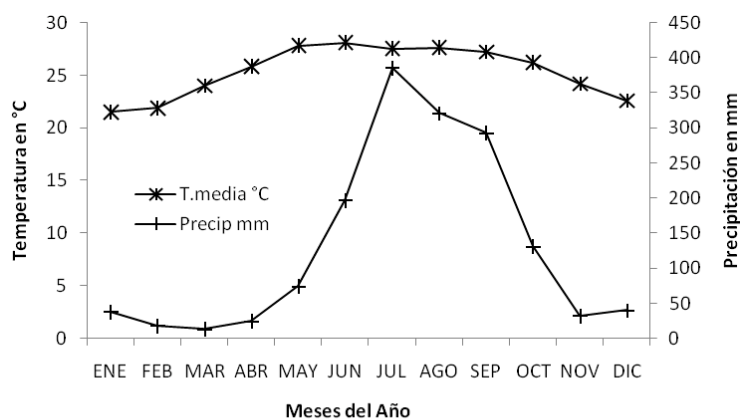


Figura 1. Precipitación y temperatura media promedio registrada en el Campo Experimental, Campus Veracruz (1994-2004)

presentar lluvias anuales de 1050 mm a 1200 mm de precipitación, el 90% concentradas de mayo a septiembre. La temperatura media anual es de 27.8 °C, con 1600 mm de evaporación media anual, registrándose una humedad relativa de 82%. En el invierno se presentan masas de aire frío, acompañados de vientos que alcanzan velocidades de 140 km h⁻¹ en periodos cortos (seis a doce horas).

4.3. Características del suelo

Previo al trasplante, se realizó un muestreo de suelo a una profundidad de 0 a 30cm, el cual fue enviado al laboratorio de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados, donde se le realizó un análisis químico para conocer la fertilidad inicial del mismo, cuyas características se muestran en el Cuadro 2. Los resultados indican que el pH es neutro (6.8) y está dentro del rango para el cultivo de papayo, ya que según (Chirinos, 1999 y Mirafuentes, 2000) este frutal se desarrolla adecuadamente en pH que va de 6 a 7.

Cuadro 2. Resultado de análisis químico del suelo, en el estrato de 0 - 30cm, del terreno donde se realizó en experimento

Determinación (0-30 cm)	Unidades	Resultado
pH (1:2 H ₂ O)		6.8
CE (1:5 H ₂ O)	dSm ⁻¹	0.61
CIC (NH ₄ COOCH ₃ 1N)	meq 100 g ⁻¹	22.00
M.O. (Walkley-Black)	%	2.20
N total (Kjeldahl)	%	0.10
P (Olsen)	ppm	9.50
K (NH ₄ O Ac 1N pH 7)	meq 100 g ⁻¹	0.70
Ca (NH ₄ O Ac 1N pH 7)	meq 100 g ⁻¹	11.10
Na (NH ₄ O Ac 1N pH 7)	meq 100 g ⁻¹	0.25
Mg (NH ₄ O Ac 1N pH 7)	meq 100 g ⁻²	6.00
Mn (DTPA)	ppm	5.50
Zn (DTPA)	ppm	0.50
Cu (DTPA)	ppm	0.55
B (DTPA)	ppm	0.45

Asimismo, observamos que la conductividad eléctrica es de 0.61 dSm^{-1} . Esto significa que es un suelo bajo de sales, ya que de acuerdo con Vázquez, (1996) los suelos con una conductividad eléctrica menor a 2 dSm^{-1} se consideran no salinos y son aptos para el cultivo de frutales. También podemos apreciar la capacidad de intercambio catiónico y porcentaje de materia orgánica, que de acuerdo con Cottenie, (1980) y Vázquez, (1996) es alto y medio, respectivamente. Del mismo modo, se aprecia que el contenido de N y P fue mediano, en relación con el K, Ca y Mg que fueron altos y el Mn, Zn, Cu y B que fueron bajos (Vázquez, 1996)

4.4. Material vegetal

El material vegetal fue papaya 'Maradol', de origen cubano, que se caracteriza por tener tallo de color verde con tonalidades moradas, la planta llega a medir hasta dos metros de altura, siendo de menor tamaño que la papaya 'Mamey' y 'Cera'. El 65% de los frutos son alargados, de piel muy lisa, con buena apariencia. Cuando la pulpa está madura es de color roja y muy fina, el peso promedio varía de 1300 a 2700 g. Por su sabor, color y apariencia, es una fruta con excelentes cualidades para el consumo en fresco. Los frutos de esta variedad tienen buen sabor, alto contenido de azúcar y muy consistentes, por lo que tienen larga vida de anaquel en condiciones de temperaturas controladas. La floración inicia alrededor de los 90 a 100 días y el fruto se cosecha a los siete u ocho meses después de la siembra; teniendo un ciclo productivo de 540 días (Avila *et al.*, 1997). La población de papaya 'Maradol' presenta una proporción de 67% de plantas hermafroditas y 33% de árboles hembras, sin la presencia de machos.

Esta variedad presenta esbozo floral y fructificación temprana y es de producción discontinua, representada por tramos de diez a quince frutos de características homogéneas. En plantas hermafroditas predominan las flores perfectas tipo IV (elongata) con ovario funcional y diez estambres. La cavidad interna del fruto es pequeña, principalmente, en frutos de plantas hermafroditas, teniendo una densidad alta, lo cual permite transportar al mercado mayor peso en volumen que otros cultivares (Mandujano, 1993).

4.5. Tratamientos y diseño experimental

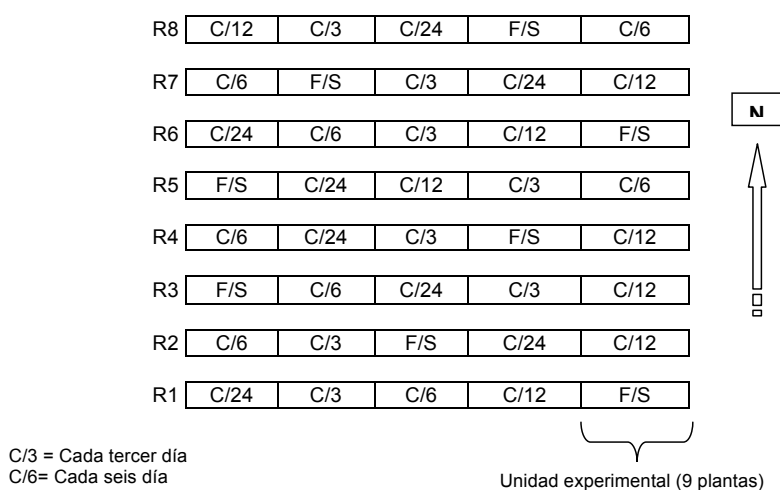
Se evaluaron cuatro frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales; cada 3, 6 12 y 24 días respectivamente a través del sistema de riego por goteo, utilizando como base la solución universal Steiner al 50% y se compararon con aplicación de fertilizante granulado al suelo, como lo utilizan los productores de la zona, que sirvió de testigo, los cuales se indican en el Cuadro 3. El diseño experimental usado fue bloques completos al azar, con cinco tratamientos y ocho repeticiones y la unidad experimental estuvo conformada por una hilera de 9 árboles cada una, como se muestra en la Figura 1.

Cuadro 3. Tratamientos evaluados en el experimento

Tratamiento	Dosis en kg ha ⁻¹	Frecuencia de aplicación de fertirriego días
1	Solución Steiner al 50%	3
2		6
3		12
4		24
Testigo	fertilizante sólido al suelo 150-150-150*	cada 24 días

*12.5 kg ha⁻¹ de la fórmula triple 17 cada 24 días durante 12 meses que duro el experimento

Figura 2. Distribución de tratamientos en campo



C/12= Cada doce día
 C/24= Cada veinticuatro día
 F/S= Fertilizante al suelo

4.6. Aplicación de tratamientos y riegos

Los fertilizantes usados para la preparación de la solución Steiner al 50% se muestran en el Cuadro 4, los cuales fueron diluidos en 1000 litros de agua y aplicados de forma similar por un lapso de media hora por tratamiento, de acuerdo a la frecuencia de fertirriego, por medio de un inyector tipo Venturi. Para evitar que se quedaran residuos de solución en el sistema de riego, previo y posterior a la aplicación de solución se aplicó media hora de agua sin solución. Para el caso de la aplicación de fertilizante granulado al suelo, que sirvió como testigo, se utilizó la formula triple 17, a razón de 12.5 kg ha⁻¹ cada 24 días durante 12 meses que duro el experimento, como lo aplica el productor de la región. Es importante mencionar que todos los tratamientos, incluyendo al testigo, recibieron riego por goteo durante una hora todos los días.

Cuadro 4. Fertilizantes usados en la preparación de 1000 litros de solución Steiner al 50% aplicados a los tratamientos de fertirriego

	Concentración de nutrientes para la solución Steiner al 50 % (ppm)								
	N total	N-NO ₃	N-NH ₄	P-PO ₄	K	Ca	Mg	B	
Requerimiento	84.07			15.5	136.5	90	24	0.5	
Análisis de la solución del suelo	0.93				3.51	14.8	6.4		
Análisis de agua	5.5				5.6	33.8	22.4		
Requerimiento ajustado	77.64	79.48	5.71	15.5	127.39	41.4	-4.8	0.5	
Fertilizantes									Cantidad en g /1000 L de agua
Multi NPK (13-2-44)		45.34		3.03	127.39				348.82
Nitrato de calcio (15.5% N, 26.3% CaO)		34.14				41.4			220.32
Fosfato monoamónico (12-60-00)			5.71	12.47					47.63
Borax (11 %B)								0.5	4.5
Totales		79.48	5.71	15.5	127.39	41.4		0.5	

Asimismo y considerando la distancia entre surco y planta (2.6 y 1.5, respectivamente), el número (20,000 ha⁻¹) y gasto por gotero (1000 ml por hora), el tiempo de fertirriego por tratamiento (30 minutos) la concentración de la solución Steiner y los doce meses que duro el experimento, en el Cuadro 5 se muestra la cantidad total de nutrientes aplicados en fertirriego y fertilización solida al suelo, durante los 12 meses que duro el experimento.

Cuadro 5. Cantidad total de nutrientes aplicados con la solución Steiner al 50% y fertilizante sólido al suelo, durante los 12 meses que duro el experimento.

Tratamiento	Frecuencia de fertirriego en días	Nutrientes aplicados en kg ha ⁻¹					
		N	P	K	Ca	Mg	B
1	3	100.88	18.60	163.80	108.00	28.80	0.60
2	6	50.44	9.30	81.90	54.00	14.40	0.30
3	12	25.22	4.65	40.95	27.00	7.20	0.15
4	24	12.61	2.32	20.47	13.50	3.60	0.08
Testigo	fertilizante sólido al suelo cada 24 días	150	150	150			

4.7. Conducción del experimento

El experimento se estableció en el mes de abril de 2007 y concluyó en abril de 2008. La toma de datos se realizó de julio de 2007 a abril de 2008. Para reducir la infección del virus de la mancha anular del papayo, el manejo fue integrado y consistió en mantener a las plántulas bajo la protección de malla anti-áfida, utilización de barreras de maíz (*Zea mays*) entre hileras y alrededor del cultivo y la aplicación de productos agroquímicos contra áfidos (Hernández-Castro *et al.*, 2003).

4.7.1. Preparación del terreno

Debido a que el terreno donde se estableció el experimento estuvo sin cultivarse cuatro años, la preparación del terreno se realizó con mes y medio de anticipación. Primeramente, se eliminaron las malas hierbas y algunos arbustos en forma manual, con la ayuda de pico, pala y machete. Posteriormente, y con la utilización de implementos para maquinaria agrícola, se realizaron las labores de barbecho, rastreo, nivelación y surcado. Las plántulas fueron sembradas en cepas de 20 x 20 x 20 cm de largo, ancho y profundidad, respectivamente. Las cepas se hicieron con el apoyo de un punzón, sobre el lomo del surco, a una distancia de 2.5 metros entre hilera y 1.6 metros entre planta, a una densidad de plantación de 2500 plantas por hectárea.

4.7.2. Características del sistema de fertirriego

El sistema de fertirriego, estuvo compuesto de una fuente de abastecimiento de agua; conformado por un pozo, una bomba y un tinaco ubicado a cinco metros de alto, por medio del cual se derivaron las mangueras distribuidoras hacia la parcela experimental. Asimismo, contó con un filtro de malla, cintas regantes con goteros a cada 20 cm de distancia, con un gasto de 1000 mL por gotero por hora. Cada unidad experimental fue fertirrigada individualmente por medio de válvulas independientes. La solución de fertilizante fue preparado en un tinaco de 1000 L y fue inyectado al sistema a través de un Venturi.

4.7.3. Pre-germinado y elaboración del semillero

La semilla de papaya 'Maradol' utilizada en el experimento, fue la que distribuye de forma comercial la empresa semillas del Caribe®. Dichas semillas se pusieron a

remojar; con agua limpia, durante 72 horas en un recipiente; haciendo cambios de agua cada 12 horas y procurando cubrirlas ligeramente. En el último cambio de agua se le agrego 1.5 g L^{-1} del fungicida sistémico promilo®, para evitar el ataque de hongos. Una vez terminado el tiempo de remojo, se colocaron entre jergas previamente desinfectadas con agua caliente y se mantuvieron húmedas a temperatura ambiente hasta que empezaron a germinar (6 días después de haberse colocado en las jergas), lo cual se pudo apreciar al momento en que las semillas empezaron a abrirse y mostrar un punto blanco.

4.7.4. Establecimiento del vivero y trasplante

Como parte del manejo integrado del virus de la mancha anular del papayo, el vivero se estableció dentro de un invernadero protegido con malla antiáfida. Para el establecimiento del vivero se utilizaron charolas de plástico de 60 cavidades, las cuales se rellenaron con sustrato comercial tipo peat moss. En cada cavidad se introdujo una semilla de papaya, previamente pre-germinada. Posteriormente, se cubrieron del sol, por alrededor de seis días, hasta que germinaron completamente. A los 15 y 25 días después de haber germinado, se les aplicó 5 g L^{-1} de la fórmula 20-30-10 de fertilizante foliar. Cuando las plántulas cumplieron 40 días en el vivero y tenían más de cinco hojas verdaderas se sacaron del invernadero y trasplantaron al terreno definitivo.

4.7.5. Labores culturales

Posterior al trasplante, se llevaron a cabo diversas actividades con la finalidad de mantener, las plantas del experimento, en buen estado. Se realizaron deshierbes químicos con la aplicación de 1.5 mL L^{-1} de glifosato. Esta labor se hizo con fumigadoras manuales de mochila, una vez por mes. Asimismo, se realizaron deschupones a cada dos meses hasta que la planta llegó a la etapa de plena

producción de frutos y dejó de producirlos. Dicha labor consistió en la eliminación manual de los vástagos de las axilas de las plantas de papayo. Del mismo modo, se efectuaron aplicaciones intercaladas de fungicidas, acaricidas e insecticidas para mantener a la plantación libre de plagas y enfermedades como se muestra en Cuadro 6. Asimismo, se hicieron aplicaciones quincenales foliares de Boro a razón de 129 gramos de ingrediente activo por hectárea.

4.8. Variables de campo evaluadas

Los datos de las variables de campo evaluadas, fueron registradas durante la etapa de crecimiento del cultivo de papayo, para lo cual, se escogieron cuatro plantas al azar por unidad experimental a las cuales se les tomaron los datos. Las variables de altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas se midieron cuatro veces durante el crecimiento del cultivo: la primera se realizó a los 94 días después del trasplante (30 de julio de 2007), la segunda a los 177 días (21 de octubre de 2007), la tercera a los 217 días (30 de noviembre de 2007) y la cuarta a los 342 días (3 de abril de 2008). Asimismo, las variables de altura de la primera flor, altura del primer fruto, contenido de clorofila, número de frutos y rendimiento se midieron a los 94, 177, 217, 342 y 342 días después del trasplante, respectivamente.

Cuadro 6. Fungicidas, acaricidas e insecticidas aplicados en el experimento.

Producto	Clasificación	Dosis aplicada	Frecuencia de aplicación
Mancozeb	Fungicida	2.5 g L ⁻¹ agua	Cada 12 días a follaje y fruto
Clorotalonil	Fungicida	2.0 g L ⁻¹ agua	Cada 12 días a follaje y fruto
Captan	Fungicida	3 g L ⁻¹ agua	Cada 12 días a follaje, flor y fruto
Benomilo	Fungicida	1.5 L ⁻¹ agua	Cada 15 días a follaje, flor y fruto
Dicofol	Acaricida	2.5 mL L ⁻¹ agua	Presencia de ácaro rojo o blanco
Abamectina	Acaricida	0.5 mL L ⁻¹ agua	Presencia de ácaro rojo o blanco
Endosulfan	Insecticida	1.5 mL ⁻¹ agua	Presencia de insectos (áfidos)
Metamidofos	Insecticida	1.5 mL ⁻¹ agua	Presencia de insectos (áfidos)

4.8.1. Altura de Planta

La altura de las plantas se midió a los 94, 117, 217 y 342 días después del trasplante (DDT), con un flexómetro, tomando la medida desde el nivel del terreno hasta la yema apical de la planta.

4.8.2. Número acumulado de hojas

El número de hojas se registro a los 94, 117, 217 y 342 DDT. Esta medición se realizó en forma acumulada, para conocer el total de hojas producidas por cada tratamiento, durante el ciclo evaluado. Para ello, se fueron colocando marcas de pintura en el tallo de los árboles después de cada muestreo, para no volver a contar las mismas hojas.

4.8.3. Diámetro de tallo

Esta variable se registró a los 94, 117, 217 y 342 DDT con un vernier, a una altura de 10 cm sobre el nivel del suelo.

4.8.4. Altura del primer fruto

Se midió la altura desde el nivel del suelo hasta el primer fruto completamente formado (8 a 10 cm de longitud), utilizando una cinta métrica; la medición se realizó a los 117 DDT.

4.8.5. Número de frutos por planta

Esta variable se evaluó contabilizando los frutos que se presentaron desde el inicio de la fructificación hasta los 342 DDT. Para ello; a los 217 DDT, se contaron y delimitaron con pintura de aceite, sobre el tallo de los árboles, el número de frutos

presentes (mayores a 15 cm de longitud); posteriormente, a los 342 DDT, se realizó un segundo conteo, tomando en cuenta, únicamente los frutos nuevos que no habían sido delimitados por la marca de pintura y se realizó la suma respectiva.

4.8.6. Rendimiento

En plena madurez fisiológica, se tomaron 16 plantas al azar por tratamiento y se les determinó el rendimiento, tomando en cuenta el peso promedio de los frutos y el número de frutos por planta. Cabe mencionar que para determinar esta variable se tomaron en cuenta todos los frutos que produjo la planta sin clasificarlos por calidad o tamaño.

4.8.7. Análisis de nutrimentos en hoja y peciolo

Con la finalidad de evaluar el estado nutrimental de la planta, se muestrearon a los 177 y 217 DDT, 2 hojas y 2 peciolo maduros en ocho plantas por tratamiento; los cuales se etiquetaron y llevaron al laboratorio de Nutrición de Frutales de la especialidad de Fruticultura del Colegio de Postgraduados. En el laboratorio, se lavaron con agua destilada y desionizada, se secaron en una estufa a 70° C durante 72 horas, se molieron y se les determinó la concentración de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Cu y Zn. El nitrógeno se obtuvo por medio de la metodología de Microkjeldahl, propuesta por Page *et al.* (1982). El fósforo se extrajo por el método Vanadato-Molibdato Amarillo, citado por Olsen *et al.* (1954). Asimismo, el potasio por emisión de flama y los elementos Ca, Mg Mn, Cu y Zn fueron analizados con el espectrofotómetro de absorción atómica IL 551 (Chapman y Pratt, 1961).

4.9. Variables de postcosecha

A los 217 DDT, se muestrearon tres frutos al azar por tratamiento, para evaluar las variables de postcosecha, en el laboratorio de Postcosecha de la especialidad de

Fruticultura del Colegio de Postgraduados. Estos fueron lavados y mantenidos a una temperatura de 20° C hasta lograr la madurez de consumo.

4.9.1. Contenido de sólidos solubles totales

Esta variable se evaluó por medio de un refractómetro digital Atago modelo Pr-100, con escala de 0 a 32%, el cual reportó lecturas en °Brix. Estos datos fueron tomados de la parte media de la pulpa del fruto, en plena madurez de consumo, a tres frutos por tratamiento cosechados a los 217 DDT.

4.9.2. Firmeza de la pulpa

Se evaluó a través de un texturómetro modelo FDV-30, con un puntal de 0.7 cm de diámetro. Se midió la fuerza de penetración del puntal, cuyos valores fueron expresados en kg cm⁻². Los datos fueron tomados de tres frutos por tratamiento a los ocho días después del corte (madurez de consumo). Para ello, se reportó el promedio de tres penetraciones realizadas en cada fruto (proximal, media y distal).

4.9.3. Pérdida fisiológica de peso

Esta variable se evaluó con una balanza digital, por medio de la cual se registró el peso inicial y final, en madurez fisiológica de tres frutos por tratamiento; para conocer el porcentaje de peso perdido por día, durante la maduración. Lo cual, se estimó mediante la ecuación que a continuación se describe.

$$\% \text{ de peso perdido por día} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times \frac{100}{\text{número de días a madurez de consumo}}$$

4. 10. Análisis estadístico

Para cada una de las variables evaluadas se les realizó un análisis de varianza, con el paquete estadístico SAS System® para Windows V8 (SAS, 2001). Utilizando el

procedimiento ANOVA y la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$), para la comparación de medias entre tratamientos.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Variables de campo

5.1.1. Altura de planta

Los datos de altura de planta se concentran en el Cuadro 7, en el cual se observa que a los 94 Días Después del Trasplante (DDT) hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y que el mejor tratamiento fue el que recibió el fertirriego a cada 24 días, en comparación con los tratamientos, donde el fertirriego fue más frecuente y al testigo que recibió fertilización granulada al suelo que registraron menores alturas de planta. Sin embargo, a los 177 (DDT) todos los tratamientos donde los nutrientes fueron suministrados a través del sistema de fertirriego, reportaron los mayores datos de altura de planta en comparación con el testigo, lo cual demuestra la importancia de la aplicación de fertilizantes inorgánicos solubles a través del sistema de riego por goteo, en etapas tempranas de desarrollo de esta variedad. No obstante, conforme transcurrió el tiempo, a los 217 y 342 DDT, la altura de las plantas oscilaron entre 175.16 y 198.75cm y no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos, lo cual coincide con lo reportado por Peñate (1999) y Bueno-Jaques *et al.* (2005) quienes al evaluar los primeros meses de desarrollo de la planta de papaya 'Maradol', si encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos. No obstante, al evaluar los últimos meses de crecimiento, no encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. De lo cual, se infiere que a pesar de que la aplicación de fertilizante granulado al suelo (testigo) aportó mayores cantidades de N, P y K con relación a la aplicación de la solución Steiner en las diferentes frecuencias de fertirriego, el tamaño de las plantas en la parte final del experimento fueron similares. Asimismo se observa que una de las características fenotípicas particulares, en etapas de máximo desarrollo, de ésta variedad es la altura, la cual no es mayor de 2 metros,

sin importar la frecuencia o cantidad de fertilizante aplicado (Mandujano, 1993 y Bueno-Jaques *et al.*, 2005).

5.1.2. Diámetro de tallo

En el Cuadro 7 se observan los datos de diámetro de tallo, donde se aprecia que en los tres primeros meses (94 DDT) de crecimiento, desde el trasplante hasta el inicio de la floración, no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. No obstante, al evaluar ésta variable a los 177 DDT, que coincidió con la etapa de mayor amarre y crecimiento de frutos, si se presentaron diferencias estadísticas significativas, siendo los mejores tratamientos aquellos que recibieron la fertilización a través del sistema de riego por goteo, los cuales registraron un diámetro de tallo entre 9.10cm y 8.78cm, en comparación con el testigo (7.96cm) que únicamente se le aplicó fertilizante granulado al suelo.

Cuadro 7. Altura y diámetro de tallo de planta de papaya 'Maradol', bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en fertirriego

Frecuencia de fertirriego	Días Después del Trasplante (DDT)							
	94	177	217	342	94	177	217	342
	Altura de planta en cm				Diámetro de tallo en cm			
C/3 días	90.25 ab	167.13 a	185.31 a	190.88 a	4.48 a	9.10 a	10.07 a	10.47 a
C/6 días	68.69 bc	165.25 a	185.94 a	198.75 a	3.88 a	9.03 a	10.28 a	10.74 a
C/12 días	66.66 c	158.53 ab	178.53 a	185.03 a	3.57 a	8.78 ab	9.88 ab	10.48 a
C/24 días	93.91 a	163.56 a	180.19 a	186.59 a	4.83 a	9.03 a	9.84 ab	9.88 a
testigo	86.09 abc	149.75 b	175.16 a	185.34 a	4.26 a	7.96 b	9.12 b	9.89 a
DMS	22.42	13.34	16.2	18.01	1.48	0.88	0.81	1.15

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)
DMS = Diferencia Mínima Significativa

Lo cual indica que la aplicación de fertilizante soluble al suelo, a través del sistema de fertirriego, sin importar la frecuencia y menores cantidades de N, P y K, favorece el crecimiento del tallo de papaya 'Maradol en la etapa de mayor amarre y crecimiento de frutos, en comparación con la aplicación de fertilizante sólido al suelo. Similares

resultados fueron obtenidos por Escamilla *et al.* (2003), en esta misma variedad al evaluar dicha variable en la misma etapa fenológica (156 DDT) reportando un diámetro de tallo mayor (9.8 cm) en las plantas que recibieron fertilización mineral al suelo de 258-200-280 de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, en relación con el testigo que no recibió fertilización granulada al suelo.

Asimismo, se observa que, a los 217 DDT, también hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y que el mayor diámetro de tallo fue de 10.28 cm, obtenido en las plantas que se les aplicó el fertirriego a cada 6 días, seguidas por las que lo recibieron a cada 3 días, las cuales reportaron un diámetro de 10.07 cm, y en último sitio el testigo que registró un diámetro de 9.12 cm. De lo cual se infiere que en la etapa de cosecha de los primeros frutos (217DDT), se obtuvieron mayores diámetros de tallos con la aplicación de mayores frecuencias de fertirriego debido a la mayor cantidad de nutrimentos minerales aplicados. Sin embargo, en el último muestreo que se realizó a los 342 DDT y que coincidió con la etapa de máxima cosecha de frutos, no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, lo cual sugiere que, el crecimiento del tallo, para esta variedad, disminuye en la época de mayor cosecha; lo cual coincide con lo reportado por Peñate (1999), quien probó la eficiencia de micorrizas nativas e introducidas y fertilización mineral al suelo, encontrando que a los tres meses después del trasplante, si se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, y que el mayor diámetro de tallo (5.88 cm) se registró en las plantas que se inocularon con micorrizas nativas y fertilizaron con NPK. No obstante, al reportar el decimo mes después del trasplante, el diámetro de tallo estuvo entre 10.27 y 11.48 cm, el más bajo y alto, respectivamente, sin mostrar diferencias estadísticas entre tratamientos. Por ello, la importancia de la aplicación de fertilizantes a través del fertirriego, ya que según Chirinos (1999) una fertilización adecuada, en este cultivo, se manifiesta con tallos cortos, robustos y producción temprana.

5.1.3. Numero acumulado de hojas

Los datos de número de hojas acumulado se aprecia en el Cuadro 8, donde se observa que en los cuatro muestreos realizados, durante el transcurso del experimento, no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, a pesar de que los tratamientos que recibieron la fertilización a través de fertirriego recibieron menores cantidades de N, P Y K, en comparación con el testigo. Sin embargo, a los 94 DDT, el mayor número de hojas reportado fue de 21.53, el cual se registró en el tratamiento donde la frecuencia de fertirriego fue de 24 días, en relación con los tratamientos donde la frecuencia fue más cercana.

Cuadro 8. Número acumulado de hojas de papaya 'Maradol', bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en fertirriego.

Frecuencia de fertirriego	Días Después del Trasplante (DDT)			
	94	177	217	342
C/3 días	19.94 a	47.59 a	61.94 a	110.25 a
C/6 días	21.13 a	47.63 a	61.88 a	109.03 a
C/12 días	17.72 a	44.31 a	58.88 a	106.47 a
C/24 días	21.53 a	47.16 a	60.47 a	106.94 a
Testigo	20.56 a	43.44 a	56.34 a	104.75 a
DMS	6.00	7.17	8.36	9.90

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)
DMS = Diferencia Mínima Significativa

Esto, se debió quizás a que parte de los nutrimentos minerales aplicados, en los tratamientos con mayor frecuencia de fertirriego (mas solubles en agua), se lixiviaron debido a que, en ese periodo, las plantas estaban pequeñas y no tenían la suficiente masa radicular para absorberlos y al exceso de lluvia presentada en dicho periodo. Del mismo modo, se observa que conforme transcurrieron los días después del trasplante, los mayores números de hojas reportados fueron de 61.94 y 110.25 a los 217 DDT y 342 DDT, respectivamente; y correspondieron a los tratamientos donde la frecuencia de aplicación de nutrimentos minerales se realizó a cada tercer día, en comparación con los tratamientos donde la frecuencia de fertilización fue más amplia. Esta tendencia coincide con lo reportado por Ravitchandirane *et al.* (2002), quienes evaluaron diferentes densidades de plantación y niveles de nutrientes en papaya cultivar CO.2, reportando que se registró un mayor número de hojas (80.72) en los

tratamientos donde la aplicación de NPK se realizó mensualmente, en relación con las realizadas a cada dos meses, las cuales registraron menor cantidad de hojas. Asimismo se observa que el número de hojas acumulado que produjo la papaya 'Maradol' en el último muestreo realizado fue de alrededor de 100 en todos los tratamientos, sin importar la frecuencia de fertirriego y la forma de fertilización; lo que sugiere que esta variedad llega a producir un promedio de 100 hojas, durante el primer año después del trasplante.

5.1.4. Altura del primer fruto

En el Cuadro 9 se observan los resultados de la altura del primer fruto; donde podemos apreciar que, sí hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y que las plantas que reportaron la menor altura del primer fruto fueron las que recibieron el fertirriego a cada 3 y 24 días, las cuales registraron una altura de 47.34 y 48.42, respectivamente. Lo cual coincide con lo reportado por Cituk *et al.* (2006), quien menciona que la altura de cosecha del primer fruto, en papaya 'Maradol', es de 50 cm. No obstante, Escamilla *et al.* (2003) reportan que, al evaluar la fertilización orgánica, mineral y foliar en papaya 'Maradol', no hallaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Sin embargo, mencionan que la altura promedio del primer fruto para los tratamientos evaluados fue de 47 centímetros. Cabe mencionar que en los tratamientos donde se registró la mayor altura del primer fruto fueron aquellos donde la frecuencia de fertirriego fue de 6, 12 y el testigo que se fertilizó una vez por mes con fertilizante granulado al suelo, el cual se regó durante una hora diario al igual que los demás tratamientos. De lo cual, podemos inferir que con una mayor frecuencia de fertirriego, en cultivo de papaya 'Maradol', se propicia un rápido amarre de frutos (altura del primer fruto menor) en comparación con aquellos tratamientos donde la frecuencia de fertirriego es menor y la aplicación de fertilizante se hace en forma granulada al suelo (altura del primer fruto mayor). Esto se debió a la baja disponibilidad de nutrimentos minerales en el suelo, lo cual ocasiona inhibición floral, ya que según Reddy y Majmudar (1985) existen numerosos factores que afectan

la inducción y la apertura de flores, como son el contenido mineral y la reservas de carbohidratos en la planta.

Cuadro 9. Altura del primer fruto, número de frutos y rendimiento de papaya 'Maradol', bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en fertirriego.

Frecuencia de fertirriego	Altura primer fruto (cm)	Número de frutos por planta	Rendimiento (t ha ⁻¹)
C/3 días	47.34 b	33.38 a	128.00 a
C/6 días	54.88 a	30.25 a	123.79 a
C/12 días	49.06 ab	28.66 a	112.94 a
C/24 días	48.41 b	26.5 a	90.50 a
testigo	51.16 ab	27.25 a	106.44 a
DMS	6.20	7.17	46.40

Medias con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

DMS = Diferencia Mínima Significativa

5.1.5. Número de frutos por planta

En el Cuadro 9 se reporta el número de frutos por planta, en el cual podemos apreciar que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; lo cual coincide con lo reportado por Romero-Montero *et al.* (1998), quienes no reportaron diferencias estadísticas entre tratamientos, al estudiar la respuesta de la papaya tipo "Cera" a diferentes niveles de fertilización con nitrógeno y boro. Sin embargo, observamos que las plantas que obtuvieron una mayor cantidad de frutos por planta fueron aquellas donde el fertirriego fue más frecuente, las cuales obtuvieron 33, 30 y 29 frutos por planta, en los tratamientos donde el fertirriego se realizó a cada 3, 6 y 12 días, respectivamente, en comparación con aquellos tratamientos donde el fertirriego se realizó a cada 24 días (26 frutos) y las que recibieron fertilización granulada al suelo (27 frutos). Podemos mencionar que la máxima cantidad de frutos presentes en los tratamientos donde la frecuencia de fertirriego fue mayor, se debió quizás, a la mayor disponibilidad de nutrimentos minerales presentes en el suelo, lo cual propicio una mayor cantidad de asimilados en la planta, para un mejor amarre y crecimiento de frutos. Esta cantidad de frutos reportados, coincide con lo reportado por Mirafuentes (2000), quien menciona que la

variedad 'Maradol', puede llegar a obtener un promedio de 27 frutos por planta y mayor a lo registrado por Escamilla *et al.* (2003) para la misma variedad, quienes registraron 23 frutos por planta en los tratamientos con fertilización mineral al suelo de 258-200-280 de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Sin embargo, diferente a lo obtenido por Cituk *et al.* (2006), quienes observaron que la variedad 'Maradol', en condiciones normales de manejo, presentó un promedio de 50 frutos por planta.

5.1.6. Rendimiento

De acuerdo a los datos de rendimiento que se presentan en el Cuadro 9, observamos que no se registraron diferencias estadísticas entre tratamientos, lo cual coincide con lo reportado por Peñate (1999), quien no encontró diferencias estadísticas entre tratamientos al evaluar el efecto de la inoculación con hongos endomicorrízicos arbusculares y la aplicación de fertilización NPK, en el cultivo de papaya 'Maradol'. Sin embargo, en el Cuadro 9 se observa que el mayor rendimiento reportado fue de 128 t ha⁻¹, obtenido en el tratamiento donde la frecuencia de fertirriego se realizó a cada tercer día, en relación con los demás tratamientos donde la frecuencia de fertirriego fue más baja, que registraron menores rendimientos. Cabe mencionar, que aun sin diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, se aprecia que existe una diferencia de 21.56 t ha⁻¹ entre el tratamiento al que se le aplicó el fertirriego a cada tercer día, que obtuvo el más alto rendimiento y al testigo al que se le aplicó fertilizante granulado al suelo una vez por mes y que obtuvo el más bajo rendimiento (106 t ha⁻¹). El rendimiento más alto registrado, con la mayor frecuencia de fertirriego, fue superior a lo reportado por Bueno-Jaques *et al.* (2005), quienes encontraron que el mejor rendimiento (87.76 ton ha⁻¹), obtenido en el tratamiento donde se aplicó fertilizante mineral al suelo, que incluyó fósforo. Asimismo, fue más elevado que el reportado por Escamilla *et al.* (2003), al obtener un rendimiento promedio de 28.60 t ha⁻¹, en el tratamiento al que se le aplicó fertilización mineral al suelo y foliar, en comparación con los que no recibieron dicho tratamiento, los cuales registraron un rendimiento de 24.57 t ha⁻¹, aun más bajo. Es importante destacar que todos los tratamientos, incluyendo al testigo, presentaron rendimientos superiores, a

los reportados por Mirafuentes (2000), Peñate (1999) y Escamilla *et al.* (2003) para esta misma variedad, lo cual se debió quizás a la sanidad proporcionada por el manejo integrado de la plaga, que impidió la pérdida de plantas en la mayoría de los tratamientos por la infección del virus de la mancha anular, ya que de acuerdo con De los santos *et al.* (2000), este virus, puede ocasionar pérdidas hasta de un 100 por ciento, dependiendo del país donde se presente. Es importante mencionar que el rendimiento de fruto fue alto en todos los tratamientos y no se presentaron diferencias mínimas significativas entre tratamientos, debido a la buena fertilización proporcionada en forma de fertirriego, tomando como base la solución steiner al 50% y fertilizante sólido al suelo como lo aplican los productores de la zona (150-150-150 kg ha⁻¹ de N₂ P₂O₅ y K₂O, respectivamente), la cual fue mayor en N, P y K en comparación con la aplicada a través del fertirriego en sus diferentes frecuencias. Asimismo, a la aplicación de riego por goteo aplicado a todos los tratamientos incluyendo al testigo.

5.2. Variables de postcosecha

5.2.1. Sólidos solubles totales

En Figura 3 se observan los sólidos solubles totales en °Brix, en la cual podemos apreciar que hubo diferencias estadísticas entre tratamientos y que los mejores tratamientos fueron aquellos a los que se les aplicó el fertirriego a cada 3, 6, 12 y testigo, los cuales registraron 10.27, 9.83, 10.23 y 10.70 °Brix, respectivamente. Estos resultados fueron superiores a los reportados por De los Santos *et al.* (2000) y Mirafuentes (2000), quienes mencionan que la variedad 'Maradol', en madurez fisiológica, puede llegar a registrar 8 °Brix. Asimismo, similares a los reportados por Peñate (1999) quien concluye que, aun sin presentarse diferencias estadísticas entre tratamientos, al evaluar el efecto de la inoculación con hongos endomicorrízicos arbusculares y la aplicación de fertilización NPK en el cultivo de papaya 'Maradol', los sólidos solubles totales fueron superiores a 9.8 °Brix. De igual forma, similares a los registrados por Escamilla (2002) quien reporta que los frutos de papaya registraron una concentración entre 8.62 a 10.12 °Brix, sin presentar diferencias estadísticas entre

tratamientos al probar la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos al suelo y foliar en papaya 'Maradol'. Cabe mencionar que los resultados de sólidos solubles totales (°Brix) fueron altos en los frutos del tratamiento testigo, debido a que en dicho tratamiento la aplicación de K fue mayor que en los demás tratamientos que recibieron fertirriego a través de la solución Steiner como se aprecia en el Cuadro 5; ya que de acuerdo con Díaz (2002) este elemento influye en la calidad de los frutos, al encontrarse asociado con el movimiento de azúcares en las células.

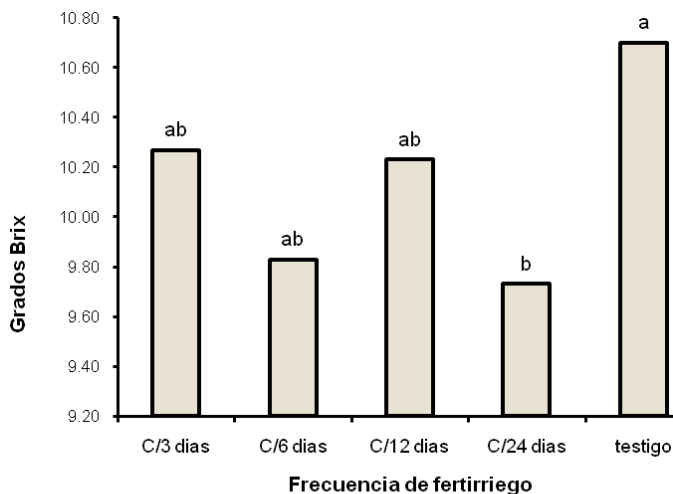


Figura 3. Sólidos solubles totales en papaya 'Maradol' bajo diferentes frecuencias de fertirriego

5.2.2. Firmeza de frutos

En la Figura 4 se muestran los datos de firmeza de fruto de papaya 'Maradol' bajo diferentes frecuencias de fertirriego, en el cual podemos apreciar que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, lo cual coincide con lo reportado por Escamilla (2002), para esta misma variedad, al encontrar que los valores más altos de firmeza de frutos fueron de 3.0 y 2.56 Kg fuerza, registrados en

los tratamientos a los que se les aplicó fertilización mineral y foliar, respectivamente; sin registrar diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Asimismo, observamos que aun sin diferencias estadísticas significativas, los tratamientos que registraron una mayor firmeza de frutos, fueron aquellos que recibieron el fertilizante en forma de fertirriego, en comparación con el testigo que únicamente recibió fertilizante granulado al suelo. Debido a que el fertilizante aplicado a través del fertirriego por medio de la solución Steiner fue más completa de nutrimentos minerales incluyendo al Ca, el cual está asociado con la rigidez de la epidermis del fruto; ya que se localiza en la pared celular adherido a pectinas, donde su función principal, es la de regular la permeabilidad de la membrana y la de fortalecer a la pared celular (Díaz, 2002).

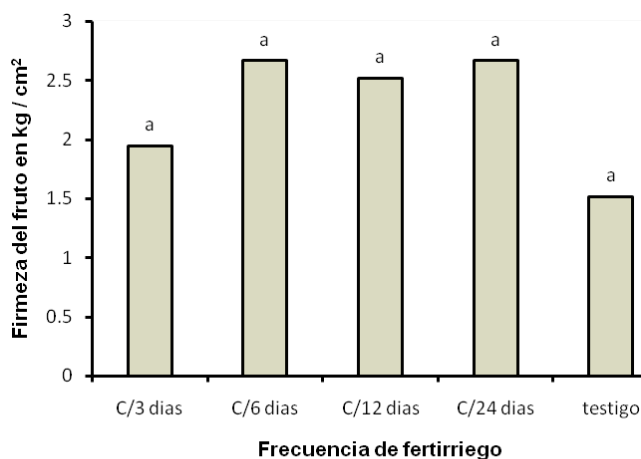


Figura 4. Firmeza de fruto de papaya 'Maradol' bajo diferentes frecuencias de fertirriego

Podemos inferir que los frutos de los tratamientos a los que se les aplicó el fertilizante en forma de fertirriego, retrasaron su maduración, en relación con los del testigo que recibieron fertilizante granulado al suelo, los cuales aceleraron su maduración, ya que la firmeza es un indicador de la maduración del fruto. De acuerdo

con Chan y Tam (1982) la maduración de los frutos de papaya involucra el ablandamiento de la pulpa, cambiando de dura y correosa a blanda y jugosa; originado por la degradación, de las pectinas, hemicelulosas y celulosas que conforman la pared celular, provocada por la acción de las enzimas. Por ello la importancia de la aplicación de fertilizante a través del sistema de riego, lo cual favorece el incremento en la vida de anaquel de los frutos de papaya.

5.2.3. Pérdida fisiológica de peso de fruto

En la figura 5 se observa el porcentaje de pérdida de peso de los frutos en madurez fisiológica de papaya 'Maradol', bajo diferentes frecuencias de fertirriego, en el cual podemos apreciar que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, lo cual coincide con lo reportado por Peñate (1999) al evaluar la respuesta de la papaya 'Maradol' a la inoculación con hongos micorrizicos arbusculares y fertilizante granulado al suelo en forma de NPK.

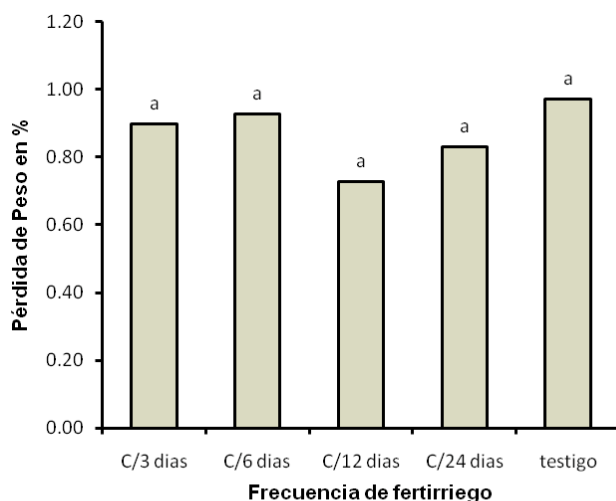


Figura 5. Pérdida de peso del fruto de papaya 'Maradol', bajo diferentes frecuencias de fertirriego

Sin embargo, se observa que los frutos que registraron un menor porcentaje de pérdida de peso por día, fueron aquellos que se cosecharon en los tratamientos que recibieron el fertilizante en forma de fertirriego, en comparación con los frutos del tratamiento testigo que se les aplicó fertilizante granulado al suelo, el cual reportó un mayor porcentaje de pérdida de peso por día en la etapa de madurez fisiológica; lo cual se correlaciona con una menor firmeza de la epidermis como se muestra en la Figura 4, que demuestra que dichos frutos aceleraron su madurez de consumo y acortaron su vida de anaquel, lo cual se debió a la menor disponibilidad de Ca del suelo a la planta porque la aplicación del fertilizante granulado al suelo solo aportó N, P y K. De acuerdo con Cituk *et al.* (2006) la nutrición es uno de los factores que más influyen en el rendimiento y calidad de frutos en este cultivo.

5.3. Concentración de nutrimentos

5.3.1. Hoja

En el Cuadro 10 se observa la concentración de macronutrimentos en hojas de papaya 'Maradol', a los 177 y 217 Días Después del Trasplante (DDT), donde se observa que a los 117 días después del trasplante, si hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y que la mayor concentración de nitrógeno en hoja se registró en el tratamiento que recibió el fertirriego a cada 3 días en relación con los tratamientos que recibieron el fertirriego con menor frecuencia; sin embargo, la concentración de fosforo y potasio fue menor en este tratamiento, debido al efecto de dilución provocada por la alta concentración de nitrógeno en hoja en dicho tratamiento. Esto coincide con lo reportado por Awada *et al.* (1986), quienes al evaluar las concentraciones críticas de N y K en papaya 'Sunrise'; encontraron que al incrementar la fertilización con N, las concentraciones de K (3.51%) y Ca (2.17%) en el peciolo de la hoja, disminuyeron por efecto de dilución. Asimismo, se observa que a los 177 días después del trasplante, que coincidió con la etapa de mayor amarre y crecimiento de frutos, la concentración de P y K en hoja fueron mayores en el tratamiento testigo al cual se le aplicó fertilizante granulado al suelo, en comparación con los tratamientos

que recibieron fertilizantes solubles a través del sistema de fertirriego; debido también al efecto de dilución ocasionado por la menor concentración de nitrógeno reportado en este tratamiento, que provocó un menor crecimiento vegetativo de las plantas y a la mayor cantidad de P y K aplicado en dicho tratamiento (testigo). También se aprecia que en el segundo muestreo realizado a los 217 días después del trasplante, la concentración de N, P y K en hoja fueron mayores en comparación con la concentración registrada en el primer muestreo tomado a los 177 DDT, lo cual indica que la concentración de dichos elementos en hoja fueron más altos en la etapa de madurez fisiológica y cosecha de los primeros frutos, en relación con la concentración reportada en la etapa de mayor amarre y crecimiento de frutos.

Cuadro 10. Concentración de macronutrientes en hojas de papaya 'Maradol', bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrientes minerales en fertirriego.

Frecuencia de fertirriego	Concentración de nutrientes en hoja (%)									
	177 DDT					217 DDT				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
C/3 días	3.61 a	0.13 ab	2.33 b	0.58 a	3.25 a	3.98 a	0.19 a	2.11 ab	0.66 a	0.78 c
C/6 días	3.01 b	0.14 a	1.74 c	0.30 b	2.58 ab	4.20 a	0.17 a	2.35 ab	0.73 a	0.78 c
C/12 días	3.30 ab	0.13 ab	2.11 bc	0.30 b	2.61 ab	3.76 ab	0.14 a	2.53 a	0.62 a	1.19 b
C/24 días	3.25 ab	0.12 b	2.07 bc	0.40 b	1.89 b	3.15 b	0.19 a	2.31 ab	0.55 a	1.91 a
Testigo	3.44 ab	0.14 a	3.52 a	0.54 a	2.69 ab	3.80 ab	0.19 a	1.87 b	0.79 a	0.88 b
DMS	0.55	0.01	0.48	0.13	0.92	0.73	0.05	0.50	0.30	0.40

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)
 DDT = Días Después del Trasplante DMS = Diferencia Mínima Significativa

Cabe mencionar que a los 217 DDT, se registró una disminución marcada en la concentración de K en hoja, en el tratamiento testigo que recibió fertilización granulada al suelo una vez por mes, con respecto a los demás tratamientos que fueron fertilizados por medio de fertirriego que recibieron un suministro constante de este elemento; lo cual se debió a la remoción realizada por el fruto en dicha etapa de desarrollo de la planta. De acuerdo con Díaz (2002) este elemento influye en la calidad de los frutos, por encontrarse asociado con el movimiento de azúcares en las células. Del mismo modo, se aprecia que la concentración de Mg fue mayor en el primer

muestreo que se realizó a los 177 DDT en comparación con el segundo muestreo realizado a los 277 DDT, lo cual indica que en el segundo muestreo, que coincidió con la etapa de madurez fisiológica y cosecha de los primeros frutos, la concentración de este elemento en la hoja disminuyó a consecuencia de la remoción realizada por los frutos. Asimismo, se observa que en el primer muestreo, la mayor concentración de este nutrimento en la hoja se registró en el tratamiento que recibió el fertirriego con mayor frecuencia (cada tercer día) en comparación con los demás tratamientos que recibieron el fertirriego con menor frecuencia; lo cual fue provocada por la mayor aplicación de Mg lograda por la más alta frecuencia de fertirriego. Es importante mencionar que la concentración Mg en hoja de los tratamientos evaluados estuvieron por encima de 1% que se consideran como adecuados de acuerdo a lo reportado por Malavolta *et al.* (1989), al señalar que los niveles óptimos de Mg se encuentran en rangos por encima del 1 % en este frutal.

Con relación a la concentración de Ca en la hoja, se aprecia que a los 177 DDT hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y que la mayor concentración de dicho elemento se registró en el tratamiento que recibió fertirriego a cada 3 días, lo cual demuestra la importancia de la aplicación frecuente de este elemento a través del sistema de riego por goteo, ya que el Ca es responsable de darle mayor fortaleza a la planta y aumentar la calidad a los frutos, al formar parte de las pectinas de la pared celular. De acuerdo con Díaz (2002) el Ca es importante por encontrarse formando parte de la pared celular adherido a pectinas, donde su función principal, es la de regular la permeabilidad de la membrana y fortalecer la pared celular. Cabe señalar que a pesar de que la concentración de Ca en hoja fue mayor en el segundo muestreo realizado a los 217 DDT, no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ni llegaron a los rangos considerados como óptimos (2.0 a 2.5 %) reportados por Malavolta *et al.* (1989).

Del mismo modo, en el Cuadro 11 se presenta la concentración de micronutrientes minerales en hoja de papaya 'Maradol' bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en fertirriego; en donde se aprecia que a los 177 DDT no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en la concentración de Mn y Cu en hoja, sin embargo en el segundo muestreo realizado a

los 217 DDT si hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, siendo el mejor tratamiento el que recibió fertilización granulada al suelo una vez por mes (testigo); lo cual se debió al efecto de dilución provocado por la baja concentración de nitrógeno registrada en la hoja de estos tratamientos.

Cuadro 11. Concentración de micronutrientes en hojas de papaya 'Maradol', bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en fertirriego.

Frecuencia de fertirriego	Concentración de nutrimentos en hoja (ppm)					
	177 DDT			217 DDT		
	Mn	Cu	Zn	Mn	Cu	Zn
C/3 días	11.81 a	2.38 a	31.88 a	15.50 b	3.44 b	63.75 a
C/6 días	11.69 a	2.38 a	28.75 ab	15.13 b	3.69 ab	64.38 a
C/12 días	13.75 a	2.50 a	26.88 b	16.00 b	3.56 b	68.75 a
C/24 días	13.31 a	3.19 a	28.75 ab	21.81 b	4.25 ab	70.00 a
Testigo	10.25 a	3.13 a	32.50 a	35.50 a	4.75 a	68.75 a
DMS	8.95	0.86	3.98	11.80	1.12	11.49

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)
 DDT = Días Después del Trasplante DMS = Diferencia Mínima Significativa

Cabe mencionar que de acuerdo con Kirkby and Römheld (2007) la concentración de Mn y Cu reportados en la hoja de papayo estuvieron por debajo de los niveles adecuados registrados en el tejido de las plantas; ya que estos autores reportan que los niveles de Mn y Cu adecuados en los tejidos de las plantas deben ser de 50 ppm y 6 ppm, respectivamente. Asimismo, se observa que de acuerdo a lo reportado por estos mismos autores la concentración del Zn en las hojas de papayo en el los dos muestreos realizados fueron altos (mayor a 20 ppm), lo cual se debió quizás a la aplicación foliar frecuente de fungicidas a base de Zn realizadas durante el experimento.

5.3.2. Pecíolo

En el Cuadro 12, se muestra la concentración de macronutrientes en el peciolo de la hoja de papaya 'Maradol', bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrientes minerales en fertirriego mediante el cual podemos apreciar que la concentración de macronutrientes fue menor en el peciolo que en la lámina de la hoja.

Cuadro 12. Concentración de macronutrientes en el peciolo de la hoja de papaya 'Maradol', bajo diferentes frecuencias de aplicación de nutrientes minerales en fertirriego.

Frecuencia de fertirriego	Concentración de nutrientes en peciolo (%)									
	177 DDT					217 DDT				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
C/3 días	1.19 a	0.10 a	3.15 a	0.59 a	0.43 a	1.15 a	0.04 a	1.05 a	0.44 bc	2.46 a
C/6 días	0.99 ab	0.10 a	2.76 a	0.47 ab	0.46 a	1.06 a	0.05 a	0.98 a	0.35 c	1.91 a
C/12 días	0.82 b	0.10 a	2.90 a	0.46 b	0.58 a	1.04 a	0.05 a	1.03 a	0.67 a	2.35 a
C/24 días	0.81 b	0.10 a	2.97 a	0.55 ab	0.46 a	1.02 a	0.08 a	0.72 a	0.57 ab	2.33 a
Testigo	0.94 b	0.10 a	2.97 a	0.49 ab	0.52 a	1.04 a	0.07 a	0.86 a	0.43 bc	2.49 a
DMS	0.24	0.02	0.41	0.13	0.17	0.14	0.05	0.39	0.22	1.12

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

DDT = Días Después del Trasplante DMS = Diferencia Mínima Significativa

Asimismo, se observa que en los dos muestreos realizados no se registraron diferencias estadísticas significativas en la concentración de P, K y Mg de lo cual podemos inferir que la mayor o menor frecuencia de fertirriego aplicados durante el crecimiento y desarrollo de la planta, no afectaron la concentración de estos elementos en dicho tejido. Asimismo, se observa que en el segundo muestreo realizado en la etapa de cosecha de los primeros frutos, la concentración de P y K disminuyeron, debido quizás a la extracción realizada por el fruto y a la precipitación del P en el suelo; ya que de acuerdo con Almendro-Candel *et al.* (2003) en suelos calizos el P puede precipitarse para formar fosfato cálcico y no estar disponible para la planta. Para el caso del N se aprecia que en el primer muestreo realizado a los 177 DDT si se registraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y que la mayor concentración de este elemento se reportó en el tratamiento que recibió el fertirriego a cada tercer día; sin embargo en el segundo muestreo realizado a las 217 DDT no se

reportaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en la concentración de este elemento; lo cual coincidió con lo reportado por Mellado-Vásquez *et al.* (2005) al señalar que el N paso de un nivel deficitario a los 181 DDT (0.49 %) a nivel de suficiencia a los 227 DDT (1.31%), en los tratamientos con sistemas de riego por goteo.

VI. CONCLUSIONES

La aplicación de fertirriego, favoreció el crecimiento rápido de la papaya 'Maradol' en las primeras etapas de desarrollo del cultivo, en comparación con la aplicación de fertilizante granulado al suelo. Sin embargo, en las últimas etapas de desarrollo evaluadas no se apreciaron dichas diferencias de tamaño, ya que se uniformizaron en aproximadamente dos metros, lo cual sugiere que una de las características distintivas de la papaya 'Maradol', es la altura, que oscila en un rango de dos metros aproximadamente.

La mayor frecuencia de fertirriego (C/3 días) propicio un mayor diámetro de tallo en la etapa de mayor amarre y crecimiento de frutos de papaya 'Maradol', lo cual no se pudo apreciar en las primeras y últimas etapas de crecimiento evaluadas de este cultivo.

El número de hojas acumulado en las plantas de papaya 'Maradol' no se vio afectado por la aplicación de diferentes frecuencias de fertirriego a través del desarrollo del cultivo, ya que fueron similares a las plantas que se les aplicó fertilizante granulado al suelo.

La mayor frecuencia de fertirriego favoreció el más rápido amarre de frutos en la papaya 'Maradol', en comparación con las plantas que recibieron menores frecuencias y la aplicación de fertilizante granulado al suelo, los cuales retrasaron el amarre del fruto.

El manejo integrado del vector del virus de la Mancha Anular aplicado y la fertilización a través del sistema de riego por goteo, evito considerablemente la infección y la pérdida de plantas lo cual ayudo a que se registraran altos rendimientos de fruta en papaya 'Maradol'.

Los sólidos solubles totales, La pérdida de peso y la firmeza de los frutos de papaya 'Maradol' no se vieron afectadas por la aplicación de diferentes frecuencias de fertirriego, ya que se comportaron de forma similar, con los frutos de las plantas que se les aplicó fertilizante granulado al suelo.

La concentración de macronutrientes fue mayor en la lámina de la hoja que en el peciolo de la misma. Dicha concentración fue mayor en la etapa de madurez fisiológica y cosecha de los primeros frutos que en la etapa de mayor amarre y crecimiento de frutos.

VII. RECOMENDACIONES

Al concluir el presente trabajo, se tienen evidencias preliminares de que la papaya 'Maradol' responde favorablemente a la aplicación de nutrimentos por medio de fertirriego al suelo, usando la solución Steiner al 50%, ya que con la aplicación de menores dosis de N, P y K que el testigo se lograron rendimientos de frutos superiores cuando la solución de Steiner se aplicó cada 3, 6 o 12 días. Para confirmar esta respuesta sería deseable repetir este tipo de estudios en otros suelos y se abre la posibilidad para futuros estudios de fertirriego con otros frutales bajo condiciones de campo, usando como base una fertilización balanceada la solución Steiner. Asimismo, podemos mencionar, como lo han hecho otros investigadores, que dicho cultivo responde positivamente al manejo integrado del Virus de la Mancha Anular aplicado en el experimento; utilizando la protección de las plántulas desde la siembra hasta el trasplante con malla antiáfida, monitoreo de la enfermedad para la eliminación de plantas con síntomas iniciales, alta densidad de plantación, establecimiento de barreras de maíz entre los surcos y alrededor del cultivo y aplicación de insecticidas para controlar al vector. Lo cual permite que la mayoría de las plantas permanezcan sanas, hasta el final del ciclo. Otro factor importante en el cultivo de este frutal es el manejo del riego, el cual debe ser constante sin ocasionar encharcamientos en el terreno que provoquen problemas de ahogamiento de las raíces y problemas fitosanitarios.

VIII. LITERATURA CITADA

Acosta-Ramos, M., D. Nieto-Ángel, J.L. Domínguez-Álvarez, F. Delgadillo-Sánchez. 2001. Calidad y tolerancia en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) a la inoculación del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., en postcosecha. Revista Chapingo Serie Horticultura 7 (1): 119-130

Almendro-Candel, M.B., J. Navarro-Pedreño, M.M. Jordan-Vidal, I. Gomez-Lucas. 2003. Movilidad y biodisponibilidad del fósforo en un antrosol del sureste español (Alicante) enmendado con lodo de depuradora. Edafología. 10 (1): 7-14.

Ariza-Flores, R., A. Barrios-Ayala, R. Cruzaley-Sarabia, E. Vásquez García, Jorge A. Osuna García, S. Navarro Galindo, A. Michel-Aceves y Marco A. Otero-García. 2005. Tecnologías de postcosecha en mango, papaya y sapote mamey. INIFAP. Libro técnico n° 2. Mexico. 221 páginas.

Arrieta, A. R. y E. Carrillo, A. 2002. Respuesta del papayo variedad Maradol, a tres espaciamientos de drenaje subsuperficial. Terra 20 (4): 435-447

Avila, A., L., Ovando C., M. y Vásquez M., M. 1997. Como producir papaya 'Maradol' en el estado de Guerrero: Secretaría de Agricultura y Ganadería (S.A.G). Acapulco Gro. 19p.

Awada, M., R. S. De la Pena, R. H. Suehisa. 1886. Effects of nitrogen and potassium fertilization on growth, fruiting and petiole composition o bearing papaya plants. Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources. Research series. n° 043 10p.

Bueno-Jáques, J. A., A. Alonso-López, V. Volke-Haller, F. Gallardo-López, M. Ojeda-Ramirez y R. Mosqueda-Vázquez. 2005. Respuesta del papayo a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en un Luvisol. Terra Latinoamericana 23 (3):409-415

Chan, Jr. H. T., S. Y. T. Tam. 1982. Partial separation and characterization of papaya endo and exo-polygalacturonase. J Food Sci (47):1478-1483.

Chirinos, U. H. 1999. Fertilización del papayo. Informaciones agronómicas. 3 (5):13-14

Cituk, C. D. E., Tun, A. R. Trejo, L. G. Borges, M. F. Soria y R. M. Arzápalo. 2006. Producción de papaya (*Carica papaya* L.) variedad maradol para Yucatán. Resultados preliminares. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2, Centro de Investigaciones y Graduados Agropecuarios 53 p.

Cottenie, A. 1980. Los análisis de suelos y plantas como base para formular recomendaciones sobre fertilizantes. Boletín de suelos de la FAO 38/2. FAO, Roma, Italia.

De los Santos, de la R., F., E. N. Becerra L., R. Mosqueda V., A. Vasquez H., A. B. Vargas G. 2000. Manual de producción de papaya en el estado de Veracruz INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Folleto Técnico Num. 17. Primera reedición. Veracruz, México. 87 p

Díaz, M., D.H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT Editor. Primera edición. México. 390p.

Domínguez, V., A. 1989. Tratado de fertilización. Ed. Mundi-Prensa. 2ª edición. 601p.

Eduardo, del A., J.J., L. Tijerina Ch., R. Acosta H., y A. López J. 2001. Producción de ciruelo con fertirriego en función de contenidos de humedad y coberturas orgánicas. Terra Latinoamericana 19 (4): 317-326.

Escamilla, G. J.L. 2002. Estado nutricional de la planta con relación a la fructificación y calidad de frutos de papaya (*Carica papaya* L.) 'Maradol'. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México 132 p.

Escamilla, G., J. L., C. Saucedo. V., M. T. Martínez D., A. Martínez G., P. Sánchez G. y R. M. Soto H. 2003. Fertilización orgánica, mineral y foliar sobre el desarrollo y la producción de papaya cv. Maradol. Terra (21): 157-166.

FAOSTAT, 2008. Stastiscal database. Internet.

Ferreira, D. S., J.G., A. Ferreira P., C. Costa L., R.R. Valle M., R. Cecom P. 2001. Efeitos de diferentes laminas e frequências de irrigação sobre a produtividade do mamoeiro (*Carica papaya* L.). Revista Brasileira de Fruticultura Jaboticabal 23 (3): 597-601.

Hernández-Castro, E., D. Riestra-Díaz, J. A. Villanueva-Jiménez, y R. Mosqueda-Vázquez. 2003. Análisis epidemiológico del virus de la mancha anular del papayo bajo diferentes densidades, aplicación de extractos acuosos de semillas de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) y eliminación de plantas enfermas del cv. maradol roja. Revista Chapingo Serie Horticultura 9 (1): 55-68.

Jiménez, D., J. A. 2002. Manual práctico para el cultivo de la papaya Hawaiana. Primera edición. Ed. EARTH. Guácimo, Costa Rica 108p.

Kirkby, E. A. and V. Römheld. 2007. Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility. Proceedings 543, The International Fertilizer Society, P.O Box, York, YO32 5YS, United Kingdom.

CATARINO A R 11/12/09 02:43 AM

Deleted: i

Malavolta, E., G. Vitti e S. De Oliveira. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e Aplicações. Associação Brasileira para Pesquisa de Potássio e do Fósforo. Piracicaba (Brasil). 201 pp.

Mandujano, B., R. A. 1993. El papayo. Agronomía frutícola, Boletín Técnico. Veracruz, México. 37p.

Marinho, C. S., M. A. Borges D. O., P. Henrique M., R. Vianni, J. Maldonado F. 2001. Fontes e doses de nitrogênio e a qualidade dos frutos do mamoeiro. Scientia Agricola 58 (2): 345-348.

Marteletto, P., L.A., J. F., Martinez M., A., Vieira., S. Garcia F., S. M. Paulino de C., J. A. Da Cruz E. S., R. Alves da C., L.A. Antunes de O., W. da R. Moraes. S. 1997. A cultura do mamão: perspectivas, tecnologias e viabilidade. PESAGRO-RIO. Rio de Janeiro, Brasil. 28p.

Mellado-Vásquez, A., V. Volke-Haller, M. Tapia Vargas, P. Sánchez-García y A. Quevedo-Nolasco. 2005. Respuesta del papayo al riego y a la fertilización N-P-K en un Vertisol. Terra Latinoamericana (23): 137-144

Mirafuentes, H., F. 2000. Manual para producir papaya en Tabasco. Folleto para productores No. 9 SAGAR-INIFAP. Tabasco, México. 90 p.

Nery-Silva, F.A., J. Da Cruz M., L. C. De Oliveira L.,M.L. Vilela D.R. 2001. Controle químico da podridão peduncular de mamão causada por *colletotrichum gloeosporioides*. Cienc. Agrotec., Lavras, 25 (3): 519-524.

López-Moctezuma, H., R. Ferrera-Cerrato, J. Farias-Larios, S. Aguilar-Espinosa, F. Bello M. de R., J.C. López-Aguirre. 2005. Micorriza arbuscular, *Bacillus* y sustrato enriquecido con vermicomposta en el desarrollo de plantas de papayo. Terra Latinoamericana 23 (4): 523-531

Olsen, O., R.V. Cole F.S. Watanabe y C.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. US Dept. Agr. Circ. 939: 1-19.

Page, A.L., R.H. Miller, and D.R. Keeney. 1982. Methods of soil analysis. 1.159 p. Part 2. Chemical and microbiological properties. 2^a ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Peñate, F., R.E. 1999. Efecto de hongos micorrizicos y fertilización NPK en el crecimiento, nutrición, producción y calidad de fruta en papaya (*Carica papaya* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México 127 p.

Pérez-Madrugal, J.E., D. Riestra-Díaz, J.A. Villanueva-Jiménez, R. Mosqueda-Vázquez, D.A. Rodríguez-Lagunes, E. García-Pérez, E. Hernández-Castro. 2000. Extractos acuosos de semilla de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) en el manejo integrado del papayo (*Carica papaya* L.). Revista Chapingo Serie Horticultura 6 (1): 79-87.

Pérez, V. A. y C. Landeros S. 2009. Agricultura y deterioro ambiental. Elementos 73 (16): 19-25.

Ravitchandirane, V. N. Kumar, P. Jeyakumar, K. Soorianathasundaram and R.M. Vijayakumar. 2002. Influence of planting density nutrient levels on growth and yield of papaya cv. CO.2. South Indian Hort. 50 (1-3): 36-43

Reddy, S.E. & Majmudar, A.M. 1985. Tracking phosphorus patterns in mango (*Mangifera indica* L.) and possible relations to floral induction. Fertilizer Research, Wageningen, (6): 225-234.

SAS Institute, 2001. SAS/STAT User's Guide. Release 8.2 Edition. Cary, NC. USA 1028p.

SIAP-SAGARPA, Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2008) Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2008. Disponible en: <http://siap.gob.mx> (02/11/2009).

Sri, S.H., I. Idham and S. Koswara. 1995. The effect of K levels on the yield and quality of fruit and crude papain from 3 papaya cultivars. Acta Horticulturae. (379): 83-88

Vazquez A. A. 1996. Guía para interpretar el análisis químico del agua y suelo. Universidad Autónoma Chapíngo. Departamento de Suelos. Segunda Edición.

Vilar, T., A., N. Goncalves F., y F. Pinto A. 2000. Uso de esterco no desenvolvimiento de mudas de mamoeiro colonizadas con fungos micorrizicos. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, Brasilia 35 (7): 1389-1394.

Zhou, L., R.E. Paull. 2001. Sucrose metabolism during papaya (*Carica papaya*) fruit growth and ripening. *J Amer Soc Hort Sci* (126): 351-357.