

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y SINTÉTICA EN EL
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE TORONJA
(*Citrus paradisi* Macf)**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

PRESENTA

HÉCTOR ROJAS PÉREZ

ESCOBEDO, N. L., MÉXICO

MARZO DE 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y SINTÉTICA EN EL
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE TORONJA
(Citrus paradisi Macf)**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

PRESENTA

HÉCTOR ROJAS PÉREZ


MARÍN, N. L., MÉXICO

MARZO DE 2013

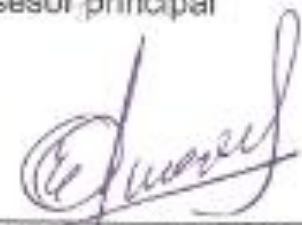
ESTA TESIS FUE REVISADA Y APROBADA POR EL
COMITÉ PARTICULAR COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA


COMITÉ PARTICULAR




Dr. Jesús Martínez De La Cerda
Asesor principal




Ph. D. Emilio Olivares Sáenz
Asesor Auxiliar



Dra. Juana Aranda Ruiz
Asesor Auxiliar



Dra. Adriana Gutiérrez Díez
Asesor Auxiliar



Ph. D. Francisco Zavala Garcia
Subdirector de Estudios de Posgrado

DEDICATORIA

A Dios, creador por darme vida y salud para concluir con mis estudios profesionales.

A mis padres Medin Rojas Rocha y Josefina Pérez Zamora que me dieron la vida y las fuerzas para seguir adelante.

A mi esposa Rosario por estar a mi lado en esta etapa de mi vida.

A mis hermanos y hermanas, especialmente a Gloria y Sarita Rojas Pérez por su incondicional apoyo en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León por haberme aceptado en el programa de Maestría en Ciencias en Producción Agrícola. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por haberme otorgado puntualmente mes con mes el apoyo económico durante la estancia en la realización de mis estudios de posgrado.

Quiero expresar mi agradecimiento al doctor Jesús Martínez de La Cerda, por darme la oportunidad de realizar la presente investigación bajo su supervisión como asesor, maestro y amigo. A mi comité de co-asesores Ph D Emilio Olivares Sáenz, Dra. Juana Aranda Ruiz y Dra. Adriana Gutiérrez Díez por sus valiosas sugerencias y apoyo incondicional para la revisión de la presente investigación.

A mis compañeros de posgrado y especialmente a mi amigo de generación Ing. Kristian Geancarlo Castillo Castro por su trabajo en equipo durante la realización de mis estudios de posgrado. A la Lic. Claudia Rodríguez Silva y Yolanda Díaz por la ayuda incondicional para los trámites generados durante este proceso.

A mis maestros por los consejos, conocimientos y enseñanzas que me brindaron durante la maestría.

Al personal de campo y laboratorio por brindarme todas las facilidades necesarias para concluir este trabajo.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE APÉNDICE.....	xii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY.....	xvi
1.0 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
2.0 REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Características generales del cultivo de toronjo.....	3
2.1.1. Origen.....	3
2.1.2. Clasificación botánica.....	3
2.1.3. Características morfológicas.....	4
2.1.4. Importancia económica.....	5
2.1.5. Requerimientos climáticos y edáficos.....	6
2.1.6. Propiedades nutricionales.....	9

	Página
2.1.7. Características de calidad de la toronja.....	10
2.1.8. Objetivo de la fertilización.....	12
2.1.8.1. Factores determinantes de la fertilización.....	13
2.1.8.1.1. Análisis foliar.....	13
2.1.8.1.2. Análisis de suelo.....	15
2.1.8.1.3. Análisis de agua.....	16
2.1.9. Nutrición del cultivo de toronjo.....	17
2.1.9.1. Influencia del nitrógeno.....	17
2.1.9.2. Influencia del fósforo.....	20
2.1.9.3. Influencia del potasio.....	22
2.1.10. Interacción de los nutrimentos.....	23
2.1.11. Influencia de la materia orgánica.....	24
3.0 MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. Condiciones generales del experimento.....	27
3.1.1. Ubicación del experimento.....	27
3.1.2. Material biológico.....	27
3.1.3. Condiciones de suelo.....	27
3.1.4. Calidad de agua.....	28
3.1.5. Análisis foliar.....	28
3.1.6. Diseño experimental.....	29
3.1.7. Fuentes de fertilizantes.....	30
3.1.8. Equipo y materiales.....	30

	Página
3.1.9. Medición de variables.....	31
3.1.9.1. Peso de frutos grandes, medianos y chicos..	31
3.1.9.2. Peso de frutos totales.....	32
3.1.9.3. Diámetro ecuatorial y mesocarpio del fruto...	32
3.1.9.4. Relación grados brix-acidez ⁻¹	32
3.1.9.5. Porcentaje de jugo.....	33
3.2. Análisis estadístico.....	33
3.3. Labores culturales.....	33
3.4. Control de plagas y enfermedades.....	34
4.0 RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	35
4.1. Peso de frutos grandes.....	35
4.2. Peso de frutos medianos.....	36
4.3. Peso de frutos chicos.....	37
4.4. Peso de frutos totales.....	39
4.5. Diámetro de fruto.....	41
4.6. Peso del jugo.....	43
4.7. Porcentaje de jugo.....	45
4.8. Acidez del jugo.....	47
4.9. Mesocarpio del fruto, grados brix y la relación grados brix acidez ⁻¹ del jugo.....	49
5.0 CONCLUSIONES.....	52
6.0 BIBLIOGRAFÍA.....	53
7.0 APÉNDICE.....	59

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Interpretación de los análisis de agua de riego.....	17
2	Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$), peso total de frutos (kg árbol ⁻¹) y rendimiento total (t ha ⁻¹) ciclo 2010 – 2011.....	40
3	Medias de espesor de mesocarpio de fruto (mm), grados brix del jugo (%) y la relación grados brix acidez ⁻¹ de los meses de octubre a abril, del ciclo 2010-2011.....	50

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$), peso de frutos grandes (kg árbol ⁻¹), ciclo 2010-2011.....	36
2	Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$), peso de frutos medianos (kg árbol ⁻¹), ciclo 2010-2011.....	37
3	Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$), peso de frutos chicos (kg árbol ⁻¹), ciclo 2010-2011.....	38
4	Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) peso de frutos totales (kg árbol ⁻¹), ciclo 2010-2011.....	40
5	Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) de diámetro ecuatorial de fruto (mm), ciclo 2010-2011.....	42
6-A	Comportamiento de diámetro ecuatorial de fruto (mm), de mayo a septiembre, ciclo 2010-2011.....	42
6-B	Comportamiento de diámetro ecuatorial de fruto (mm), de septiembre a abril, ciclo 2010-2011.....	43
7	Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) peso del jugo (g), ciclo 2010-2011.....	44
8	Comportamiento del peso del jugo (g), ciclo 2010-2011.....	44

Figura	Página
9-A Comportamiento de peso de fruto (g), de mayo a septiembre, ciclo 2010-2011.....	45
9-B Comportamiento de peso de fruto (g), de septiembre a abril, ciclo 2010-2011.....	45
10 Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) porcentaje de jugo ciclo 2010 2011.....	46
11 Comportamiento del porcentaje de jugo, ciclo 2010-2011.....	47
12 Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) acidez del jugo ciclo 2010-2011.....	48
13 Comportamiento de acidez del jugo (%), ciclo 2010-2011.....	48
14 Comportamiento de espesor del mesocarpio del fruto (mm), ciclo 2010-2011.....	50
15 Comportamiento de grados brix del jugo (%), ciclo 2010-2011.....	51
16 Comportamiento de la relación grados brix acidez ⁻¹ del jugo (%), ciclo 2010-2011.....	51

INDICE DE APÉNDICE

Cuadro		Página
1	Resultados de análisis de suelo.....	59
2	Resultados de análisis de agua.....	59
3	Resultados de análisis foliar (Febrero 2010).....	60
4	Resultados de análisis foliar (Agosto 2010).....	60
5	Distribución de los tratamientos.....	61
6	Relación de contrastes ortogonales.....	62
7	Distribución de la aplicación de los fertilizantes.....	63
8	Resultado de análisis de la Gallinaza.....	64
9	Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$), peso de frutos grandes (kg árbol ⁻¹), ciclo 2010-2011.....	65
10	Contrastes ortogonales peso de frutos grandes (kg árbol ⁻¹), ciclo 2010-2011.....	65
11	Comparación de medias (Tukey $\leq 0.05^*$), peso de frutos medianos (kg árbol ⁻¹), ciclo 2010-2011).....	66
12	Contrastes ortogonales peso de frutos medianos (kg árbol ⁻¹), ciclo 2010-2011.....	66
13	Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$), peso de frutos chicos (kg árbol ⁻¹), ciclo 2010-2011)	67

Cuadro	Página
14	Contrastes ortogonales peso de frutos chicos (kg árbol ⁻¹), ciclo 2010-2011..... 67
15	Contrastes ortogonales de rendimiento total (kg árbol ⁻¹), ciclo 2010-2011..... 68
16	Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) de diámetro de fruto (mm), ciclo 2010-2011. 68
17	Contrastes ortogonales diámetro de fruto (mm), ciclo 2010-2011..... 69
18	Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) de peso de jugo (g), ciclo 2010-2011..... 69
19	Contrastes ortogonales peso de jugo (g), ciclo 2010-2011..... 70
20	Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) porcentaje de jugo ciclo 2010-2011..... 70
21	Contrastes ortogonales porcentaje de jugo (%), ciclo 2010-2011..... 71
22	Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) acidez del jugo ciclo 2010-2011..... 71
23	Contrastes ortogonales acidez del jugo (%), ciclo 2010-2011..... 72
24	Resultados de muestreo de frutos de toronja (ciclo 2010-2011)..... 73

..

RESUMEN

El experimento se llevó a cabo durante el año 2010 a 2011, en una huerta de toronjo (*Citrus paradisi* Macf) cuya variedad fue “Rio Red” sobre patrón agrio, con una edad de 14 años, ubicada en la hacienda “Las Anácuas” del Municipio de General Terán, N.L México. El objetivo del estudio fue analizar el efecto de la fertilización orgánica y sintética en el rendimiento y calidad de fruto de toronja. Los tratamientos fueron: 00-00-00 (testigo), 100-00-00, 160-80-95, 200-80-95, 250-120-140, 5 t ha⁻¹ de gallinaza + 70-00-00, 10 t ha⁻¹ de gallinaza + 35-00-00. Los resultados indicaron que los tratamientos 160-80-95 y 5 t ha⁻¹ de gallinaza + 70-00-00 obtuvieron el mayor peso con respecto a frutos grandes y rendimiento total. Los tratamientos 160-80-95 y 200-80-95 obtuvieron el mayor peso de frutos medianos y el testigo (00-00-00) obtuvo el mayor peso de frutos pequeños. En base a los resultados y los costos de los fertilizantes sintéticos y gallinaza, se recomienda aplicar 160-80-95 ó 5 t ha⁻¹ de gallinaza + 70-00-00. Se observó que con dosis de 80 y 95 kg ha⁻¹ de fósforo y potasio respectivamente, son suficientes para obtener adecuados rendimientos cuando se aplican 160 kg ha⁻¹ de nitrógeno. Se incrementó el diámetro de fruto y peso de jugo al aplicar fertilizante orgánico más fertilizante sintético (5 t ha⁻¹ de gallinaza más fertilizante sintético + 70-00-00). El mayor porcentaje de jugo, se obtuvo con fertilizantes sintéticos (160-80-95) y 5 t ha⁻¹ de gallinaza más fertilizante sintético (70-00-00). Los tratamientos con mayor acidez de jugo fueron 160-80-95 y 200-80-95. Con

respecto al espesor del mesocarpio del fruto y calidad de jugo (grados brix y relación grados brix-acidez⁻¹), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Palabras clave: Toronja, fertilización, rendimiento, calidad, orgánico, sintético.

SUMMARY

The experiment was conducted during 2010 - 2011 production year, in a grove grapefruit (*Citrus paradisi* Macf) of the variety Rio Red, on sour rootstock, of 14 year grove in the locality of "Las Anacuas" in the municipality of General Teran, N.L. Mexico. The objective of the study was to analyze effect of organic and synthetic fertilization in grapefruit yield and fruit quality. Treatments were 00-00-00, 100-00-00, 160-80-95, 200-80-95, 250-120-140, 5 t ha⁻¹ of chicken manure + 70-00-00 and 10 t ha⁻¹ of chicken manure + 35-00-00. Results indicated that treatment 160-80-95 and 5 t ha⁻¹ of chicken manure + 70-00-00, obtained the highest large fruit weight and total yield. Treatments 160-80-95 and 200-80-95 obtained the highest weight regarding medium fruits and treatment 00-00-00 obtained the most weight of small fruits. Based on the results and costs, the recommendation is to apply 160-80-95 or 5 t ha⁻¹ of chicken manure + 70-00-00. Phosphorus and potassium dosage of 80 and 95 kg ha⁻¹ respectively, are sufficient in order to obtain good yields when 160 kg ha⁻¹ of nitrogen is added. Fruit diameter and juice weight was increased by applying organic fertilizer + synthetic fertilizer (5 t ha⁻¹ of chicken manure + 70-00-00). The highest juice percentage was obtained with treatments 160-80-95 and 5 t ha⁻¹ of chicken manure + 70-00-00. Treatments with higher acidity of juice were 160-80-95 and 200-80-95. With respect to the thickness of the mesocarp of the fruit and juice quality (°Brix and relation °Brix-Acidity⁻¹) we found no significant differences between treatments.

Index words: Grapefruit, fertilization, yield, quality, organic, synthetic.

1. INTRODUCCIÓN

El toronjo (*Citrus paradisi* Macf) es un árbol que produce una fruta con alto contenido de vitamina A y C. Tiene una gran demanda como fruta para consumo fresco y procesado en mermeladas, gajos o en jugos, tanto naturales como concentrados (Sauls, 2008).

En cuanto a la producción de toronja EUA es el principal productor, le siguen China, México, Brasil y España. Se reportan producciones promedio de 18.5 t ha⁻¹ y altos de 40 t ha⁻¹ en EUA (Albrigo, 2004).

En México el auge en superficie del cultivo de toronjo fue entre los años 60's y 70's principalmente en Tamaulipas y Veracruz. Sin embargo, en Nuevo León se ha visto un incremento importante en la superficie durante los años 90's y 00's debido a las variedades de pulpa doble rojo (Ray Ruby, Río Red, Ruby y Star Ruby) que han tenido una gran aceptación por el mercado fresco nacional e internacional con precios normalmente superiores a la naranja (Padrón y Rocha, 2007).

Se reportan 15 nutrimentos esenciales para el cultivo de los cítricos de los cuales tres, carbono (C), hidrogeno (H) y oxigeno (O), se proveen a través del agua y el aire, el resto debe proveerlos el suelo, agua o a través de fertilizantes orgánicos o sintéticos. Las deficiencias reportadas más comunes en cítricos en Nuevo León son de nitrógeno (N), fierro (Fe), zinc (Zn) y magnesio (Mg). En caso de presentarse deficiencias en los elementos antes mencionados deberán atenderse

mediante aplicaciones al suelo o foliares, exceptuando el Fe que normalmente se presenta en suelos arcillosos inundados o días fríos, pero al corregirse la inundación e incrementar la temperatura se corrige la deficiencia (Martínez *et al.*, 2010).

La producción comercial exitosa de toronja requiere que el productor haga uso óptimo de los recursos disponibles, uno de estos recursos de importancia es la fertilización orgánica y sintética que proveen los nutrimentos necesarios, para un crecimiento adecuado del cultivo, para obtener altos rendimientos y buena calidad de fruto que cumpla con los requisitos del mercado.

1.1. Objetivo

1. Analizar el efecto de la fertilización orgánica y sintética en el rendimiento y calidad de fruto de toronja bajo las condiciones de suelo y clima de la zona citrícola del estado de Nuevo León del ciclo 2010-2011.

1.2. Hipótesis

Los antecedentes permiten suponer que la fertilización orgánica más fertilizante sintético incrementan el rendimiento y calidad de fruta de toronja en mayor proporción que el aplicar únicamente fertilizante sintético.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características generales del cultivo de toronjo

2.1.1. Origen

El origen de esta especie no se conoce con exactitud, aunque numerosas investigaciones señalan que se trata de una hibridación natural entre el naranjo dulce (*Citrus sinensis*) y el pummelo (*Citrus grandis*) ocurrido en Barbados, en las Indias Occidentales alrededor del siglo XVII. Desde allí, su cultivo se extendió por todo el Caribe, y posteriormente a los Estados Unidos, pero cobró popularidad a partir de fines del siglo XIX. Hoy en día, se cultiva en varios países tropicales y subtropicales (Amórtegui 2001; Davies y Albrigo, 1994).

2.1.2. Clasificación botánica

Reino: Vegetal

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Sapindales

Familia: Rutáceas

Sub-familia: Aurantioideae

Género: Citrus

Especie: paradisi Macf

2.1.3. Características morfológicas

El toronjo alcanza una altura normal de 4.5 a 6.0 m, pero en ocasiones hasta los 13 m, con una forma redonda de la copa, el tallo alcanza diámetros que exceden los 15 cm y se caracteriza por producir ramas con frutos en racimos. Es perennifolio con hojas en forma de óvalo de 7.5 a 15.0 cm de longitud y 4.0 a 7.5 cm de ancho (Loussert, 1992).

La carga en los toronjos generalmente es superior a la del naranjo Valencia, por lo que la presencia de fruta albrichiga o fuera de temporada es menor normalmente. Sin embargo, se puede obtener buen rendimiento de toronja albrichiga presentándose en años con muy poca floración en la primavera y presencia de lluvias durante el verano (Martínez *et al.*, 2010).

La flor es de color blanca con fragancia, es perfecta con 5 sépalos y pétalos de 20 a 25 estambres rodeando el gineceo con un estigma en forma de dona. El ovario está compuesto de 10 a 14 lóculos con posición superior que cuenta además, con un disco nectario que atrae a las abejas y mediante su polinización incrementa el porcentaje de fecundación. Sin embargo, la abeja no es indispensable durante la polinización del toronjo, debido a que se considera como autopolinización, es decir, la polinización ocurre con o sin la abeja, pero hay mayor fecundación cuando la abeja está presente. Cuando la fecundación no ocurre, los pequeños frutos (estériles), caen aproximadamente al mes después de la floración, Además, ocurre otra caída de frutos en agosto cuando el árbol cargó en exceso y de febrero a marzo del próximo año cuando se presentan vientos fuertes (Agustí, 2003; Amorós, 2003).

El fruto se clasifica como un hesperidio que se divide en segmentos en los cuales cada uno de estos tiene cientos de vesículas con jugo, denominado “pulpa” que

comprende la mayor parte de la porción comestible. El color de la pulpa puede ser desde blanca, rosa hasta rojo intenso, existiendo dentro de estos rangos diferentes intensidades. Una característica distintiva de esta especie es la producción de fruta en racimos. Las partes que conforman un fruto de toronja son, los septos que es el divisor de lo que comúnmente llamamos gajos (Agustí *et al*, 2003); la corteza, exocortis o flavedo que puede ser desde verde, blanca, amarilla, rosa, naranja y roja con vesículas que contienen aceites esenciales; el mesocarpio o albedo que es la porción corchosa de color blanco; los gajos, endocarpio o vesículas de jugo que es la porción comestible; semillas y eje central. La alimentación del gajo o vesícula normalmente se cree que es del eje central, sin embargo, su alimentación es de los septos. Se puede observar que de los septos sale un cordón umbilical a cada vesícula para su alimentación (Agustí *et al*, 2003; Martínez *et al.*, 2010; Soler y Soles, 2006).

2.1.4. Importancia económica

El toronjo también conocido como pomelo es considerado el cuarto cítrico en importancia, después de la naranja, limón y mandarina. Los frutos en fresco se consumen en las comidas de entrada o de postre y procesados en mermeladas o en jugos, tanto naturales como concentrados. La industria aprovecha una parte de la producción principalmente para la elaboración de jugos, envasado de gajos y pequeñas cantidades para mermeladas (Gaitán, 2002).

Los principales países productores de toronja en el 2010, fueron Estados Unidos, China, Sudáfrica, México, Siria, La India, Israel, Argentina, Turquía y Cuba. Según la FAO en el año 2010 se produjeron cerca de 5 millones de toneladas de toronja, siendo Estados Unidos el principal productor líder con más de 2.3 millones de toneladas, con el 45% destinado al consumo en fresco. Observándose un

incremento del 17% en superficie, con rendimientos promedio de 18.5 t ha⁻¹ y rendimientos altos de 40 t ha⁻¹ en Florida y un rendimiento promedio 44 t ha⁻¹ y muy buenos rendimientos 60 t ha⁻¹ en Texas, EUA (FAO 2010).

En México el auge fue entre los 60's y 70's principalmente en Tamaulipas y Veracruz. Sin embargo, en Nuevo León se ha visto un incremento importante a partir de 1990, debido a las variedades de pulpa doble rojo que han tenido una gran aceptación por el mercado fresco nacional e internacional con precios normalmente superiores y mayor rendimiento que la naranja. En la zona cítrica del estado de Nuevo León (México) se obtienen buenos rendimientos (30 t ha⁻¹) a pesar de que no hay cultura de una buena fertilización. En el estado de Nuevo León la zona citrícola está comprendida por los municipios de Cadereyta, General Terán, Hualahuises, Linares, Montemorelos y Allende, con una superficie total de 42,205 hectáreas, ocupando el 3.85% el cultivo del toronjo (Martínez, *et al.*, 2010; Padrón y Rocha, 2007).

2.1.5. Requerimientos climáticos y edáficos

Se considera que la latitud óptima para el cultivo del toronjo es entre 24° y 40° es decir entre subtropical y semiárido, donde las temperaturas máximas son de hasta 45°C y las mínimas son mayores a -6.6°C.

El clima tiene efectos relevantes en la producción de toronja ya que por ejemplo en regiones mediterráneas (climas subtropicales o semiáridos), las bajas temperaturas por la noche, noches largas y baja humedad relativa provoca una floración concentrada en la primavera, producen frutos con corteza más gruesa, sin manchas, brillante y buena relación de sólidos solubles-acidez que cumplen con calidad para exportación. En cambio en los trópicos es todo lo contrario, es decir floración distribuida en todo el año con calidad de fruto principalmente para

jugo, debido a que no cumple con la calidad para mercado fresco internacional, su consumo en fresco es normalmente nacional, jugo nacional e internacional (Morton, 2003; Palacios, 2005).

El cultivo del toronjo se puede producir en diferentes texturas de suelo, sin embargo, es importante tomar en cuenta el patrón, debido a que existen tolerancias muy importantes entre los patrones que determinan cual tendrá mejor comportamiento según el suelo. Autores indican que los mejores suelos para el cultivo del toronjo son los areno-limosos con nivel freático mayor a 2 m, salinidad menor de $2000 \mu\text{S cm}^{-1}$ (microsiemens por centímetro) y pH entre 7.0 a 8.2. Se recomienda agregar materia orgánica para estimular la fauna microbiana del suelo, incrementar la capacidad de intercambio catiónico y mejorar la estructura del suelo (Alcántar y Trejo-Tellez, 2006; Futch and Tucker, 2001; Haman and Itzuno, 2003).

La precipitación óptima para el cultivo del toronjo es de 1,000 mm anuales, distribuidos regularmente a lo largo del año. Es necesario tomar en cuenta, la cantidad, calidad y disponibilidad del agua de riego. La cantidad de agua que el cultivo del toronjo requiere depende del tamaño y de las condiciones climáticas prevalecientes durante el año, normalmente se requiere de 1 a 2 lps (litro por segundo) por hectárea cuando se utilizan riegos presurizados (goteo y microaspersión) y mínimo 30 lps para riego por inundación para que pueda avanzar el riego (Martínez *et al.*, 2010).

Otro aspecto de gran relevancia para los sistemas de riego es la calidad del agua de los cuales los factores con mayor importancia son: Conductividad Eléctrica (CE), pH y RAS (Relación Absorción de Sodio). Las sales más comunes encontradas en el agua de riego son carbonatos de calcio y cloruro de sodio. En

la región citrícola de Nuevo León, la CE del agua de riego de la mayoría de los pozos someros que se aprovechan en cítricos se encuentra entre 800 y 2,500 $\mu\text{S cm}^{-1}$, agua clasificada como moderada y muy severa en sales respectivamente, en el caso del agua del Rio Pílon que abastece la zona citrícola es de 467 $\mu\text{S cm}^{-1}$ clasificada como libre de sales. (Martínez *et al.*, 2010).

La disponibilidad del agua para riego en el cultivo del toronjo en el momento que lo necesita es muy importante ya que un estrés hídrico en cítricos se traduce en problemas de caída de frutos y hojas, muerte de brotes terminales, disminuye el tamaño y calidad de fruto; además induce a escasa brotación y floración, exceptuando en los meses de diciembre y enero que se recomienda castigarlos para estimular la diferenciación de yemas florales. El cultivo del toronjo cuando es irrigado por gravedad normalmente se hace una vez al mes durante el período de mayo a agosto, una vez cada mes y medio durante los meses de febrero a abril y de agosto a septiembre y una vez cada dos meses durante los meses de octubre a enero. Sin embargo, si la cosecha se realiza antes de diciembre se recomienda no regar hasta mediados de febrero para provocar mayor floración. Las principales fuentes de riego de cítricos es con agua superficial (ríos) y pozos someros (20 m de profundidad) (Martínez, *et al* 2010).

Existe una gran diversidad de variedades las cuales se clasifican en dos grupos de acuerdo al color de la pulpa. En el primer grupo se incluyen las variedades blancas o comunes, siendo la variedad Marsh la más importante. En el segundo grupo engloba las variedades pigmentadas, con un color de pulpa que va desde el rojo hasta el rosa como son la Rio Red, Star Ruby y la Ruby, entre otras, que están adquiriendo mayor popularidad entre los consumidores.

La variedad Rio Red, conocida como doble roja, ha tenido una gran aceptación en el mercado nacional e internacional para consumo en fresco (Padrón-Chávez y Rocha-Peña, 2007;).

En cuanto a la densidad de plantación es importante tener en cuenta que su finalidad es darle a la planta el espacio suficiente para su crecimiento y desarrollo, buena aireación, mayor exposición a la luz solar para que pueda expresar su potencial de producción además de un manejo adecuado de las prácticas culturales en la huerta y que facilite las actividades relacionadas con la cosecha del fruto (Sauls, 2008). El diseño apropiado de la huerta y la densidad de plantación adecuada pueden tener un impacto significativo en el rendimiento, calidad de la fruta, facilidad de labores culturales de la huerta y en la rentabilidad. Existen diferentes opciones de plantación dependiendo de la región, clima, topografía, cultivar y portainjerto. En el caso del cultivo del toronjo el más común es 8 x 5 (250 árboles ha⁻¹) ó 6 x 4 m (425 árboles ha⁻¹) siempre y cuando se realice la poda mecánica.

2.1.6. Propiedades Nutricionales

La toronja se consume sobre todo en fresco, jugo simple o concentrado, también se obtienen subproductos como aceites esenciales, bagazos y pectinas. Su alto valor alimenticio lo determina el escaso valor calórico, a expensas de los hidratos de carbono, su riqueza en vitamina A y C; abundantes contenidos de ácido málico, fólico y cítrico, éste último potencia la acción de la vitamina C. En cuanto a minerales, es rica en Potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Otros componentes en baja cantidad son: la vitamina B2 y B6. Las toronjas pigmentadas contienen más vitamina A y beta-carotenos que las de color blanco.

La cantidad de fibra no es representativa y ésta se encuentra sobre todo en la parte blanca entre la pulpa y la corteza, por lo que su consumo favorece el tránsito intestinal (Paramasivam *et al.*, 2000).

Los compuestos naringin (flavonoide) y neohesperidin dihydrochalcone tienen aplicaciones como endulzante artificial con un sabor a menta que permanece por buen tiempo.

Su aporte a un mejor funcionamiento del aparato circulatorio y sus cualidades anti cancerígenas, la hacen distinguirse del resto de los cítricos. Su calidad no es cuestionable, ya que se exporta a diversos países de América, Europa y Asia (Paramasivam *et al.*, 2000).

2.1.7. Características de calidad de la toronja

Actualmente los mercados consumidores han establecidos estrictos sistemas de control en el sector alimentario, la definición de las características y descripción de cada parámetro de calidad se deben establecer de manera conjunta a fin de obtener información suficiente para emitir el dictamen de cumplimiento o incumplimiento de las especificaciones requeridas.

Las siguientes características han sido definidas en función de las preferencias de los consumidores nacionales y extranjeros, considerando al mismo tiempo las cualidades que posee el producto por naturaleza (Secretaría de Economía, 1995). Esta Norma Mexicana establece las especificaciones mínimas de calidad que debe cumplir la Toronja (*Citrus paradisi*), de la familia Rutáceae en todas sus variedades, para ser comercializada en estado fresco y en territorio nacional, después de su acondicionamiento y envasado. Productos Alimenticios no

Industrializados para Uso Humano Fruta Fresca. Toronja. (*Citrus paradisi*) Especificaciones (Norma: NMX-FF-039-1995), las características de calidad son:

Sensoriales externas: Las frutas deben estar enteras y limpias, presentar aspecto fresco, estar libres de lesiones físicas, presentar coloración característica (se permite pintar las frutas siempre y cuando se indique mediante etiquetado individual y se utilice un colorante aprobado), de acuerdo a la variedad, estar exentas de humedad anormal (salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica), haber sido acondicionadas, ser de forma característica de acuerdo a la variedad.

Sensoriales internas: La pulpa debe presentar color característico de acuerdo a la variedad, ser de consistencia característica uniforme, firme y jugosa, tener sabor y olor característico.

Física: Tamaño homogéneo en función del peso (300 g como mínimo) y variedad.

Químicas: Un mínimo de contenido de jugo del 45 %, contenido de sólidos solubles totales (SST o grados brix) mínimo de 9, acidez (como ácido cítrico) de 0.7 a 1.0, relación $^{\circ}\text{Brix Acidez}^{-1}$ de 9, residuos químicos de acuerdo con los niveles permisibles establecidos en el CICLOPLAFEST (Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas y Sustancias Tóxicas en México) y/o Codex alimentarius (Código de Alimentos) sin perjuicio de incumplimiento de otras normas del mercado destino.

Fitopatológicas: Exentas de daños causados por bacterias, virus, hongos y otros organismos patógenos y/o las relacionadas con la disponibilidad y asimilación de nutrientes.

Entomológicas: Libre de presencia o daños causados por insectos.

Presentación: Empaque, envases nuevos y limpios, cuyo contenido debe ser homogéneo constituido por fruta de la misma variedad y características (tales como forma tamaño, color y acondicionamiento). El contenido en peso no debe presentar variaciones mayores al 5% del que se declara. Embalaje, tal que asegure protección adecuada al producto.

2.1.8. Objetivo de la fertilización

El objetivo de la fertilización es compensar las extracciones de elementos minerales del suelo que las plantas llevan a cabo durante su desarrollo, cultivo o ciclo vegetativo y suplir los nutrimentos ausentes en el mismo. Consiste en incrementar la fertilidad natural de los suelos para aumentar la producción y la calidad de los productos de las plantas cultivadas en ellos (Agustí 2003; Amorós, 2003).

Para la fertilización es necesario conocer las necesidades nutricionales de las plantas en cultivo. La restitución de los elementos minerales al suelo es imprescindible, el abuso en el aporte de los mismos acarrea una reducción de cosecha y calidad, así como desequilibrios nutricionales entre diversos elementos minerales, alteraciones de las características físicas y químicas del suelo y contaminación del medio ambiente. Se trata, por lo tanto, de utilizar dosis mínimas de fertilizantes para una cosecha óptima, rendimientos económicos satisfactorios y menor grado posible de contaminación de las aguas subterráneas (Chapman, 1968; Smith, 1966; Soler y Soles, 2006).

El estudio de la fertilización pretende optimizar el método del suministro de los elementos minerales a las plantas, por lo que es importante conocer qué elementos son necesarios, la época más adecuada para su suministro, la técnica

más idónea y las cantidades aplicar, todo ello en función de las características físicas y químicas del suelo, la edad de la planta, especie y la variedad del cultivo. (Agusti, 2003). La carga de la cosecha también está estrechamente ligada a los programas de fertilización en el caso de los árboles de cítricos maduros, porque al recolectar la fruta se sustraen muchos nutrimentos. Una tonelada de toronja contiene 1.06 Kg de nitrógeno (N), 0.30 Kg de fósforo (P) y 2.42 Kg de K. Por lo tanto, una huerta que produzca 50 t ha⁻¹ requerirá 52.9 Kg, 14.9 Kg y 121.1 Kg de N, P y K respectivamente, sólo para reponer las pérdidas de nutrimentos durante la cosecha. Esto sin tener en cuenta las pérdidas por lixiviación o volatilización, ni los nutrimentos utilizados para el crecimiento vegetativo (Agustí, 2003; Chapman, 1968; Falivene, 2005; Legaz y Primo-Millo, 1988).

2.1.8.1. Factores determinantes de la fertilización

Un programa racional de abonado en cítricos debe basarse tanto en las características de la plantación como en los datos aportados por los análisis foliar, suelo y agua de riego (Legaz *et al.*, 1995; Moreno *et al.*, 1998).

2.1.8.1.1. Análisis foliar.

El análisis foliar se considera actualmente como una referencia indispensable para determinar tanto las necesidades de abonado de las plantaciones de cítricos como los estados carenciales de microelementos. Esto se debe a que los análisis foliares dan una indicación precisa de la absorción de los diferentes elementos por la planta, ya que las hojas son muy sensibles a los cambios de composición del medio nutritivo. La correcta utilización de esta práctica requiere efectuar adecuadamente la toma de muestras de hojas, de modo que sea representativa

del estado nutricional de la plantación, e interpretar correctamente los análisis. Deben obtenerse muestras de 100 hojas de 20 árboles representativos del estado general del huerto de unidades de no más de 8 ha (Legaz *et al.*, 1995; Obreza *et al.*, 1999).

Generalmente está aceptado que deben muestrearse las hojas de la brotación de primavera de una edad determinada. Sin embargo, existen diferentes criterios sobre el tipo de brote que debe elegirse para el muestreo, considerando que pueden tomarse hojas procedentes de brotes vegetativos (sin frutos). El período óptimo de muestreo es el comprendido entre septiembre y noviembre, cuando las hojas de la brotación de primavera han alcanzado una edad de 7 a 9 meses. En esta época, dichas hojas mantienen estable la concentración de elementos minerales a diferencia de lo que ocurre durante su desarrollo (Khan *et al.*, 2000; Legaz *et al.*, 1995; Pestana *et al.*, 2001).

No es conveniente efectuar el muestreo, al menos hasta que hayan transcurrido de 15 a 20 días desde el último abonado.

Las muestras de hojas deben lavarse tres a cuatro veces con agua desionizada antes de secarlas con aire caliente y enviarlas en bolsas de plástico o papel a un laboratorio adecuado para su análisis (Rodríguez y Rodríguez, 2002; Legaz *et al.*, 1995).

La interpretación del análisis foliar se realiza comparando los resultados obtenidos con los valores foliares estándar previamente establecidos para cada elemento. Los valores pueden diferir ligeramente para pomelo, limonero y otros cultivares comerciales. Los niveles de nutrientes en las hojas se clasifican en deficientes, bajos, óptimos, altos y excesivos. Estos intervalos se refieren a respuestas en rendimientos y calidad de fruta (Amorós, 2003; Legaz *et al.*, 1995).

2.1.8.1.2. Análisis de suelo.

El análisis del suelo es un elemento indispensable para conocer las características, tanto físicas como químicas de éste, que afectan a la nutrición de la plantación. Las condiciones físicas del suelo, y especialmente la textura, nos informan de aspectos importantes relacionados con la movilidad del agua y la dinámica de los fertilizantes. El análisis químico nos indica la riqueza en nutrientes del suelo y nos da una aproximación sobre aquellos elementos que se encuentran en forma asimilable por la planta (Nelson *et al.*, 2008).

El análisis de suelo es muy útil para controlar los niveles de nutrientes relativamente inmóviles como Mg, Ca, cobre (Cu) y P, o para determinar el pH. El análisis de N y K edáficos no suelen ser representativos de los niveles en el árbol a causa de la naturaleza móvil de estos iones (Zekri y Obreza, 2003).

La disponibilidad de algunos nutrientes, específicamente Cu, Fe, P, K y Mg, está afectada por el pH del suelo. Es aconsejable mantener el pH entre 5.5 y 7.0, aunque muchos huertos de cítricos del mundo son productivos a valores de pH considerablemente inferiores y superiores a éstos. El encalado de suelos ácidos usando limolitas calcínicas (o preferentemente dolomíticas, porque también contienen Mg) eleva el pH de los suelos. En suelos calizos los síntomas de deficiencias de cinc (Zn), Fe y manganeso (Mn) pueden ser bastante serios. Mediante un proceso costoso y relativamente lento, es posible disminuir el pH agregando azufre, compuestos azufrados y fertilizantes formadores de ácidos. Las deficiencias se resuelven administrando los correspondientes quelatos, pero con elevado costo (Agustí, 2003).

2.1.8.1.3. Análisis de agua.

La calidad del agua de riego afecta a la nutrición de los cítricos tanto por su contenido de elementos nutritivos en solución como por la presencia de iones tóxicos para la planta. Entre los primeros, cabe destacar por su importancia, los nitratos (NO_3^-) que pueden encontrarse en concentraciones elevadas en algunas aguas subterráneas y constituir una importante fuente de nitrógeno. Algunos cationes como el Ca^{2+} y Mg^{2+} pueden suponer un aporte significativo de estos elementos al suelo, cuando se encuentran en proporciones altas en el agua. Entre los elementos tóxicos para la planta que puede contener el agua de riego, destacan los iones cloruro y sodio, que generalmente son los causantes de su salinidad. La presencia de boro en el agua de riego puede provocar también una importante toxicidad en los cítricos. Cuando los contenidos en sales o elementos tóxicos en el agua de riego se consideran bajos, ésta puede utilizarse sin ninguna restricción (De la Peña *et al.*, 2001). Las concentraciones que se encuentran en los intervalos definidos como moderados, indican que el agua de riego debe utilizarse con precaución en patrones o variedades sensibles, donde puede causar daños leves. Los niveles altos advierten que existe un claro riesgo de toxicidad para el cultivo de los cítricos si se utiliza esta agua para el riego. En el caso del NO_3^- (Cuadro 1), las concentraciones consideradas altas, indican una elevada contaminación del agua por este ión y deben tomarse medidas para reducir el aporte de abonos nitrogenados (Azcón-Bieto y Talón 2008; Legaz *et al.*, 1995).

Cuadro 1. Interpretación de los análisis de agua de riego

Determinaciones analíticas	Unidades	Niveles en el agua de riego		
		Bajo	Moderado	Alto
Conductividad eléctrica	mmhs cm ⁻¹	< 0.9	0.9-3.0	> 3.0
Sólidos solubles totales	mg L ⁻¹	< 600	600-2000	>2000
Cloruro	meq L ⁻¹	<5.0	5-10.0	>10.0
Sodio	RAS*	<3.0	3-9.0	>9.0
Boro	meq L ⁻¹	<0.50	0.51-0.75	>0.75
Nitrato	meq L ⁻¹	<15.0	15-50	>50

*RAS o relación absorción de sodio, indica el efecto desfavorable de este ión sobre la estructura del suelo y la conductividad hidráulica. Este índice se calcula a partir de las concentraciones de Na⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ en meq L⁻¹ (Legaz *et al.*, 1995).

2.1.9. Nutrición del cultivo de toronjo

2.1.9.1. Influencia del nitrógeno

El N es un elemento esencial para las plantas, ya que forma parte de un gran número de compuestos orgánicos, como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, etc. El N es un nutrimento móvil, lo cual significa que, cuando hay deficiencia, las plantas lo trasladan desde el follaje más viejo al más joven y estimula la producción de yemas foliares en forma activa. Con deficiencias, las hojas más viejas se vuelven amarillas primero, mientras que las hojas nuevas permanecen verdes. El N es absorbido por los cítricos en forma de amonio (NH₄⁺) y NO₃⁻, aunque la absorción de NH₄⁺ es mayor cuando el pH del suelo es alto y la de NO₃⁻ cuando el pH es bajo. La urea en el suelo es generalmente convertida en NH₄⁺ por la ureasa. Sin embargo puede ser absorbida directamente por la planta, aunque la velocidad de absorción es baja comparada con la del NO₃⁻ (Abdalla *et al.*, 2008; Alva *et al.*, 2001).

El N constituye el elemento más importante en la programación anual de abonado en cítricos. Su influencia sobre el crecimiento y la productividad es notable, así

como, en ciertas condiciones, sobre la calidad del fruto (Davies, 1994; Legaz y Primo.Millo, 2000).

La fertilización en el cultivo de toronjo es un dilema, algunos estudios reportan no haber encontrado diferencias significativas con la aplicación de N, P y K en el estado de Texas en suelos arcillosos argumentando que las necesidades se abastecen a través del suelo (Wiedefeld *et al.*, 2009).

Aumentando inicialmente la dosis de N en toronjos en producción, en Florida, se obtuvo un aumento lineal importante de los rendimientos; sin embargo las dosis de N superior a 200-250 Kg ha⁻¹ tuvieron un efecto bastante menor sobre la producción. Esta ley del mínimo, o efecto de Mitscherlich, sugiere que mientras que el N es necesario para obtener rendimientos óptimos, su exceso no se justifica económicamente (Smith, 1969). El N aumenta los rendimientos incrementando el número de frutos y no el tamaño. Además los árboles que reciben niveles óptimos de N poseen un follaje más denso y presentan más flores que los deficientes en N. El exceso de N no solamente está injustificado económicamente, sino que también contamina las aguas subterráneas. El NO₃⁻ es altamente soluble en el agua y se mueve rápidamente a través del perfil del suelo. Además el exceso de N puede llevar al consumo de lujo por parte del árbol con impactos negativos en el tamaño y composición de la fruta. Finalmente los productos cosechados tienen menor valor comercial (Morgan *et al.*, 2006; Wardowski *et al.*, 1980).

Respecto al N estudios encontraron que para suelos arcillosos y arenosos se recomiendan aplicaciones de 150 a 168 kg ha⁻¹ (Wiedefeld *et al.*, 2008), 170 kg ha⁻¹ (Abdalla *et al.*, 2008), de 150 a 250 kg ha⁻¹ (Obreza, 2003) y 280 kg ha⁻¹ de N (Alva *et al.*, 2001) por año dividido al menos en dos aplicaciones. Sin embargo,

con dosis de 170 kg ha^{-1} se reportó efecto negativo en la calidad de la fruta en lo que respecta al grosor de epidermis y contenido de vitamina C (Abdalla *et al.*, 2008). En Nuevo León, México la mayoría de los productores no aplican N, pero se recomiendan dosis que van de 150 a 200 kg ha^{-1} (Rocha y Padrón, 2009; Martínez *et al.*, 2010). El resultado del análisis foliar de una huerta de toronjo en el año alternante (baja producción) con dosis de 100 kg ha^{-1} de N reporta un 2.14% comparado con 1.93% en el testigo, ambos se encuentran en el nivel óptimo (Martínez *et al.*, 2012), motivo por el cual algunos investigadores no recomiendan la aplicación de N.

Las necesidades fisiológicas, son determinantes del establecimiento de las épocas más adecuadas para aplicar los abonos nitrogenados a los cítricos. Se deben tomar en cuenta la influencia de las condiciones climáticas y la naturaleza del suelo. Las máximas necesidades de N en los cítricos, se dan durante la primavera, como consecuencia del consumo que realizan la brotación, la floración y el desarrollo inicial de los frutos. En verano aunque las necesidades son menores, se requiere una cantidad importante de N para el desarrollo de las brotaciones y para la formación de las reservas nitrogenadas, así como para completar el desarrollo de los frutos. Durante el otoño, y sobre todo en el invierno, el consumo de N es mucho menor, y por eso no deben aplicarse fertilizantes nitrogenados durante estas estaciones, además la nitrificación es lenta, la absorción radicular mínima y los NO_3^- disponibles pueden perderse fácilmente por lixiviación. Por otra parte, los aportes fuertes de NO_3^- en otoño pueden afectar negativamente la calidad de la fruta, especialmente en variedades precoces, retrasando su maduración. La mejor época de fertilización para facilitar la acumulación de reservas es durante el verano, ya que la contribución de la

nutrición de los órganos de la planta desciende y además, la absorción radicular en este período es mayor (Legaz y Primo-Millo 1988; Mattos *et al.*, 2005).

Es indudable, que las diferencias climáticas y edáficas entre las regiones son las responsables de estos resultados conflictivos, aunque ciertamente los niveles óptimos de N sean similares en todo el mundo. Estos niveles podrían reducirse si se minimizan las pérdidas por lixiviación (Morgan *et al.*, 2006).

2.1.9.2. Influencia del fósforo

El P es un elemento esencial para los cítricos, ya que se encuentra formando parte de importantes metabolitos, como nucleótidos, ácidos nucleicos, fosfolípidos, fosfatos de azúcares, algunos coenzima, etc. Este elemento participa en el metabolismo de los azúcares, de los ácidos nucleicos y en los procesos energéticos de la planta, en forma de ATP o como diversos productos fosforilados. El P es un nutrimento muy móvil en la planta, es por ello que, en condiciones de deficiencias el P se desplaza desde los órganos más viejos a los órganos jóvenes. El fósforo está inmóvil en el suelo porque forma compuestos insolubles con metales tales como aluminio (Al) o Fe. También se lixivia y metaboliza mucho más lentamente que el NO_3^- o el K. La absorción del fertilizante fosfórico depende del crecimiento radicular y la morfología de la raíz. Las plantas lo absorben en forma de ión fosfato secundario (HPO_4^{2-}) y ortofosfato primario (H_2PO_4^-) (Agustí, 2003).

La incidencia del P sobre la cuantía y la calidad de las cosechas es menos notable que en el caso del N. La carencia de este mineral es muy difícil de detectar, no sólo porque no es frecuente en las huertas de cítricos, sino porque no presenta manifestaciones claras. En plantas deficientes de este elemento la

floración es más escasa, los brotes jóvenes se rompen fácilmente, los frutos son de mayor tamaño pero con menos zumo, corteza más gruesa y menos consistentes, separándose los gajos en su eje central, aunque los síntomas sobre la calidad del fruto inducidos por la deficiencia en P han sido relacionados con el nivel de N, dada la relación entre ambos elementos y suelen ser más importantes a medida que aumenta la concentración de este elemento (Davies y Abrigo, 1994; Obreza *et al.*, 2006).

Es necesario disponer de análisis foliares para la correcta fertilización del P, ya que mientras la producción sea adecuada y su contenido foliar se mantenga dentro de los niveles considerados normales, es porque la planta extrae el P que precisa de las reservas contenidas en el suelo; solamente cuando la concentración foliar de P descienda de forma dramática habrá que considerar su fertilización y la época adecuada para su aplicación en las huertas de cítricos es a principios de la primavera, junto con otros fertilizantes que se aplican en esta época. (Legaz y Primo-Millo, 1988). Dada la poca movilidad de los fosfatos en el suelo, es conveniente enterrarlos, después de su aplicación, con el objeto de facilitar su penetración y difusión por la zona de distribución de las raíces (Agustí, 2003).

En el caso del P los cítricos requieren bajas cantidades. Por ejemplo, una tonelada de fruta contiene alrededor de 500 g o menos de P. Comparado con 1,058 g de N y 2,422 g de K (Falivene, 2005; Paramasivam *et al.*, 2000). La baja cantidad de P requerida normalmente está disponible en los suelos de Nuevo León, motivo por el cual pocos productores realizan aplicaciones de este elemento y es raro encontrar deficiencias en las hojas en cítricos en Nuevo León y Texas (Rocha y Padrón, 2009).

En el caso del P en Texas (EUA) estudios indican que no se encontró diferencia con respecto al testigo (Wiedefeld *et al.*, 2009). Sin embargo, en Florida (EUA) debido a que son suelos pobres en P y arenosos la aplicación de P mejoro el rendimiento con dosis de 100 kg ha⁻¹ (Obreza, 2003), en Nuevo León normalmente los citricultores no aplican P, pero la recomendación es de 70 a 90 kg ha⁻¹ (Rocha y Padrón, 2009; Martínez *et al.*, 2010). Análisis foliar indican un 0.11% en una huerta de Nuevo León que no se aplicó P, el cual se considera ligeramente bajo (Martínez *et al.*, 2012).

2.1.9.3. Influencia del potasio

Se ha demostrado la esencialidad del K como coenzima de numerosas enzimas, así como la exigencia de elevadas cantidades de K durante la síntesis proteica. Especialmente importante en su papel en la fotosíntesis y en el metabolismo de hidratos de carbono, habiéndose demostrado la relación de este elemento con la traslocación de los azúcares. El K también posee una función general como regulador del agua en las células vegetales, participando en el reajuste osmótico de las plantas sometidas a déficits hídricos, impidiendo que pierdan humedad y se sequen. El K interviene en el mecanismo de apertura estomática, modificando su concentración en las células oclusivas (Agustí, 2003; 1992; Palacios, 2005).

El K en el suelo se encuentra en forma de ion K⁺ fácilmente absorbido por las raíces de las plantas. El K en la planta es altamente móvil, principalmente hacia los tejidos meristemáticos, se mueve de los tejidos viejos de las plantas a los tejidos jóvenes.

Los frutos de los cítricos contienen grandes cantidades de K en comparación con otros nutrientes. Está demostrado que una nutrición correcta en K mejora la tasa

de fructificación (porcentaje de cuajado más elevado, caídas de junio menos importantes y reducción de la caída prematura de frutos antes de la recolección), mejora el calibre de los frutos y mejora las cualidades organolépticas de los frutos (sabor y dulzor) y su coloración (corteza más intensamente coloreada), (Khan *et al.* 2000; Mattos, *et al.*, 2005; Obreza y Morgan, 2008).

Al igual que el N, el exceso de K en cítricos trae consigo una serie de efectos negativos, provocan un marcado aumento de la acidez de los frutos, disminuyendo la relación grados brix–acidez y en consecuencia se retrasa la maduración, provoca la carencia de Mg y Zn debido a los antagonismos existentes entre estos elementos y el P (Obreza, 2003; Paramasivam *et al.*, 2000; Syverstsen *et al.*, 2004).

El K es un elemento que se encuentra en altas cantidades en el suelo de Nuevo León, México motivo por el cual no se recomienda su aplicación (Rocha y Padrón, 2009). Sin embargo, resultados de estudios en Florida (EUA) indican que con dosis de 200 kg ha⁻¹ se presentó efecto positivo en lo que respecta a tamaño de fruto y rendimiento en árboles de cuatro años, el rendimiento se incrementó de 9 a 54 kg árbol⁻¹ (Obreza, 2003). El análisis foliar de un huerto en el cual no se aplicó K se encontró 1.68% considerado en el rango óptimo (Martínez *et al.*, 2012).

2.1.10. Interacción de los nutrimentos

Hay notables y variadas interacciones entre los distintos elementos nutritivos. Los niveles de N influyen en la mayoría del resto de los elementos. Los niveles de N y P en hoja se relacionan inversamente, teniendo los de N un efecto pronunciado sobre los de P. La interacción del N con el K se ha estudiado ampliamente y en general, los niveles de N y K se relacionan inversamente. Sin embargo la relación

entre N y K tienen un efecto importante sobre el rendimiento y la calidad de la fruta. Los niveles de N y Mg en las hojas se correlacionan positivamente y son sinergistas, mientras que los niveles altos de Ca producen generalmente niveles bajos de N. El N, K y Ca se desplazan uno al otro en el suelo y son por lo tanto mutuamente antagónicos. Las concentraciones en las hojas se correlacionan inversamente. Igualmente NH_4^+ y K^+ compiten para situarse en el suelo. El K es muy antagonista al Mg, aunque el Mg tenga únicamente un moderado efecto sobre el nivel de K (Davies *et al.*, 1994; Pestana *et al.*, 2001).

2.1.11. Influencia de la materia orgánica

Antes de que aparecieran los fertilizantes químicos en sus diferentes formas, la única manera de abastecer nutrientes a las plantas y reponer aquellos extraídos del suelo por los cultivos, era mediante la utilización de abonos orgánicos. Este cambio de abonos orgánicos por abonos químicos en la fertilización de cultivos, actualmente está propiciando que el suelo sufra de un agotamiento acelerado de materia orgánica y de un desbalance nutricional, y que al transcurrir el tiempo pierda su fertilidad y capacidad productiva. Además el uso inadecuado de fertilizantes químicos o el abuso de ellos, sin tomar en cuenta la falta de otros nutrientes que limitan la productividad de los cultivos, conduce al surgimiento de problemas del medio ecológico al deterioro de otros recursos naturales (Morton y Proebst, 2003).

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal o vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrientes; el suelo con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas.

En los estiércoles, la materia orgánica está compuesta principalmente por el residuo de los alimentos no absorbidos en el proceso digestivo de los animales, por las bacterias y otros organismos desarrollados tanto en el proceso de la digestión como en el tiempo de almacenamiento (cuando existe adecuada relación entre C y N). La materia orgánica está integrada por las moléculas orgánicas de los seres vivos, en las que se encuentra el N orgánico, presente en los estiércoles en distintas proporciones. La fracción carbonada de la materia orgánica se degrada por fermentación aerobia, cuando hay presencia de oxígeno. En el proceso de aplicación de los estiércoles a los suelos cultivados, método habitual de reciclado de aquellos, la materia orgánica incorporada se mineralizará, dependiendo de factores como temperatura, humedad y oxígeno, pasando definitivamente a formas minerales asimilables por las plantas.

La materia orgánica, además del aporte de minerales, mejora como enmienda las propiedades del suelo, favoreciendo la actividad biológica, la estructura, la capacidad de retención de agua y nutrientes, activando la capacidad de intercambio catiónico con la formación del complejo arcillo-húmico. El N presente en los estiércoles de aves, suple entre el 50 y el 60 % del N (Trinidad, 1987).

Corrales (2000), llegó a la conclusión que la aplicación de gallinaza puede reducir entre un 33 y 66 % la fertilización mineral y que el empleo combinado de la gallinaza con el fertilizante mineral brinda un beneficio económico que permite su aplicación en la práctica productiva en el cultivo de guayaba.

La disponibilidad del N en estiércol de ganado ovino tiene lugar en los tres años siguientes a su aplicación. En el primer año se mineraliza aproximadamente entre el 40 y 50% del N, el 35 % en el segundo y entre el 15 y 25% en el tercero. Los

porcentajes pueden ser menores en el primer año, dependiendo del estado de maduración del sustrato carbonado (Trinidad, 1987).

La fertilización sintética con 170 kg ha^{-1} de N se potencializa agregando 3.1 t ha^{-1} de estiércol de borrego como materia orgánica (Abdalla *et al.*, 2008) o viruta de madera (Nelson *et al.*, 2008) mejorando el rendimiento y calidad de la fruta de toronja. Sin embargo son pocos los citricultores que agregan materia orgánica en EUA y México debido a la falta de estiércol cerca de las parcelas y al alto costo que implica su traslado, pero el beneficio es muy importante ya que puede incrementar los rendimientos y además mejorar aspectos físico-químico-biológicos del suelo, por lo tanto debe ser considerado en las prácticas de producción sostenible de cítricos (Martínez *et al.*, 2010).

Se han realizado varios estudios para determinar la dosis óptima de fertilización en cítricos, principalmente para naranja, encontrando resultados variables que dependen de la ubicación, del cultivar y del destino de la fruta (consumo en fresco o procesado). A nivel mundial hay poca investigación de fertilización orgánica y sintética en el cultivo de toronjo, mientras que a nivel nacional (México) y regional (Nuevo León), no existe investigación de fertilización en toronjo. La fertilización orgánica y sintética es un recurso que deben aprovechar los citricultores del estado de Nuevo León, para incrementar los rendimientos y calidad de fruto de toronja. Para obtener la dosis óptima de fertilización orgánica y sintética es necesario realizar investigación en las condiciones edafoclimáticas de la zona citrícola del Estado de Nuevo León.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Condiciones generales del experimento

3.1.1. Ubicación del Experimento

El experimento se realizó en una huerta ubicada en la Hacienda “Las Anácuas” del municipio de General Terán Nuevo León, México con coordenadas geográficas: 25° 18´ 38´´ latitud norte y 99° 35´ 25´´ longitud oeste, a 230 msnm. La precipitación media anual en la región es de 550 mm y la temperatura media anual es de 23°C con temperaturas máximas que llegan a 45°C durante el verano y mínimas por debajo de los -7°C durante el invierno, con lluvias fuertes en agosto, septiembre y octubre.

3.1.2. Material Biológico

La huerta de toronjo del estudio tenía 14 años de edad, la variedad estudiada fue “Rio Red” sobre patrón agrio con una densidad de 250 árboles por hectárea (8 m entre hileras y 5 m entre árboles), en el ciclo de producción 2010 - 2011.

3.1.3. Condiciones de suelo

Se hizo un análisis de suelo principalmente textura, pH, materia orgánica, N total, P y K extraíble. El suelo contenía 14% de arena, 39% de limo y 47% de arcilla, considerado como un suelo arcilloso moderadamente alcalino (pH 8.1),

con 2.93% de materia orgánica clasificado como medianamente rico, con 0.15% de N considerado muy pobre, 10.95 ppm de P extraíble que es un nivel crítico, óptimo en K con 0.49 meq 100 g⁻¹ y conductividad eléctrica de 1.12 mS cm⁻¹ considerado no salino, el análisis de suelo se llevó a cabo en el laboratorio de la Facultad de Agronomía de la UANL unidad Marín, N.L., [Cuadro 1 apéndice (ap.)].

3.1.4. Riego y Calidad del agua

El riego se realizó una vez al mes en los meses de marzo a agosto y cada dos meses en los meses de septiembre a febrero a reserva de que se presentará precipitación, se aplicó por gravedad suministrando agua a través de dos pozos someros de 24 m de profundidad, a los cuales se les realizaron un análisis de agua para determinar el pH, CE, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, sodio (Na⁺), NH₄⁺, NO₃⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, Boro (B) y PO₄, resultando con un pH de 7.0, conductividad eléctrica de 1.7 mS cm⁻¹, 295.65 ppm de Ca, 60 ppm de Mg, 1.10 ppm de K, 43.94 ppm de Na⁺, 1.55 ppm de NH₄, 2.03 ppm de NO₃⁻, 299 ppm de HCO₃⁻, 891 ppm de azufre (S) (muy alto), 27.21 ppm de Cl⁻, 0.24 ppm de B y 0.00 ppm de PO₄, el análisis se realizó en el Laboratorio de Macro Micro International Inc. (MMI) Athens GA USA (Cuadro 2 ap.).

3.1.5. Análisis foliar

En el mes de febrero del 2010 se tomó el primer muestreo de hojas, que fue el testigo. En este caso solamente se tomó una muestra representativa y fue el punto de referencia (Cuadro 3 ap.). En septiembre del 2010 se realizó un segundo muestreo de hojas de 7 a 9 meses de edad que es lo recomendado por la literatura (Khan *et al.*, 2000; Legaz *et al.*, 1995). Se tomaron muestras de cada

unidad experimental, por cada repetición (56 submuestras) en ramas sin fruto del crecimiento de primavera, haciendo una muestra compuesta por tratamiento (7 muestras) de 100 hojas cada una, para analizar los niveles: N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Cu, B, Zn y Na.

Para determinar los contenidos de nutrimentos en las hojas, se utilizó el método de digestión ácida y espectrometría de emisión atómica con plasma (Keller, 1992). El método tiene un límite de detección de aproximadamente el 0.01% para Ca, K, Mg y P y 0.2 mg^{-1} para B, Cu, Fe, Mn, molibdeno (Mo), y Zn (base peso seco), el análisis se realizó en la Universidad Estatal de Pennsylvania EUA (Cuadro 4 ap.).

3.1.6. Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado fue un bloques completos al azar con 7 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos consistieron en T1: 00-00-00 (testigo), T2: 100-00-00, T3: 160-80-95, T4: 200-80-95, T5: 250-120-140, T6: 5 t ha^{-1} de gallinaza + 70-00-00, T7: 10 t ha^{-1} de gallinaza + 35-00-00, se realizaron contrastes ortogonales entre los tratamientos (Cuadro 5 y 6 ap.). La aplicación de la gallinaza se realizó en el mes de enero del 2010 y el fertilizante se aplicó durante el mes de abril (T2, T3, T4, T5 y T6), en el mes de junio (T2, T3, T4 y T5) y en agosto (T2, T3 y T4) del 2010 (Cuadro 6 ap.).

La unidad experimental fue de 2 árboles, uno para 10 muestreos de frutos y otro para rendimiento de frutos chicos, medianos y grandes. Separando cada tratamiento por cinco árboles y una hilera de árboles, entre repeticiones (Bloques). Se seleccionaron árboles sanos con competencia completa para el muestreo de los frutos y rendimiento.

Los análisis de muestras y la toma de datos se realizaron en la Facultad de Agronomía de la UANL campus Escobedo.

3.1.7. Fuente de fertilizantes

Las fuentes de fertilizantes sintéticos fueron: urea (46-00-00) con un costo de \$ 7,700 pesos por tonelada, fosfato monoamónico (11-52-00) con un costo de \$ 8,880 pesos por tonelada y cloruro de potasio (00-00-60) con un costo de \$ 8,180 pesos por tonelada. La aplicación se realizó en el área de goteo del árbol, a una profundidad de 10 cm para reducir la pérdida por evaporación y su aplicación se efectuó una semana después del riego por gravedad para reducir acarreo del fertilizante por lixiviación.

La gallinaza que se utilizó fue tratada con calor a temperaturas de 70 a 90°C por 20 min, el contenido de los nutrimentos fue: 2.92% de N, 1.55% de P, 2.1% de K y 52% de materia orgánica (Cuadro 7 ap.), se aplicó manualmente y se incorporó con la rastra. El costo por tonelada de gallinaza fue de \$ 1,200 pesos por tonelada.

3.1.8. Equipo y material

- Equipo
 - Báscula digital (Marca IBM, cap. 60 kg)
 - Báscula electrónica (Marca IBM, cap. 6 kg)
 - Extractor de jugo eléctrico (Marca General Electric)
 - Refractómetro digital (Marca Atago USA., Inc.)
 - Vernier digital (Marca SURTEK)
 - Medidor de pH (Marca TWIN)

- Probeta graduada de 500 mL
- Vasos de precipitado de 200 mL
- Matraz Erlenmeyer de 25 mL
- Bureta
- Pipetas de 25 mL
- Gotero

- Reactivos
- Fenolftaleína (1%)
- Hidróxido de sodio (0.3125 N)
- Agua destilada

3.1.9. Medición de variables

Para medir las variables, se tomaron tres frutos por unidad experimental cada mes a partir de mayo del 2010 a abril del 2011. Con respecto a la calidad de jugo en lo que corresponde a la relación grados Brix Acidez⁻¹ el muestreo se realizó de octubre a abril.

3.1.9.1. Peso de frutos grandes, medianos y chicos por unidad experimental (kg árbol⁻¹)

La cosecha se llevó a cabo en el mes de abril del 2011. Los frutos se separaron de acuerdo al peso: grandes (> 0.50 y < 0.55), medianos (> 0.41 y < 0.49) y chicos (> 0.30 y < 0.40) kg por fruto, se utilizó una báscula digital, los frutos evaluados cumplieron con la Norma de Productos Alimenticios no Industrializados para uso Humano-fruta fresca-toronja-(*Citrus paradisi* Macf)-Especificaciones

(NMX-FF-039-1995-SCFI) de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), que corresponden a un diámetro de 70 a 139 mm.

3.1.9.2. Peso de frutos totales (kg árbol⁻¹ y t ha⁻¹)

Para obtener el peso total en kg árbol⁻¹, se sumó el peso de los frutos chicos, medianos y grandes de cada unidad experimental y para el rendimiento en t ha⁻¹ se multiplicó por 250 árboles que tiene una hectárea y luego se dividió entre 1,000.

3.1.9.3. Diámetro ecuatorial (mm) y mesocarpio del fruto (mm)

Para medir estas variables se utilizó un vernier digital, con unidad de medida en milímetros.

3.1.9.4. Relación grados Brix Acidez⁻¹

Para determinar la cantidad de azúcar que contiene el jugo, se utilizó un refractómetro digital, el cual al depositar una gota de jugo en el compartimiento específico muestra el dato en la pantalla, dicho valor lo muestra ya corregido por temperatura y representa los grados brix, lo que es igual a la cantidad de sólidos solubles totales en porcentaje (SST) e igual a la cantidad de azúcar (principalmente sacarosa). El procedimiento para medir la acidez consistió en exprimir tres frutos por unidad experimental, para extraerles el jugo y del jugo extraído se tomó una alícuota de 25 mL en un matraz Erlenmeyer de 125 mL, a la cual se agregan 5 gotas de fenolftaleína (1%) como indicador y finalmente se tituló con hidróxido de sodio al 0.3125N utilizando para ello una bureta graduada conteniendo el hidróxido de sodio, se lee en la bureta la cantidad de hidróxido

consumido, se consigna y con base en ese dato con la ayuda de la tabla de conversión (Wardowski *et al.*, 1980), se determinó la cantidad de acidez (%), misma que se refiere a la cantidad de ácido cítrico anhidro (%). Con los valores de sólidos solubles y acidez se obtuvo la relación °Brix Acidez⁻¹, parámetro que define la palatabilidad de la fruta (Wardowski, *et al.* 1980).

Fórmula para calcular el % de acidez (% de ácido cítrico anhidro):

$$\text{Acidez} = \frac{[(\text{mL NaOH gastados}) (\text{Normalidad del NaOH}) (\text{meq. ác.cítrico})]}{\text{ml de muestra}} (100)$$

3.1.9.5. Porcentaje de jugo

El porcentaje de jugo se obtuvo en base peso de fruto y peso de jugo, para lo cual se pesaron tres frutos por repetición en una báscula electrónica, se procedió a exprimir los frutos con un extractor eléctrico para proceder a pesarlo, destarando previamente el recipiente que contenía el jugo, utilizándose como unidad de medida gramos. Para obtener el porcentaje de jugo se dividió el peso de jugo de los tres frutos entre el peso de los tres frutos y el resultado se multiplico por 100.

3.2. Análisis estadístico

Se utilizó el programa de diseños experimentales de la UANL para realizar los análisis de varianza y comparaciones de medias para todas las variables en estudio. Los valores medios se compararon por la prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$). Se realizaron contrastes ortogonales para las variables que presentaron diferencia significativa. Las gráficas se elaboraron utilizando el programa SigmaPlot versión 10.0 (Systat Software Inc, 2010).

3.3. Labores culturales

Las labores culturales al suelo consistieron en tres rastreos, desvaradora cada dos meses o cuando la maleza alcanzó una altura aproximada de 40 cm. Se efectuó el control de correhuela (*Convolvus arvensis* L é *Ipomea hirsutulata* Jacq), en forma manual y para el control de zacate Johnson (*Sorghum halepense*) se aplicaron 3 L ha⁻¹ de Glifosato (360 g L⁻¹ de i.a.) antes de que la maleza alcanzará su madurez fisiológica.

3.4. Control de plagas y enfermedades

Para controlar Negrilla o Arador (*Phyllocoptruta oleivora* Ashmead), se utilizó azufre en polvo cada cuatro hileras una vez al mes a partir del mes de mayo hasta agosto y cada dos hileras de octubre hasta abril, aplicando 6.6 kg ha⁻¹.

Para controlar Mancha Grasienta (*Mycosphaerella citri*), se aplicó Oleato de cobre al follaje a una dosis de 150 g en 100 litros de agua en los meses de abril, junio y octubre.

Para controlar Mosca Mexicana (*Anastrepha ludens*), se aplicó Malathión 1,000CE a dosis de 750 mL por cada 4 L de melaza en 80 L de agua, la mezcla se aplicó desde el mes de septiembre hasta cosecha.

4.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez concluido el trabajo de campo y los análisis de varianza, se obtuvo el siguiente resultado para cada una de las variables en estudio.

4.1. Peso de frutos grandes

Los resultados indicaron diferencia estadística entre tratamientos (Cuadro 9 ap.), comportándose estadísticamente iguales los tratamientos T3, T6, T7, T5, T4 y T2 en orden descendente. Los rendimientos más bajos de frutos grandes fueron para el T1 y el más alto fue el T3. En el contraste ortogonal entre el nivel medio de N vs niveles altos de N (C3: T3 vs T4 y T5), se observó diferencia significativa (cuadro 10 ap.). En base al contraste ortogonal C3 y a los rendimientos de frutos grandes el T3 fue la mejor opción. Informes similares han sido obtenidos en otros estudios, cuando se aplicaron en suelos arcillosos 150 a 168 kg ha⁻¹ (Wiedenfeld y Saulds, 2008), 170 kg ha⁻¹ en suelos franco y franco arenosos (Abdalla, et al., 2008) y de 150 a 250 kg ha⁻¹ de N en los suelos arenosos (Obeza, 2003). El T6 también fue una buena opción porque, además de los nutrimentos que se añaden al suelo, la materia orgánica modifica las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Resultados similares se encontraron al aplicar 3.1 t ha⁻¹ de estiércol de oveja más fertilizante sintético (170 kg ha⁻¹ de N) incorporado (Abdalla *et al.*, 2008) o viruta de madera (Nelson, *et al.*, 2008) encontrando mejora en el rendimiento y calidad de la fruta. El fruto con menor peso se obtuvo con el testigo (T1), lo que indica que los fertilizantes sintéticos u orgánicos mejoran el rendimiento del cultivo de

toronjo (Figura 1). La dosis de 80 y 95 kg ha⁻¹ de P y K respectivamente, fueron suficientes para obtener frutos grandes cuando se aplicaron 160 kg ha⁻¹ de N.

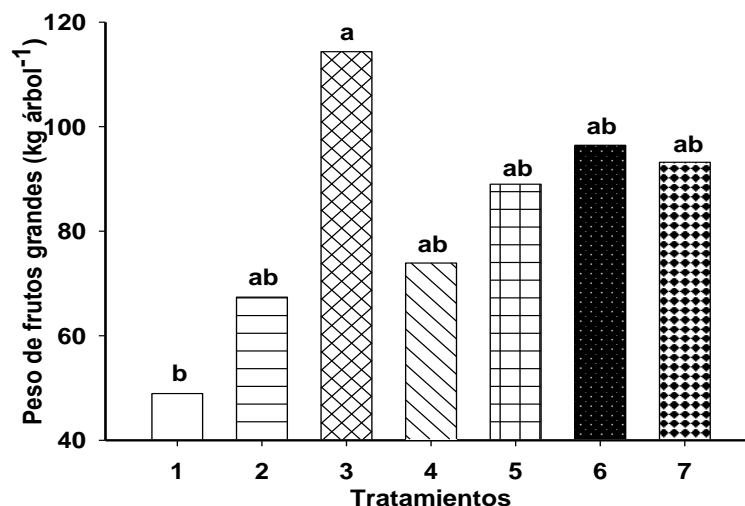


Figura 1. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$), peso de frutos grandes (kg árbol⁻¹), ciclo 2010-2011. CV=27.49% (Coeficiente de variación). (*)= Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

4.2. Peso de frutos medianos

Se encontró diferencia estadística entre tratamientos (Cuadro 11 ap.). El T1 (testigo) resultó estadísticamente diferente al resto de los tratamientos. El T1 fue el de menor peso de frutos medianos. Los tratamientos T4, T3, T6, T5, T2 y T7 fueron estadísticamente similares. Al realizar contrastes ortogonales, el C3 no se encontró diferencia significativa (Cuadro 12 ap.). Considerando el costo de los fertilizantes el T3 es la mejor opción.

Otros estudios han encontrado resultados similares con altos rendimientos cuando se aplicaron en suelos arcillosos 150 a 160 kg ha⁻¹ de N (Wiedefeld, *et al.*, 2008), 170 kg ha⁻¹ de N en los suelos franco-arcillosos (Abdlla, *et al.*, 2008) y

150 a 250 kg ha⁻¹ de N en suelos arenosos (Obeza, 2003). Los resultados también indicaron que no es necesario aplicar altas dosis de gallinaza (10 t ha⁻¹) con el fin de obtener un alto rendimiento. Se debe investigar la aplicación de dosis más bajas de gallinaza ya que según la literatura con 3.1 t ha⁻¹ de estiércol de oveja, se obtuvieron buenos resultados (Abdalla, et al., 2008). El mismo patrón se observó con las dosis de fertilizantes sintéticos, donde alto rendimiento se obtuvo en la dosis 160-80-95 y 200-80-95. El peso de fruta mediana más bajo, fue observado con el testigo (T1), por lo tanto se debe aplicar fertilizante orgánico o sintético para aumentar el peso de la fruta (Figura 2).

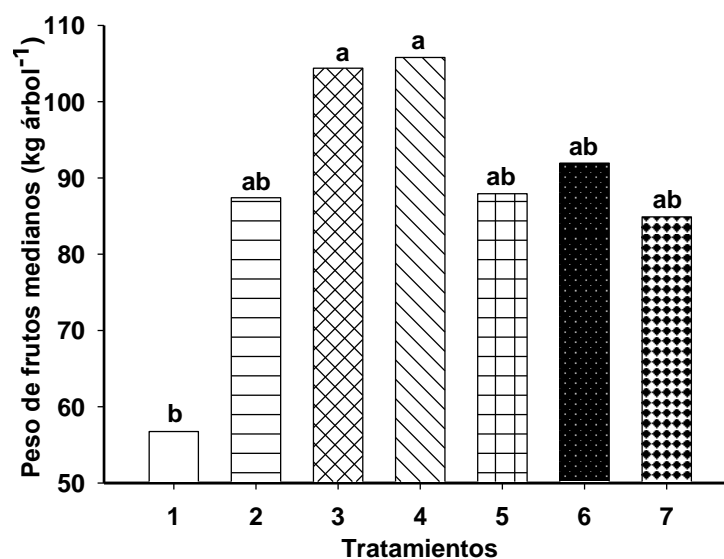


Figura 2. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$), peso de frutos medianos (kg árbol⁻¹), ciclo 2010-2011. CV=20.64%. (*)= Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

4.3. Peso de frutos chicos

Los resultados indicaron diferencia estadística entre tratamientos (Cuadro 13 ap.). Los tratamientos T1, T6 y T2 fueron similares estadísticamente, al obtener el mayor rendimiento de frutos pequeños entre ellos, el mayor rendimiento se obtuvo

con el T1. Se encontró similitud estadística entre los T7, T5, T4, T3, T2 y T6 en orden ascendente. Al realizar los contrastes ortogonales, sin fertilización vs con fertilización (C1), fueron altamente significativos, además el contraste fertilización orgánica con bajo nivel vs fertilización orgánica con alto nivel (C6: T6 vs T7) fue significativo (Cuadro 14 ap.). Por lo tanto si la fruta pequeña no es el objetivo del mercado fresco, el mejor tratamiento fue T7 que obtuvo el más bajo rendimiento de fruto pequeño, lo que indica que el peso del fruto se ha mejorado por la aplicación de fertilizante orgánico y sintético (Figura 3). El tamaño de la fruta de toronja es importante para el mercado en fresco y requiere un diámetro mínimo de 70 mm y el peso mínimo de fruta de 300 g (Martínez, *et al.*, 2009), en el presente estudio la fruta cosechada fue más pesada que 300 g y superior a 90 mm de diámetro.

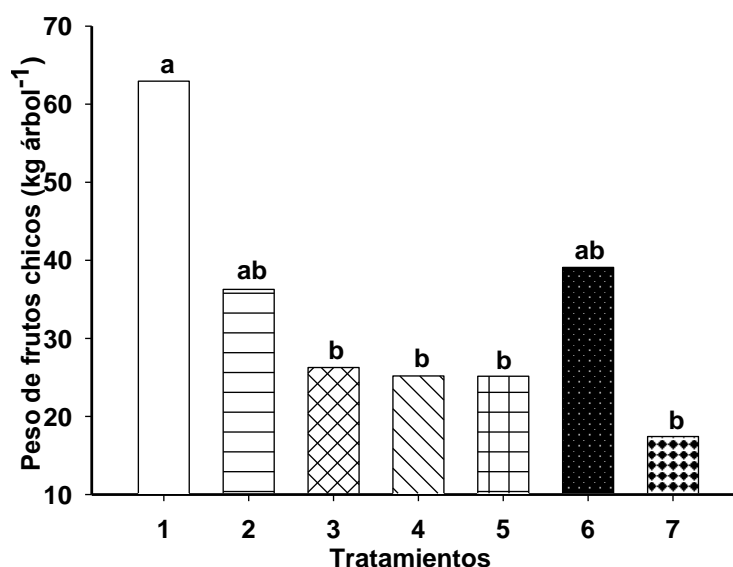


Figura 3. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$), peso de frutos chicos (kg árbol⁻¹), ciclo 2010-2011. CV=20.97%. (*)= Significativo. Las letras iguales son estadísticamente similares.

4.4. Peso de frutos totales

Los resultados indicaron diferencia estadística entre los tratamientos. Los tratamientos T3, T6, T4, T5, T7 y T2 obtuvieron el mejor rendimiento en orden descendente y fueron estadísticamente similares. El menor rendimiento se obtuvo con el T1 (Figura 4) y se comportó estadísticamente similar al resto de los tratamientos excepto al T3. El C1 y C3 mostraron diferencia significativa (Cuadro 15 ap.) y en base a los análisis estadísticos el mejor tratamiento para obtener altos rendimientos fue el T3. El contraste ortogonal, C6 (T6 vs T7), no mostró diferencia significativa, más sin embargo el T6 fue la mejor opción desde el punto de vista económico, en comparación con el T7, ya que es el de más baja cantidad de estiércol. El estiércol mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo en comparación con el fertilizante sintético que solo agrega nutrientes y puede deteriorar las propiedades del suelo a través del tiempo (Martínez, *et al.*, 2010). Basándose en los resultados los fertilizantes sintéticos solos o aún mejor con enmiendas con gallinaza mejoran el rendimiento. El comportamiento del rendimiento en $t\ ha^{-1}$ (Cuadro 2) es similar al de peso de frutos totales ($kg\ árbol^{-1}$). Resultados similares se encontraron con la aplicación de N a 150 a 168 $kg\ ha^{-1}$ (Wiedenfied, *et al.*, 2008), 170 $kg\ ha^{-1}$ (Abdalla, *et al.*, 2008). Abdalla (*et al.*, 2008) obtuvieron buenos resultado cuando aplicaron 3.1 $t\ ha^{-1}$ de estiércol de oveja con un fertilizante a base de N.

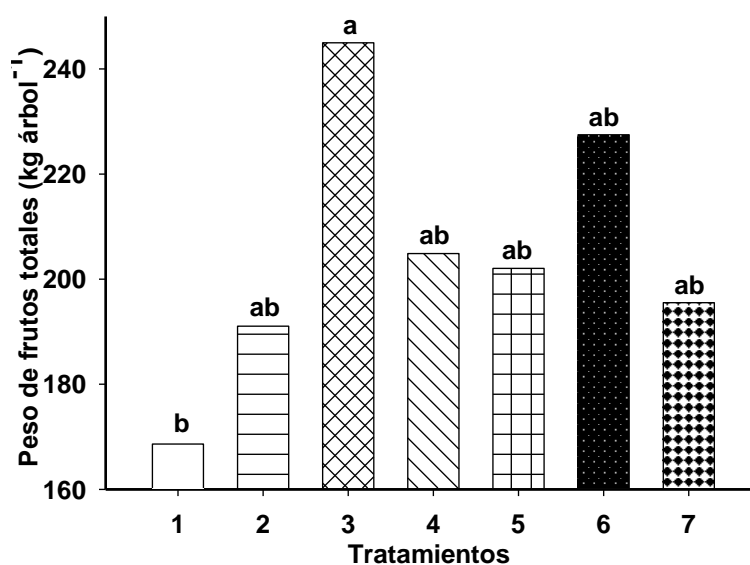


Figura 4. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) peso de frutos totales (kg árbol^{-1}), ciclo 2010-2011. $\text{CV}=14.70\%$. (*)= Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

Cuadro 2. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$), rendimiento total (t ha^{-1}) ciclo 2010-2011. $\text{CV}=14.70\%$. (*)= Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

Tratamiento	Media Peso de frutos totales (kg árbol^{-1})	Media Rendimiento (t ha^{-1})	Tukey ($p \leq 0.05^*$)
3	244.98	61.24	a
6	226.98	56.74	ab
4	204.88	51.21	ab
5	202.05	50.51	ab
7	195.51	48.88	ab
2	191.06	47.76	ab
1	168.62	42.15	b

(*) = Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

4.5. Diámetro de fruto

Los resultados indicaron diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 16 ap.). Los tratamientos T7, T6, T5, T2, T3 y T4 obtuvieron frutos con mayor diámetro en orden descendente y fueron estadísticamente similares, el tratamiento con menor tamaño de fruto fue el testigo (T1), que fue estadísticamente similar a los T4, T2, T3 y T5 en orden ascendente (Figura 5).

El C1 fue altamente significativo lo que indica que para incrementar el diámetro de fruto es importante fertilizar. El contraste fertilización sintética vs fertilización orgánica (C5: T2, T3, T4 y T5 vs T6 y T7) fue significativo (Cuadro 17 ap.), por lo tanto se observó diferencia entre fertilizar con fertilizante sintético y fertilizante orgánico. Los frutos de mayor tamaño se obtuvieron con los tratamientos T7 y T6, sin embargo en el C6 no hubo diferencia significativa, basándose en los costos de los fertilizantes orgánicos y sintéticos, el mejor tratamiento fue el T6 (5 t ha⁻¹ de gallinaza más fertilizante sintético 70-00-00).

Los frutos evaluados cumplieron con la Norma NMX-FF-039-1995-SCFI, que corresponden a un diámetro de 70 a 139 mm. La tendencia del crecimiento en cuanto al diámetro de fruto para todos los tratamientos fue similar, mostrándose el máximo diámetro entre el mes de diciembre y febrero (Figura 6-A y 6-B).

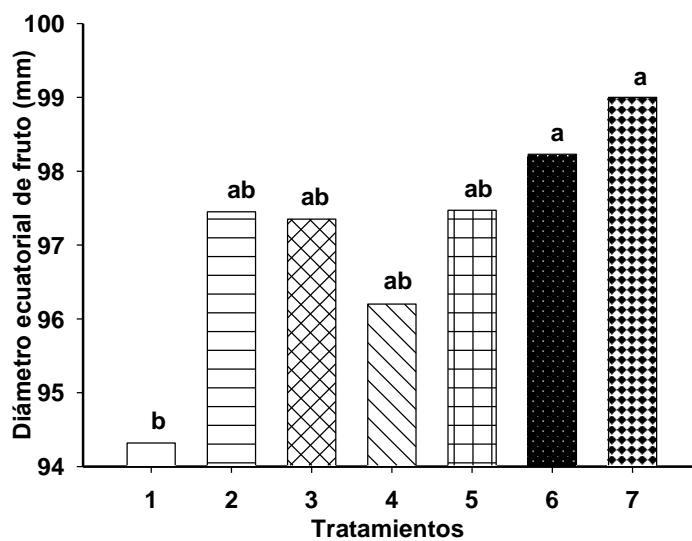


Figura 5. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) de diámetro ecuatorial de fruto (mm), ciclo 2010-2011. CV=1.60%. (*)= Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

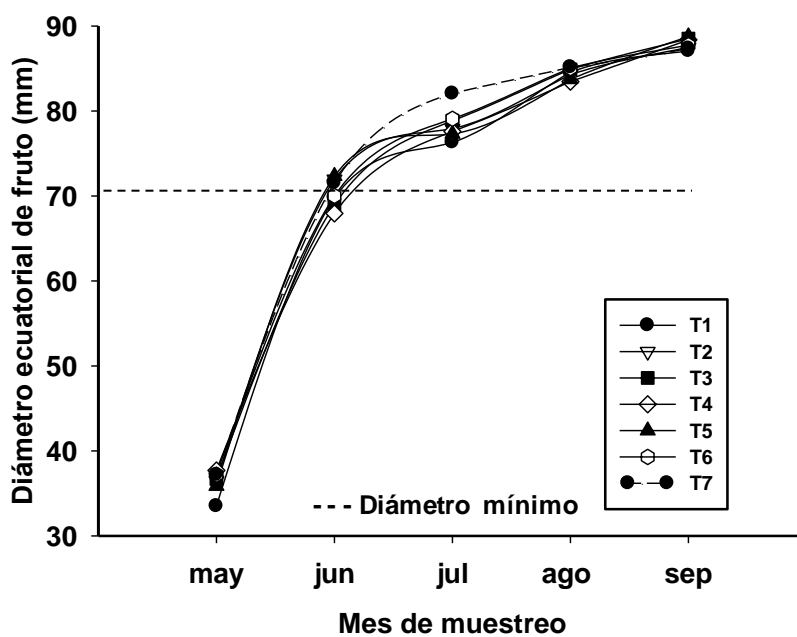


Figura 6-A. Comportamiento de diámetro ecuatorial de fruto (mm), de mayo a septiembre, ciclo 2010-2011.

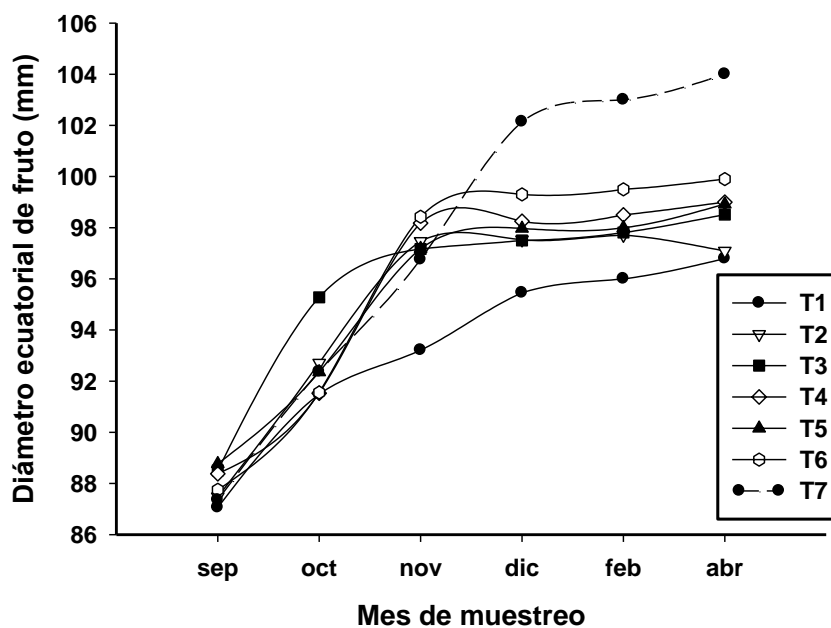


Figura 6-B. Comportamiento de diámetro ecuatorial de fruto (mm), del mes de septiembre a abril, ciclo 2010-2011.

4.6. Peso del jugo

Los resultados indicaron diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 18 ap.). Los T7, T6, T3, T5, T2 y T4 fueron estadísticamente similares y se obtuvo frutos con mayor peso de jugo en orden descendente. El tratamiento con menor peso de jugo fue el testigo (T1), que fue estadísticamente similar a los T4, T2, T3 y T5 (Figura 7). El C5 fue significativo lo que indica que existe diferencia entre aplicar fertilizantes sintéticos y fertilizantes orgánicos (Cuadro 19 ap.). En el C6 (entre fertilizantes orgánicos) no hubo diferencia significativa, los frutos con mayor peso de jugo se obtuvieron con los T7 y T6, sin embargo basándose en los costos de los fertilizantes orgánicos y sintéticos, el T6 (5 t ha⁻¹ de gallinaza más fertilizante sintético 70-00-00) fue la mejor opción desde el punto de vista económico. En cuanto a la tendencia de peso del jugo y peso del fruto, se observó un crecimiento sigmoide, con máximos entre los meses de enero y marzo (Figura 8, 9-A y 9-B).

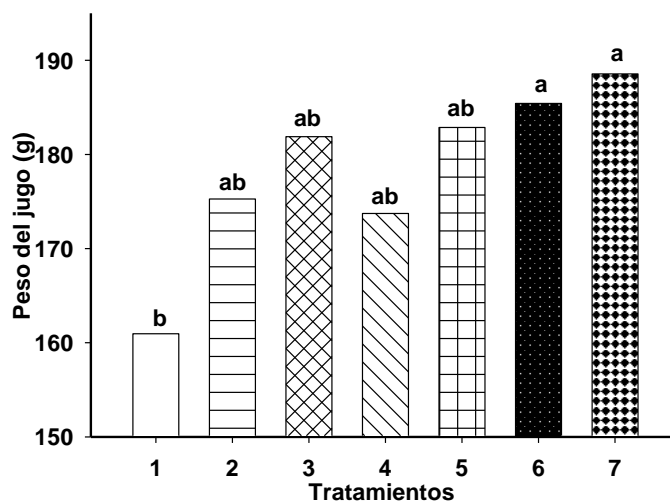


Figura 7. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) peso del jugo (g) ciclo 2010-2011. C.V= 5.28%. (*)= Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

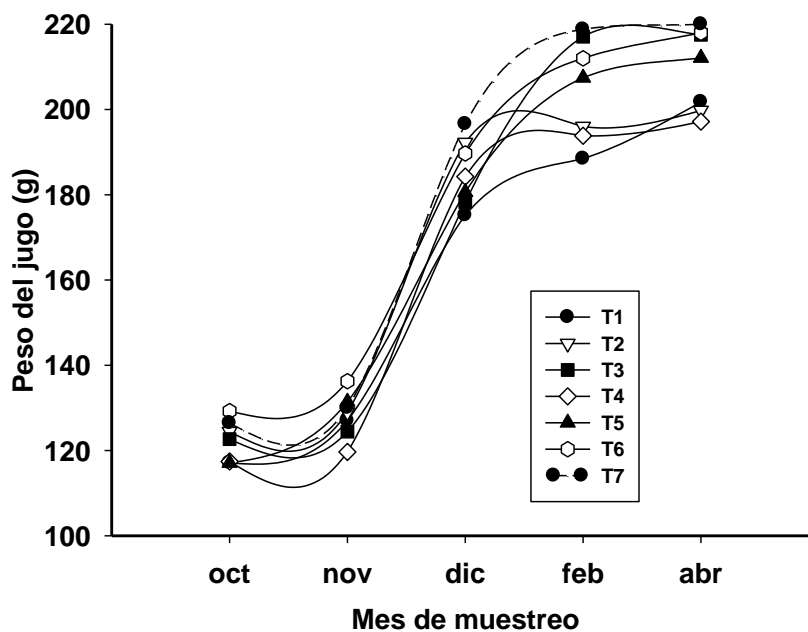


Figura 8. Comportamiento de peso del jugo (g), ciclo 2010-2011.

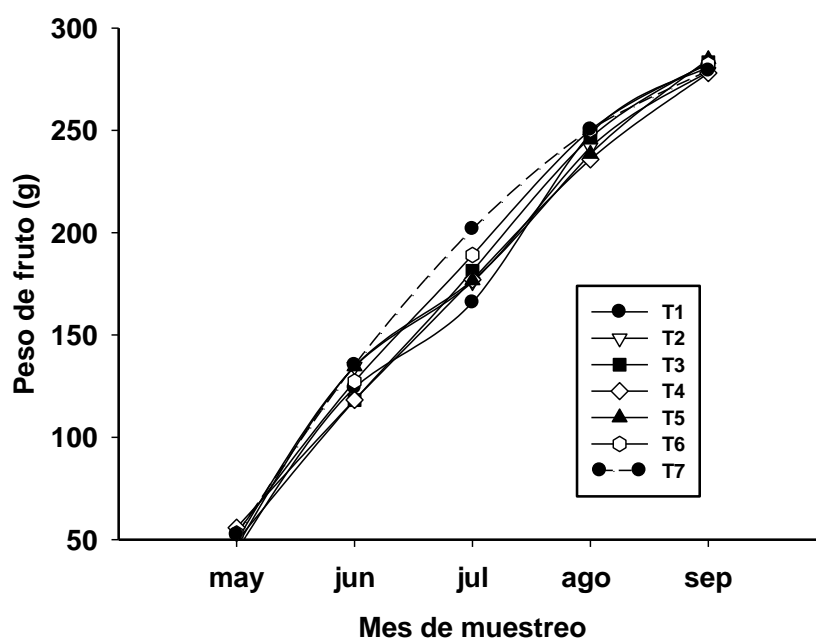


Figura 9-A. Comportamiento de peso de fruto (g), de mayo a septiembre, ciclo 2010-2011.

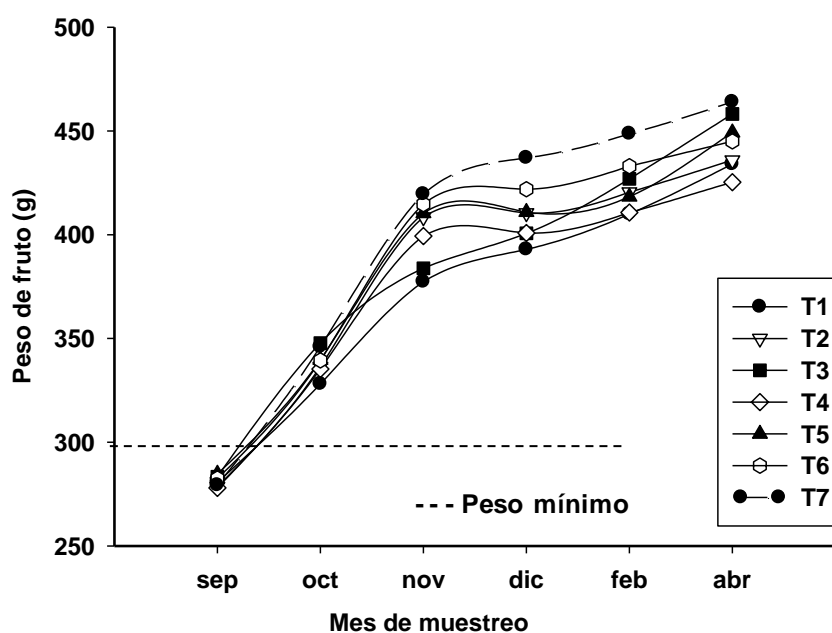


Figura 9-B. Comportamiento de peso de fruto (g), de septiembre a abril, ciclo 2010-2011.

4.7. Porcentaje de jugo

Los resultados indicaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 20 ap.). Los tratamientos T6, T3, T5, T7, T4 y T2 alcanzaron mayor

porcentaje de jugo en orden descendente y fueron estadísticamente similares. El C1 fue altamente significativo lo que indica que la aplicación de fertilizantes sintéticos y/o orgánicos incrementa el porcentaje de jugo. El contraste ortogonal fertilización con bajo nivel de N vs fertilización con altos niveles de N (C2: T2 vs T3, T4 y T5) fue significativo, mientras que el C5 y C6 no mostraron diferencia significativa (Cuadro 21 ap.). EL T6 (5 t ha⁻¹ de gallinaza más fertilizante sintético 70-00-00) y T3 (160-80-95) fueron estadísticamente similares presentando los valores más altos en porcentaje de jugo. El menor porcentaje de jugo se obtuvo con el testigo (T1), que es estadísticamente similar al resto de los tratamientos excepto el T6 y T3 (Figura 10). En base a la Norma NMX-FF-039-1995-SCFI, el contenido de jugo es el 45% como mínimo, los tratamientos que cumplieron con esta norma a partir del mes de noviembre fueron los T6, T3, T5 y T7 en orden descendente y en el mes de diciembre los tratamientos T4, T2 y T1 (Figura 11). Los máximos porcentajes de jugo se observaron en los meses de febrero a abril.

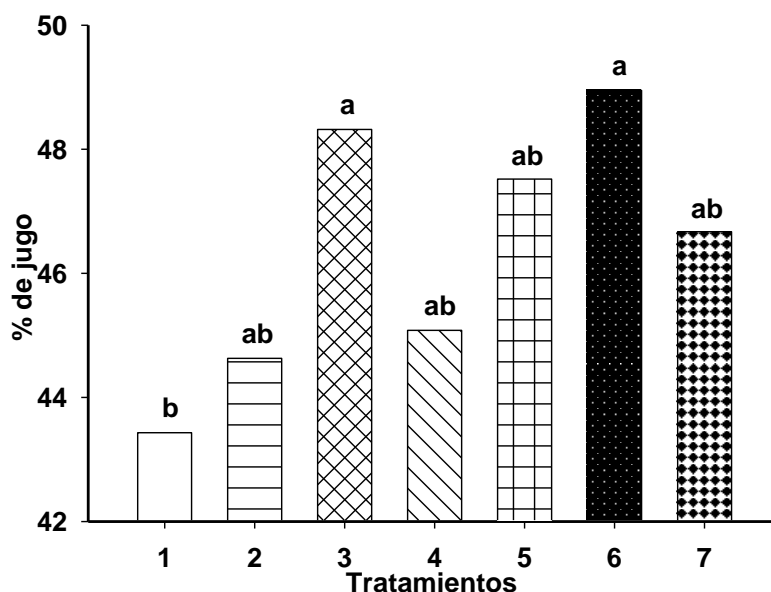


Figura 10. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) porcentaje de jugo ciclo 2010-2011. C.V= 4.18%. (*)= Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

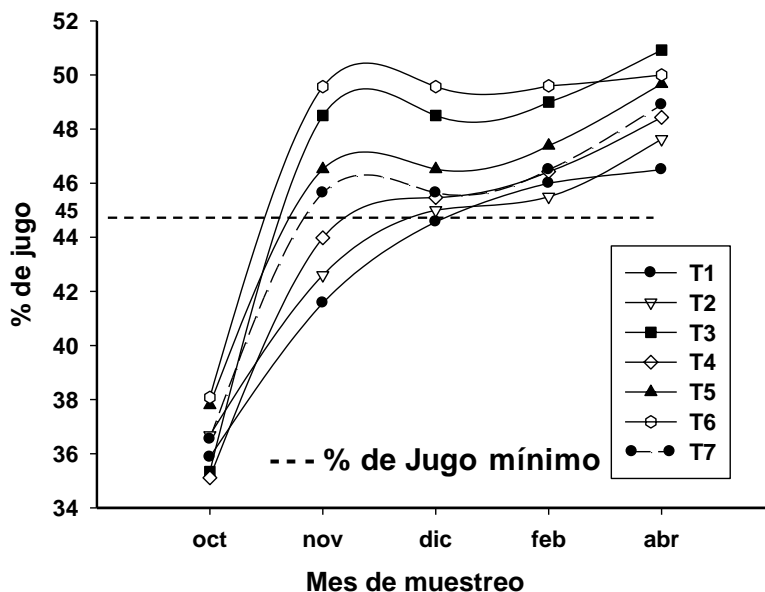


Figura 11. Comportamiento del porcentaje de jugo (%), ciclo 2010-2011.

4.8. Acidez del jugo

Los resultados indicaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 22 ap.). Los tratamientos T3, T4 y T5 alcanzaron mayor acidez del jugo en orden descendente y fueron estadísticamente similares, por lo tanto los valores más altos de acidez del jugo se obtuvieron con el T3 (160-80-95). La menor acidez del jugo se presentó con el testigo (T1), que fue estadísticamente similar al resto de los tratamientos excepto el T3 (Figura 12). Los contrastes C2, C3 y C4 (C4: fertilización sintética con bajos niveles de P y K vs fertilización sintética con altos niveles de P y K, T4 vs T5) mostraron diferencia significativa (Cuadro 23 ap.), indicando que a medida que se cambian las dosis de fertilizantes sintéticos, cambia la acidez del jugo. El comportamiento de la acidez del jugo fue similar para todos los tratamientos, la cual tendió a bajar en forma drástica a partir del mes de diciembre (Figura 13). El jugo de los frutos evaluados cumplieron con la Norma NMX-FF-039-1995-SCFI, que corresponden a una acidez de 0.7 a 1.0 %.

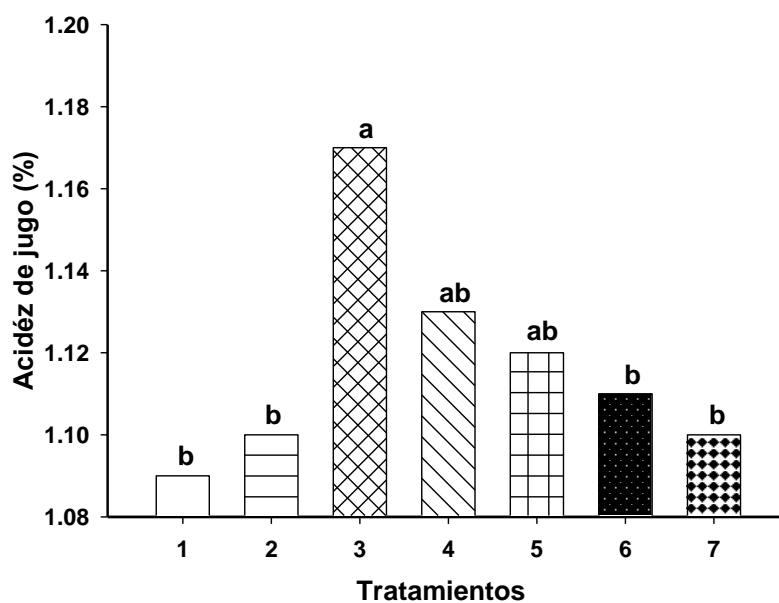


Figura 12. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) acidez del jugo ciclo 2010-2011. C.V= 2.41%. (*)= Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

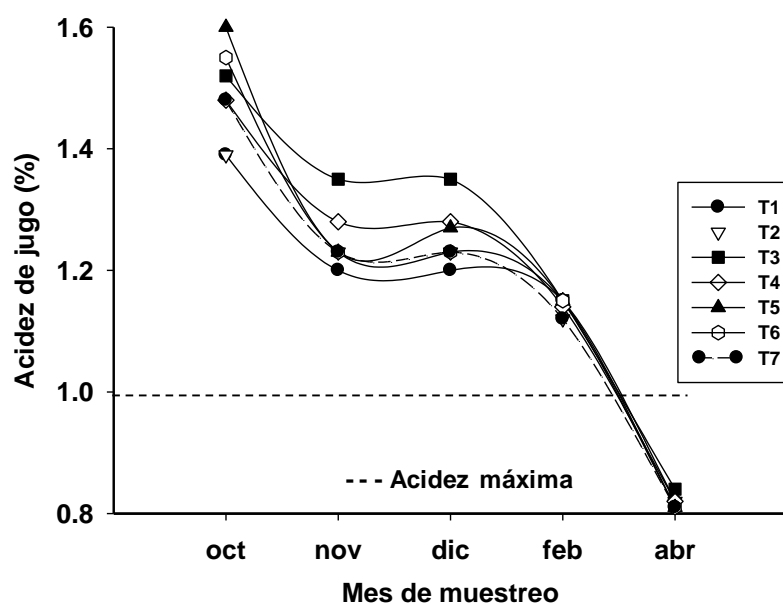


Figura 13. Comportamiento de acidez del jugo (%), ciclo 2010-2011.

4.9. Mesocarpio del fruto, grados Brix y la relación grados Brix Acidez⁻¹ del jugo

Las dosis de fertilizante orgánico y sintético que se aplicaron no presentaron diferencias significativas (NS) en las variables espesor de mesocarpio del fruto, grados Brix y la relación grados brix-acidez⁻¹ del jugo (Cuadro 3). Las dosis que se aplicaron no fueron suficientes para que se manifestaran en las variables de mesocarpio, grados Brix y la relación grados brix acidez⁻¹ (Cuadro 24 ap.).

El comportamiento del mesocarpio del fruto se observó a la baja hasta el mes de diciembre para luego comportarse constante de diciembre en adelante (Figura 14), en cuanto a los grados brix, se observó un crecimiento importante a partir de octubre, alcanzando su máximo entre diciembre y enero (Figura 15) y la relación grados brix acidez⁻¹ presentó un crecimiento importante de diciembre en adelante (Figura 16).

Los frutos evaluados cumplieron con la Norma NMX-FF-039-1995-SCFI, que corresponde a los grados brix y la relación grados brix acidez⁻¹ de 9 % como mínimo.

Cuadro 3. Medias de espesor de mesocarpio de fruto (mm), grados brix del jugo (%) y la relación grados brix acidez⁻¹ de los meses de octubre a abril, del ciclo 2010-2011.

M E D I A S

Tratamientos	Espesor de mesocarpio de fruto (mm)	Grados brix del jugo (%)	Relación grados Brix Acidez ⁻¹ de jugo (%)	NS
1	5.54	10.93	10.82	a
2	5.83	10.38	10.34	a
3	5.66	7.99	10.33	a
4	6.16	10.78	10.32	a
5	6.20	10.70	10.28	a
6	5.83	10.40	10.19	a
7	6.15	10.11	9.75	a

NS= no significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

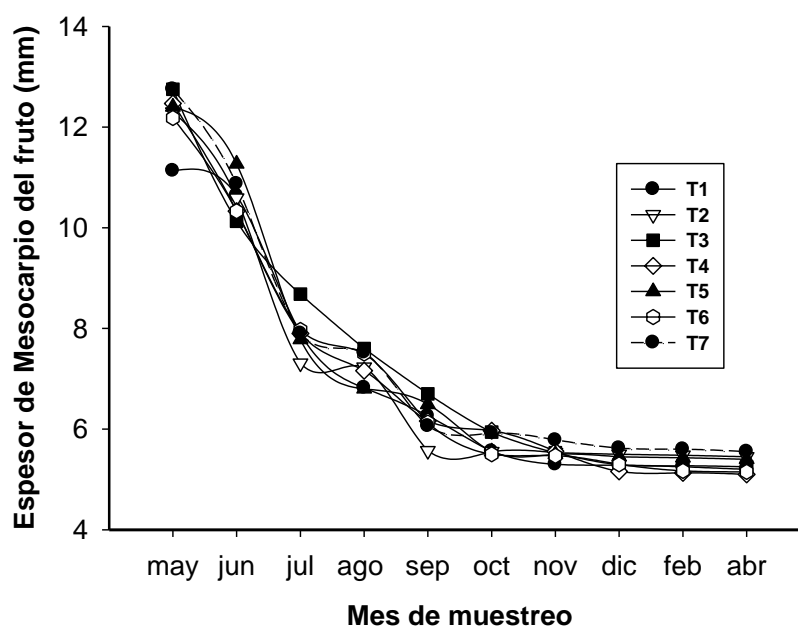


Figura 14. Comportamiento de espesor del mesocarpio del fruto (mm), ciclo 2010-2011.

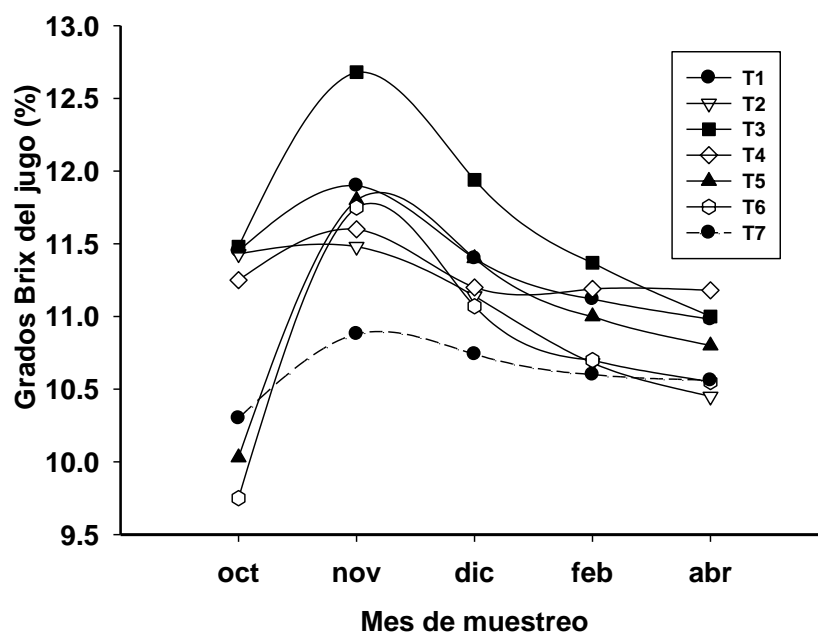


Figura 15. Comportamiento de grados brix del jugo (%), ciclo 2010-2011.

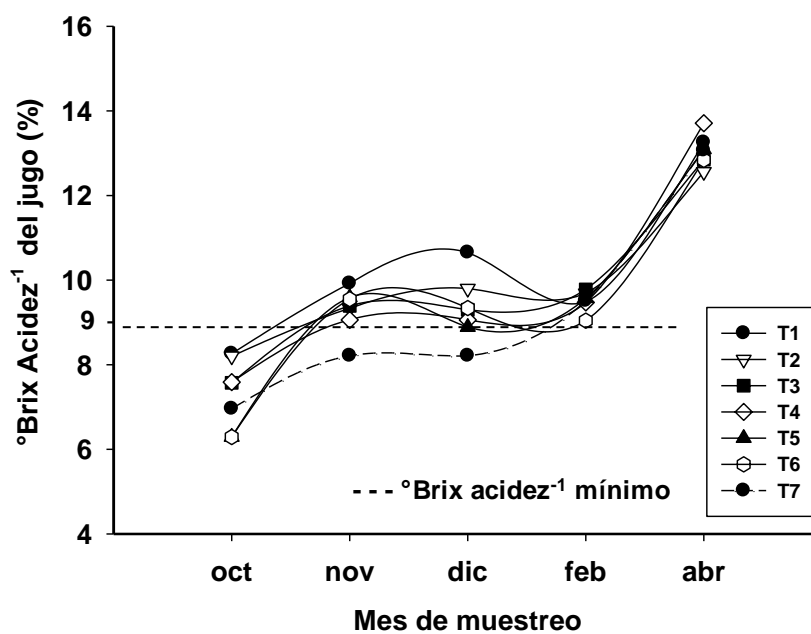


Figura 16. Comportamiento de la relación grados brix acidez⁻¹ del jugo (%), ciclo 2010-2011.

5. CONCLUSIONES

- 1-. El mayor rendimiento total, fruta de mayor peso y mayor porcentaje de jugo, se obtuvo con fertilizante sintético 160-80-95 y 5 t ha⁻¹ de gallinaza más fertilizante sintético 70-00-00.
- 2-. En cuanto a frutos medianos se obtuvo el máximo rendimiento con los tratamientos 160-80-95 y 200-80-95.
- 3-. El mayor rendimiento de frutos pequeños se obtuvo con el testigo (00-00-00).
- 4-. El P y K a dosis de 80 y 95 kg ha⁻¹ respectivamente son suficientes para obtener altos rendimientos cuando se añaden 160 kg ha⁻¹ de N.
- 5-. En base a los resultados y costos de los fertilizantes, para incrementar el diámetro de fruto y frutos con mayor peso de jugo, se recomienda aplicar 5 t ha⁻¹ de gallinaza más fertilizante sintético (70-00-00).
- 6-. Los tratamientos con mayor acidez de jugo fueron a los que se les aplico los fertilizantes sintéticos 160-80-95 y 200-80-95, cabe mencionar que no influyeron en la calidad del jugo ya que lo importante es la relación que existe entre los grados brix y la acidez del jugo.
- 7-. Los tratamientos que se aplicaron no presentaron diferencias significativas en las variables espesor de mesocarpio del fruto y calidad del jugo (grados brix y relación °Brix Acidez⁻¹).

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abdalla A M., M A Abdelmonem., Hassan S I and A H Abdekaziz.2008. Effect of different fertilizers on yield and quality of foster grapefruit. 37th Meeting of National Crop Husbandry Committee. Agricultural Research Corporation, Sudan, pp. 42-51.
- Agustí M., A. Martínez F., C. Mesejo., J. Morian. y V. Almela. 2003. Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos. Instituto Agroforestal Mediterráneo. Universidad Politécnica Valencia. Edit. Generalitat Valencia. pp 8-10.
- Agustí M. 2003. Citricultura. Segunda edición. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 121-219.
- Alcántar G, G., L. I. Trejo-Téllez. 2006. Nutrición de cultivos. Ed. Mundi-Prensa México. pp. 93-129.
- Albrigo L, G. 2004. Internal quality of Indian River District grapefruit over the past 36 years. Proc. Fla. State Hort. Soc. 117: 89-92.
- Alva A., S. Paramasivam., K. Hostler., G. W. Easterwood. and J. E. Southwell. 2001. Effects of nitrogen rates on dry matter and nitrogen accumulation in citrus fruit and fruit yield. J. Plant Nutri., 24:561-572.
- Amorós M. 2003. Producción de agrios. Ed. Mundi-Prensa. pp. 79-106.
- Amórtegui F, I. 2001. El cultivo de los cítricos. Modelo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. PRONATA. Ibagué, Colombia.

- Azcón-Bieto J., y M. Talón. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. Segunda edición. Ed. Mc Graw Hill. pp. 103-143.
- Chapman, H, D. 1968. The mineral nutrition of citrus. Univ. California, Div. Agric. Sci., Berkeley, EE.UU.
- Corrales, G, I. 2000. Tecnología para la fertilización con gallinaza y fertilizante mineral en el guayabo (*Psidium guajaba* L.). Tesis master science. Camaguey, Cuba.
- Davies F, S., y Albrigo, L. G. 1994. Citrus. CAB International. Great Britain. 254p.
- De la Peña-De la Torre, I., y Llerena-Villalpando, F. A. 2001. Manual del uso y manejo del agua de riego. Ed. Futura. S.A. La Conchita. Texcoco, Estado de México.
- Falivene S. 2005. Orange crop mineral nutrient accumulation and removal charts. Proc. Int. Soc. Citriculture. VII in citrus congr. South Africa (2): 1280-1282.
- FAO 2010. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/docrep/007/y5143s/y5143s0z.htm>
- Futch S, H., and Tucker D. P. H. 2001. A guide to citrus nutritional deficiency and toxicity. Circular HS-797. Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Gaitán J. 2002. Situación de la citricultura del estado de Nuevo León. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). Monterrey, Nuevo León. México. 168 pp.
- Haman D, Z., and Izuno F. T. 2003. Soil Plant Water Relationships. CIR1085. Florida Cooperative Extension Service. IFAS. University of Florida. Gainesville. FL.

- Keller P, N. 1992. An overview of analysis by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry, pp. 601-629. In: Akbar Montaser and D.W. Golightly (Eds.), *Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry*. VCH Publishers, New York.
- Khan I, A., Embleton T. W., M Matsumura. and D. R. Atklin. 2000. Leaf sampling methods: A problem in the exchange of fertilizer management information in the citrus world. Proc. Int. Soc. Citriculture. VII Int. Citrus Congr. Italy (2): 564-569.
- Legaz F., J Bañuls y E. Primo-Millo. 2000. Influencia del abonado en la calidad del fruto. Rev. Lev. Agrícola, 39(350): 12-17, Valencia, España.
- Legaz F. y Primo-Millo, E. 1988. Normas para la fertilización de los agrios. Consell. d'Agric. I Pesca. Folleto de Divulgación, Núm. 5-88. Valencia, España.
- Legaz F., Serna, M. D. Ferre., P. Cebolla V. y E. Primo. 1995. Análisis de hojas, suelos y aguas, para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos. Procedimiento para la toma de muestras. IVIA. Dirección Gral. De Invest. y Tecnol. Agraria. Servicio de transferencia de tecnol. Agraria. Generalitat Valenciana. 26 p.
- Loussert R. 1992. Los Agrios. Ed. Mundi-Prensa Madrid. 175-192 p.
- Martínez de la C, J., A. Gutiérrez D., M. V. Molina., E. Z. García y J. O. Rodríguez. 2010. Fertilización en cítricos en el estado de Nuevo León. Fac. Agronomía, UANL. Escobedo, N.L. México, pp. 1-30.
- Martínez de la C, J., A. Gutiérrez D., J. O. Rodríguez y E. Z. García. 2009. Optimum timing for commercializing grapefruit based on fruit internal quality and weight, J. Horti. For., 1(3): 052-056.

- Martínez de la C, J., H. Rojas P., A. Gutiérrez D., E. Olivares S., y J. Aranda R. 2012. Effect of organic and synthetic fertilization in grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) yield and juice quality. Journal of Horticulture and Forestry. Vol. 4(3), pp. 61-64. 22 February, 2012.
- Mattos D., J. A. Quaggio y H. Cantarella. 2005. Nitrogen and Potassium fertilization impacts fruit yield and quality of citrus. Better Crops with Plant Food. 89(2): 17-19.
- Moreno D, A., G. Pulgar., G. Villora, y L. Romero. 1998. Nutritional diagnosis of foliage tree leaves. J. plant Nutr. 21 (12), 2579-2588.
- Morgan K, T., T. A. Obreza and T. Adair Wheaton. 2006. The basis for mature citrus nitrogen fertilization recommendations. Proc. Fla. State Hort. Soc. 119: 169-171.
- Morton A. y D. Proebst. 2003. Organic citrus resource guide. Soil and Health Association of NZ. NewZealand. p. 9.
- Nelson S, D., R. U. Mohan., H. Esquivel., J. M. Enciso and K. Jones. 2008. Compost effects in "Rio Grande" grapefruit production on a heavy textured soil. Dynamic Soil, Dynamic Plant. Global Science Books. pp. 67-71.
- Obreza, T, A., Alva, A. K., Hanlon, E. A., and R. E. Rouse. 1999. Citrus grove leaf tissue and soil testing: sampling, analysis, and interpretation. IFAS Extension SL115. University of Florida. Gainesville.
- Obreza T, A. and K. T. Morgan. 2008. Nutrition of Florida Citrus Trees. Soil and water Sci. Dept. Florida Coop. Ext. Serv. IFAS. Univ. Of Florida SL. 253. 96p.
- Obreza T, A. 2003. Importance of Potassium in a Florida Citrus Nutrition Program. Better Crops, 87: 1.

- Obreza, T. A., Rouse, R. E., and Hanlon, E. A. 2006. Advancements with controlled-release fertilizers for Florida citrus production: 1996-2006. University of Florida. IFAS Extension. Florida, USA.
- Padrón Ch, J. E., y P. Rocha. M. A. 2007. Variedades comerciales de cítricos para Nuevo León y Tamaulipas. INIFAP General Terán, N.L.
- Palacios J. 2005. Citricultura. Tacumán/Argentina. Impreso en Argentina. Ed. ISBN. pp. 135-154.
- Paramasivam S., A. K. Alva., K. H. Hostler., G. W. Easterwood and J.S. Southwell. 2000. Fruit nutrient accumulation of four orange varieties during fruit development. *J. Plant Nutrition* 23 (3): 313-327.
- Pestana M., P. J. Correia., A. De Varennes., J. Abadía, and E. Araujo F. 2001. The use of floral analysis to diagnose the nutritional status of orange trees. *Journal of plant nutrition*. 24 (12), 1913-1923.
- Rocha M, P., y J. Padrón, Ch. 2009. El cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León. INIFAP, General Terán, N.L. México. pp. 90-116.
- Rodríguez F, H., y J. Rodríguez A. 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas. Ed. Trillas. pp. 145-157
- Sauls J. W. 2008. Nutrition and Fertilization. Texas Citrus and Subtropical Fruits. Professor and Extension Horticulturist Texas AgriLife Extension.
- Secretaria de Economía. 1995. Normatividad empresarial. Pliego de Condiciones para el Uso de la Marca Oficial México Calidad Suprema para productos alimenticios no industrializados para uso humano fruta fresca. Toronja (*Citrus paradisi*) especificaciones.(NMX-FF-039-1995)
- Smith P. F. 1966. Citrus nutrition. Temperate to Tropical Fruit. In: Childers, N.F. (ed). Somerset Press, New Jersey, USA. pp. 174-207.

- Soler A, J., y G. Soles F. 2006. Cítricos. Variedades y técnicas de cultivo. Ed. Mundi-Prensa. pp. 151-169.
- Syverstsen J, P., L. Gene Albrigo., Mark A. Ritenour., Jill M. Dunlop., Arnold W. Schumann., Richard C. Vachon., Robert R. Pelosi and Michael S. Burton. 2004. Growth conditions affect sheepposing in grapefruit. Proc. Fla. State Hort. Soc. 117: 350-354.
- Trinidad S, A. 1987. El uso de abonos orgánicos en la producción agrícola. Centro de edafología, Colegio de Posgraduados, Chapingo México.
- Wardowski W., J. Sauls., W. Grierson and G. Westbrook (1980). Florida citrus quality test. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Florida and Agricultural Sciences. University of Florida Gainesville. 30 pp.
- Wiedenfeld B. and J. Sauls 2008. Long term fertilization effects on "Rio Red" grapefruit yield and shape on a heavy textured calcareous soil. Sci. Horti., 118(2): 149-154.
- Wiedenfeld B., Sauls J. and Nelson S. D. 2009. Fertilization program for "Rio Red" grapefruit (*Citrus paradise* MacF.) in south Texas. Inter. J. Fruit Sci., 9(3): 201-210.
- Zekri, M. and T.A. Obreza. 2003. Macronutrient deficiencies in citrus: nitrogen, phosphorus and potassium. IFAS. University of Florida. Fact sheet SL 201.

7. APÉNDICE

Cuadro 1. Resultados de análisis de suelo.

Descripción	Análisis
Textura	14 % Arena 39 % Limo 47 % Arcilla
pH	8.1 (moderadamente Alcalino)
M O	2.93 % (medianamente rico)
N	0.15% (pobre)
P ₂ O ₄	10.95 ppm (critico)
K ₂ O	0.49 meq 100g ⁻¹
CE	1.12 mS cm ⁻¹ (no salino)

Laboratorio de análisis de suelos de la FAUANL. ppm: partes por millón; meq: miliequivalentes y mS cm⁻¹: milisiemens por centímetro.

Cuadro 2. Resultados de análisis de agua.

Descripción	Análisis	Límites permisibles
pH	7.0	5-7
CE	1.75 mS cm ⁻¹ (no salina)	< 1 mS cm ⁻¹
Ca	295.65 ppm	< 120 ppm
Mg	60.00 ppm	<24 ppm
k	1.10 ppm	<10 ppm
Na	43.94 ppm	< 50 ppm
NH ₄	1.55 ppm	< 8 ppm
NO ₃	2.03 %	< 2.0 %
HCO ₃	299 ppm	<122 ppm
SO ₄	891 ppm	< 90 ppm
CO ₃	0.0 ppm	< 100 ppm
PO ₄	0.0 ppm	< 3 ppm
Cl	27.21 ppm	< 20 ppm
B	0.24 ppm	< 0.05 ppm

Laboratorio de Macro Micro International Inc. (MMI) Athens GA USA

Cuadro 3. Resultados de análisis foliar (febrero 2010).

Tratamiento	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Mn ppm	Fe ppm	Cu ppm	B ppm	Zn ppm	Na ppm
Muestra representativa de la huerta antes de los tratamientos	1.74	0.09	1.20	5.57	0.22	0.65	27	94	11	112	19	117
Deficiente	<1.60	<0.09	<0.50	<1.5	<0.2	<0.14	<17	<35	<3	<20	<17	"---
Bajo	<1.80	<0.10	<0.70	1.5 a 2.9	0.2 a 0.29	0.14 a 0.19	18 a 24	35 a 59	3 a 4	20 a 35	18 a 24	"---
Óptimo	1.8 a 2.4	0.13 a 0.17	0.7 a 1.7	3.0 a 4.9	0.3 a 0.49	0.20 a 0.40	25 a 100	60 a 120	5 a 16	36 a 100	25 a 100	"---
Alto	2.6 a 3.0	0.20 a 0.30	1.8 a 2.4	5.0 a 7.0	0.5 a 0.7	0.41 a 0.60	101 a 300	121 a 200	17 a 20	101 a 200	101 a 300	150 a 250
Exceso	>3.0	>0.30	>2.4	>7.0	>0.7	>0.6	>300	>200	>20	>200	>300	>250

Laboratorio de la Universidad Estatal de Pennsylvania EUA

Cuadro 4. Resultados de análisis foliar (Agosto 2010).

Tratamiento	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Mn ppm	Fe ppm	Cu ppm	B ppm	Zn ppm	Na ppm
T1	1.93	0.11	1.68	5.61	0.32	0.73	26	50	14	107	14	78
T2	2.14	0.12	1.38	5.74	0.30	0.70	24	49	14	107	13	81
T3	2.22	0.11	1.17	6.20	0.31	0.60	29	45	13	97	13	80
T4	2.30	0.11	1.28	5.90	0.31	0.64	26	54	13	97	14	61
T5	2.28	0.11	1.12	6.06	0.32	0.60	28	50	12	95	14	66
T6	2.25	0.12	1.34	6.03	0.31	0.64	28	55	13	98	14	72
T7	2.05	0.11	1.47	6.11	0.34	0.75	27	53	13	109	15	90
Deficiente	<1.60	<0.09	<0.50	<1.5	<0.2	<0.14	<17	<35	<3	<20	<17	"---
Bajo	<1.80	<0.10	<0.70	1.5 a 2.9	0.2 a 0.29	0.14 a 0.19	18 a 24	35 a 59	3 a 4	20 a 35	18 a 24	"---
Óptimo	1.8 a 2.4	0.13 a 0.17	0.7 a 1.7	3.0 a 4.9	0.3 a 0.49	0.20 a 0.40	25 a 100	60 a 120	5 a 16	36 a 100	25 a 100	"---
Alto	2.6 a 3.0	0.20 a 0.30	1.8 a 2.4	5.0 a 7.0	0.5 a 0.7	0.41 a 0.60	101 a 300	121 a 200	17 a 20	101 a 200	101 a 300	150 a 250
Exceso	>3.0	>0.30	>2.4	>7.0	>0.7	>0.6	>300	>200	>20	>200	>300	>250

Laboratorio de la Universidad Estatal de Pennsylvania EUA

Cuadro 5. Distribución de los tratamientos.

B-I	B-II	B-III	B-IV
AU T-2	AU T-1	AU T-6	AU T-2
AP	AP	AP	AP
AU T-1	AU T-7	AU T-3	AU T-6
AP	AP	AP	AP
AU T-5	AU T-5	AU T-4	AU T-1
AP	AP	AP	AP
AU T-4	AU T-6	AU T-2	AU T-7
AP	AP	AP	AP
AU T-6	AU T-3	AU T-5	AU T-4
AP	AP	AP	AP
AU T-3	AU T-4	AU T-7	AU T-3
AP	AP	AP	AP
AU T-7	AU T-2	AU T-1	AU T-5

2 AU: Árboles por parcela útil

1 AP: Árbol de protección

Tratamientos

T-1: 00-00-00 (testigo)

T-2: 100-00-00

T-3: 160-80-95

T-4: 200-80-95

T-5: 250-120-140

T-6: 5 t ha⁻¹ de gallinaza + 70-00-00T-7: 10 t ha⁻¹ de gallinaza + 35-00-00

Cuadro 6. Relación de contrastes ortogonales.

Tratamientos

T-1: 00-00-00 (testigo)

T-2: 100-00-00

T-3: 160-80-95

T-4: 200-80-95

T-5: 250-120-140

T-6: 5 t ha⁻¹ de gallinaza + 70-00-00T-7: 10 t ha⁻¹ de gallinaza + 35-00-00

C1: Sin fertilización (T1) **vs** con fertilización (T2, T3, T4, T5, T6 y T7).**C2:** Fertilización con bajo nivel de N (T2) **vs** fertilización con altos niveles de N (T3, T4 y T5).**C3:** Fertilización con nivel intermedio de N (T3) **vs** fertilización con altos niveles de N (T4 y T5).**C4:** Fertilización con bajos niveles de P y K (T4) **vs** fertilización con altos niveles de P y K (T5).**C5:** Fertilización sintética (T2, T3, T4 y T5) **vs** fertilización orgánica (T6 y T7).**C6:** Fertilización orgánica bajo nivel de gallinaza (T6) **vs** fertilización alto nivel de gallinaza T7).

C1: Contraste uno; **C2:** Contraste dos; **C3:** Contraste tres; **C4:** Contraste cuatro;**C5:** Contraste cinco y **C6:** Contraste seis.

Cuadro 7. Distribución de la aplicación de los fertilizantes.

Tratamiento	Enero	Abril	Junio	Agosto	Total
T1	00	00	00	00	00
T2	00	34 N	33 N	33 N	100 N
T3	00	80 N	40 N	40 N	160 N
	00	40 P	40 P		80 P
			48 K	47 K	95 K
T4	00	100 N	50 N	50 N	200 N
		40 P	40 P		80 P
			48 K	47 K	95 K
T5	00	100 N	75 N	75 N	250 N
		60 P	60 P		120 P
			70 K	70 K	140 K
T6	5 t	35 N	35 N	00	70 N
	Gallinaza				5 t ha ⁻¹
					Gallinaza
T7	10 t	35 N	00	00	35 N
	Gallinaza				10 t ha ⁻¹
					Gallinaza

Fuentes de fertilizantes sintéticos: Urea (46-00-00), Fosfato Monoamónico (MAP 11-52-00) y Cloruro de Potasio (00-00-60).

Cuadro 8. Resultados de análisis de la Gallinaza.

Análisis	Determinación	Resultados
Fisicoquímicos	Materia Orgánica	51.56 %
	Conductividad Eléctrica	500 $\mu\text{S cm}^{-1}$
	pH	7.75
Nutrientes	Nitrógeno	2.92 %
	Fósforo	1.55%
	Potasio	2.10 %
	Calcio	10.16 %
	Magnesio	1.04 %
	Azufre	0.48 %
	Fierro	0.24 %
	Manganeso	0.04 %
	Zinc	0.045 %
	Sodio	0.57 %
	Boro	39 mg kg^{-1}

Procesadora de gallinaza, S.A de C.V. (www.vertiaonline.com)

Cuadro 9. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$), peso de frutos grandes (kg árbol^{-1}), ciclo 2010-2011. $\text{CV}=27.49\%$. (*)= Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

Tratamiento	Media	Tukey ($p \leq 0.05^*$)
3	114.35	a
6	96.45	ab
7	93.19	ab
5	88.98	ab
4	73.90	ab
2	67.39	ab
1	48.93	b

(*) = Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

Cuadro 10. Contrastes ortogonales peso de frutos grandes (kg árbol^{-1}), ciclo 2010-2011.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
C1	1	5516.568	5516.568	10.520	0.005**
C2	1	1878.201	1878.201	3.582	0.075
C3	1	2887.041	2887.041	5.505	0.031*
C4	1	454.632	454.632	0.867	0.364
C5	1	400.439	400.439	0.764	0.394
C6	1	21.229	21.229	0.040	0.843
Error	18	9439.074	524.393		

*Significativo ($p \leq 0.05$) **Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

FV: Factor de varianza; **GL**: Grados de libertad; **SC**: Suma de cuadrados;

CM: Cuadrado medio; **Fc**: F calculada y **Sig**: Significancia.

Cuadro 11. Comparación de medias (Tukey $\leq 0.05^*$), peso de frutos medianos (kg árbol^{-1}), ciclo 2010-2011). CV=20.64%. (*)= Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

Tratamiento	Media	Tukey ($p \leq 0.05^*$)
4	105.79	a
3	104.38	a
6	91.94	ab
5	87.92	ab
2	87.41	ab
7	84.90	ab
1	56.75	b

(*) = Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

Cuadro 12. Contrastes ortogonales peso de frutos medianos (kg árbol^{-1}), ciclo 2010-2011.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
C1	1	4687.289	4687.289	14.063	0.001**
C2	1	428.957	428.957	1.287	0.217
C3	1	151.042	151.042	0.453	0.509
C4	1	638.817	638.817	1.917	0.183
C5	1	337.228	337.228	1.012	0.328
C6	1	99.208	99.208	0.298	0.597
Error	18	5999.382	333.299		

*Significativo ($p \leq 0.05$) **Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

Cuadro 13. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$), peso de frutos chicos (kg árbol⁻¹), ciclo 2010-2011). CV=20.97%. (*)= Significativo. Las letras iguales son estadísticamente similares.

Tratamiento	Media	Tukey ($p \leq 0.05^*$)
1	62.94	a
6	39.09	ab
2	36.27	ab
3	26.26	b
4	25.19	b
5	25.15	b
7	21.77	b

(*) = Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

Cuadro 14. Contrastes ortogonales peso de frutos chicos (kg árbol⁻¹), ciclo 2010-2011.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
C1	1	4130.609	4130.609	19.599	0.000**
C2	1	346.064	346.064	1.642	0.216
C3	1	3.174	3.174	0.015	0.904
C4	1	0.004	0.004	0.000	0.997
C5	1	0.0008	0.0008	0.000	0.995
C6	1	938.744	938.744	4.454	0.049*
Error	18	3793.572	210.754		

*Significativo ($p \leq 0.05$) **Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

Cuadro 15. Contrastes ortogonales de rendimiento total (kg árbol⁻¹), ciclo 2010-2011.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
C1	1	6157.160	6157.160	6.780	0.018*
C2	1	2065.665	2065.665	2.275	0.149
C3	1	4596.984	4596.984	5.062	0.037*
C4	1	16.074	16.074	0.018	0.896
C5	1	3.002	3.002	0.003	0.995
C6	1	2043.522	2043.522	2.250	0.151
Error	18	16346.196	908.122		

*Significativo ($p \leq 0.05$) **Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

Cuadro 16. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) de diámetro de fruto (mm), ciclo 2010-2011. CV=1.60%. (*)= Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

Tratamiento	Media	Tukey ($p \leq 0.05^*$)
7	99.00	a
6	98.23	a
5	97.47	ab
2	97.45	ab
3	97.35	ab
4	96.20	ab
1	94.32	b

(*) = Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

Cuadro 17. Contrastes ortogonales diámetro de fruto (mm), ciclo 2010-2011.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
C1	1	37.262	37.262	15.436	0.001**
C2	1	0.590	0.590	0.244	0.627
C3	1	0.707	0.707	0.293	0.595
C4	1	3.226	3.226	1.336	0.262
C5	1	11.960	11.960	4.954	0.039*
C6	1	1.186	1.186	0.491	0.492
Error	18	43.452	2.414		

*Significativo ($p \leq 0.05$) **Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

Cuadro 18. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) de peso de jugo (g), ciclo 2010-2011. CV=5.28%. (*)= Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

Tratamiento	Media	Tukey ($p \leq 0.05^*$)
7	188.56	a
6	185.42	a
3	181.89	ab
5	182.87	ab
2	175.27	ab
4	173.73	ab
1	160.96	b

(*) = Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

Cuadro 19. Contrastes ortogonales peso de jugo (g), ciclo 2010-2011.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
C1	1	1417.384	1417.384	15.963	0.001**
C2	1	53.603	53.603	0.604	0.447
C3	1	34.416	34.416	0.388	0.541
C4	1	167.262	167.262	1.884	0.187
C5	1	389.629	389.629	4.388	0.051*
C6	1	19.782	19.782	0.223	0.643
Error	18	1598.238	88.791		

*Significativo ($p \leq 0.05$) **Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

Cuadro 20. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) porcentaje de jugo ciclo 2010-2011. C.V= 4.18%. (*)= Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

Tratamiento	Media	Tukey ($p \leq 0.05^*$)
6	48.95	a
3	48.32	a
5	47.52	ab
7	46.67	ab
4	45.08	ab
2	44.62	ab
1	43.43	b

(*) = Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

Cuadro 21. Contrastes ortogonales porcentaje de jugo (%), ciclo 2010-2011.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
C1	1	40372	40372	10.729	0.004**
C2	1	16.572	16.572	4.404	0.050*
C3	1	10.897	10.897	2.896	0.106
C4	1	11.976	11.976	3.182	0.091
C5	1	10.773	10.773	2.863	0.108
C6	1	10.379	10.379	2.758	0.114
Error	18	67.734	3.763		

*Significativo ($p \leq 0.05$) **Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

Cuadro 22. Comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05^*$) acidez del jugo ciclo 2010-2011. C.V= 2.41%. (*)= Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

Tratamiento	Media	Tukey ($p \leq 0.05^*$)
3	1.17	a
4	1.13	ab
5	1.15	ab
6	1.10	b
2	1.10	b
7	1.09	b
1	1.09	b

(*) = Significativo. Letras iguales son estadísticamente similares.

Cuadro 23. Contrastes ortogonales acidez del jugo (%), ciclo 2010-2011.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig
C1	1	0.003	0.003	2.530	0.129
C2	1	0.005	0.005	4.641	0.045*
C3	1	0.007	0.007	6.801	0.018*
C4	1	0.000	0.000	0.450	0.511*
C5	1	0.004	0.004	4.181	0.056
C6	1	0.000	0.000	0.098	0.758
Error	18	0.018	0.001		

*Significativo ($p \leq 0.05$) **Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

Cuadro 24. Resultados de muestreo de frutos de toronja (ciclo 2010-2011).

Variabes	Tratamientos Orden descendente	Significancia Tukey ($p \leq 0.05^*$)	Coefficiente de variación (%)
Peso de frutos grandes (Kg árbol ⁻¹)	3, 6, 7, 5, 4, 2, 1	0.017	27.49
Peso de frutos medianos (Kg árbol ⁻¹)	4, 3, 6, 5, 2, 7, 1	0.027	20.64
Peso de frutos chicos (Kg árbol ⁻¹)	1, 6, 2, 3, 4, 5, 7	0.007	20.97
Peso total de frutos (Kg árbol ⁻¹ y t ha ⁻¹)	3, 6, 4, 5, 7, 2, 1	0.046	14.70
Diámetro de fruto (mm)	7, 6, 5, 2, 3, 4, 1	0.013	1.60
Peso de jugo (g)	7, 6, 5, 3, 2, 4, 1	0.011	5.28
Porcentaje de jugo	6, 3, 5, 7, 4, 2, 1	0.006	4.18
Acidez del jugo	3, 4, 5, 6, 2, 7, 1	0.007	2.41
Mesocarpio del fruto (mm)	NS	0.105	-
Grados Brix del jugo	NS	0.15	-
Relación °Brix Acidez ¹	NS	0.163	-

Valores de tablas (0.05)= 4.67