

**Efectos de Fuentes y Niveles de Calcio en el Rendimiento y  
Calidad de la Fruta de Papaya (Carica papaya cv 'Sunrise Solo')**

Por  
Nancy Ortiz Figueroa

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos del grado de

MAESTRO EN CIENCIAS  
en  
Ciencias del Suelo

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGUEZ

2009

Aprobado por:

\_\_\_\_\_  
Miguel A. Muñoz Muñoz, Ph.D.  
Miembro, Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Félix M. Román Pérez, MS  
Miembro, Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
José L. Zamora Echevarría, MS  
Miembro, Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Julia M. O'Hallorans Castillo, Ph.D.  
Presidente, Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
John M. Kubaryk, Ph.D.  
Representante Estudios Graduados

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Hipólito O'Farrill Nieves, Ph.D.  
Director Interino Departamento  
Cultivos y Ciencias Agroambientales

\_\_\_\_\_  
Fecha

## ABSTRACT

A complete randomized block design - split plot arrangement with four repetitions was used to identify the best source and the appropriate level of calcium for increased the performance and quality of papaya (*Carica papaya*). The sources of Ca were the plots ( $\text{CaCl}_2$  and  $\text{CaSO}_4$ ) and the subplots the different levels of Ca (0, 0.25%, 0.50%, 0.75% and 1.0%). Among the different parameters to studied we select the components of production, tissue samples were taken to determine the concentration of nutrients, we measured the pH, electrical conductivity and exchangeable cations (K, Ca, Mg) from soil and were tested for firmness, acidity and total soluble solids to fruit. There was no considerable difference between the application of calcium sources of papaya fruit and the control (0%) in any of the factors studied. Therefore it is necessary to perform further research on the action of calcium on tropical fruit, with that we will be able to make recommendations to farmers to improve the quality of fruit, specifically papaya.

## RESUMEN

Esta investigación fue diseñada para identificar la mejor fuente y el nivel apropiado de calcio para un mayor rendimiento y calidad de la papaya (*Carica papaya*). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en un arreglo de parcelas divididas donde: las parcelas son las fuentes de calcio ( $\text{CaCl}_2$  y  $\text{CaSO}_4$ ) y las subparcelas los niveles de calcio (0, 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.0%). Entre los parámetros estudiados estaban los componentes de producción. Se realizaron muestreos de tejido para determinar la concentración de nutrientes, se midió el pH, la conductividad eléctrica y los cationes intercambiables (K, Ca, Mg) del suelo y se hicieron pruebas de firmeza, acidez titulable y total de sólidos solubles a la fruta. No se encontró una diferencia significativa entre la aplicación de fuentes de calcio a las frutas de papaya y el control (0%) en ninguno de los factores estudiados. Por esto es necesario realizar mayor investigación acerca de la acción del calcio sobre las frutas tropicales, para así hacer recomendaciones a los agricultores para mejorar la calidad de las frutas, específicamente la papaya.

Copyright. ©2009. Nancy Ortiz Figueroa

## **DEDICATORIA**

*Tres son los ángeles que tengo en mi vida, desde que cuento con ellos han dado todo por mí. Son los que me dan cada día más deseos de vivir, y los que me inspiran para ser un mejor ser humano.*

*Benjamín Ortiz Rivera “Tío Benja” (q.e.p.d.), esto es por ti. Por tantos consejos que me diste, por tantos buenos recuerdos que tengo de ti. Quizás fueron pocas las veces que te vi, pero muchas fueron las que con una sola llamada te sentí cerca de mi corazón, tan cerca como ahora. Luchaste por tus sueños hasta tu muerte, y eso me enseña a perseverar no importando las circunstancias. Hoy estás con Dios, y aunque es muy duro para mí, sé que desde allá todavía me cuidas y me das de tus fuerzas. Te amo.*

*Natividad Rivera Concepción “Abuela Tiva” (q.e.p.d.), definitivamente mi mayor inspiración. Eres la abuela que cada uno quisiera tener. Eres para mí un ejemplo a seguir. Trabajaste toda tu vida y amaste de una manera sin igual. Distes hasta lo que no tenías por cuidarnos y apoyarnos en nuestros sueños. Te fuiste y una parte de mí se fue contigo. Sé que estás cerquita de Papá Dios y desde allá arriba sigues alegrándote por todos mis triunfos. Esto es para ti. Te amo.*

*Edgardo Javier Díaz Polo “Javier”, eres mi mejor amigo. Un amigo de los que no existen dos. Muchas personas han pasado por mi vida, pero ninguna me ha marcado como tú. Tu enfermedad nos ha enseñado a todos a dejar de ver lo material como cosa*

*importante y reconocer que lo único que importa es la vida que tenemos por delante. Sé que Dios tiene un plan para ti, y ya te sanó. Sigue luchando por tu vida que verán las grandes cosas que vamos hacer juntos de aquí en adelante. Te amo.*

*Los amo y siempre los tendré en mi mente. Cerca o lejos forman parte de mi corazón, y no importa lo que pase en mi vida ustedes estarán siempre presentes.*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque Él es quien me ha dado todo lo que tengo y lo que estoy por obtener.

A Jorge, mi papá, porque me ha impulsado a soñar en grande. A mi mamá Milagros por darme los mejores consejos en los momentos más difíciles de mi vida. A mi hermano Josué y su esposa Vanessa por darme la oportunidad de ser “Titi” de la niña más bella del mundo, Ninoshka. A Eunice, mi hermanita que con su espíritu joven me inspira para luchar y ser su mayor ejemplo. A toda mi familia por su apoyo, en especial a Titi Magda porque siempre tiene las palabras perfectas para mí.

A la Dra. Julia M. O’Hallorans por escogerme para llevar a cabo este proyecto y por confiar en mis talentos. Gracias por su apoyo y su paciencia. Al Prof. Félix M. Román Pérez, Dr. Miguel A. Muñoz Muñoz y Prof. José L. Zamora Echevarría por formar parte de este equipo y ayudarme con sus conocimientos. Muchas gracias por contestar cada una de mis preguntas y por haber contado con ustedes.

Al Sr. Edwin D. Monroig “Quito”, Sr. José L. López “Chegui”, Sr. Diego Vélez, Sr. Manuel Corchado “Maneco”, Sr. Luis A. González “Cuco”, Sr. Carlos M. Mercado, Sr. Gabriel Díaz “Gaby”, Sr. Bryan Calero y todo el personal administrativo de la Estación Experimental Agrícola de Isabela por toda la colaboración con este proyecto. Gracias por alegrarme la vida.

Al personal del Departamento de Ciencias y Cultivos Agroambientales, en especial a Floripe, Gisela, Pino, Gloria y Evelyn por toda su ayuda.

A mis amigos de la Oficina del Decano de Estudiantes, en especial a Rosa y Salvador por ser mis segundos padres y porque siempre han estado a mi lado. Los amo.

A la Dra. María del Carmen Librán por los buenos deseos. Al Dr. Scott Tsai por sus sinceros consejos y sus palabras de aliento.

A Laura María Ortiz Colón “Laurita” por su amistad, su tiempo y su ayuda incondicional para que este trabajo fuera el mejor.

A mis hermanos de la Hermandad Colegial de Avivamiento (HCA), en especial a Omar Santiago, Eliezer Echevarría, Minerva Rivera, Eric Osvaldo Ortiz, Vilmary Rivera, Esteban Iván Pabón, Luis Gabriel Rivera y Denys Omar Arriaga por las horas que juntos pudimos adorar a nuestro Dios, su amistad y por sus oraciones y bendiciones.

A mis amigos María del Carmen Rojas, Ángela María Linares, Julio Luis Rivera, Ana María Marrero, Jasón Jese Castro y Miguel Ángel García por su compañía y por siempre preocuparse por mí. A los padres de mis amigos; Ada Polo, Carlos Díaz, Teresa Carrucini, María Colón, Delia Hernández, Mercedes Santiago y Benjamín Román por hacerme sentir como su hija.

A Benjamín Román Santiago “Bengie” por su trabajo por este proyecto. Gracias por su ayuda y por los buenos momentos.

A mis estudiantes que pulieron mi carácter y mi paciencia. Y a todos aquellos que de una u otra forma hicieron que este trabajo se convirtiera en realidad. Muchas gracias.

“Gracias a la vida que me ha dado tanto”

## Tabla de Contenido

Abstract.....	ii
Resumen.....	iii
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vii
Tabla de contenido.....	ix
Listado de Tablas .....	xi
Listado de Figuras.....	xii
Listado de Apéndices.....	xiii
Capítulo 1: Introducción.....	1
Capítulo 2: Revisión de Literatura.....	4
2.1 <i>Carica papaya</i> .....	4
2.1.1 Origen y distribución.....	4
2.1.2 Usos y valor nutricional.....	5
2.1.3 Características morfológicas.....	7
2.2 Calcio en las plantas.....	8
2.2.1 Aspersiones de Ca pre cosecha.....	9
Capítulo 3: Materiales y Métodos.....	11
3.1 Descripción de la localidad.....	11
3.1.1 Propagación plántulas papaya.....	12
3.1.2 Establecimiento del experimento de campo.....	12
3.1.3 Toma de datos.....	16
3.2 Análisis a la fruta.....	17
3.3 Análisis de tejido.....	18
3.4 Análisis de suelo.....	20
3.5 Análisis estadísticos.....	21

Capítulo 4: Resultados y Discusión.....	22
4.1 Componentes de producción.....	22
4.2 Rendimiento de cosecha.....	24
4.3 Análisis de la fruta.....	28
4.4 Análisis de tejido.....	30
4.5 Análisis de suelo.....	32
Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones.....	35
Capítulo 6: Bibliografía.....	37
Apéndices.....	41
Apéndice A: Análisis Estadísticos.....	42
Apéndice B: Información climatológica.....	51
Apéndice C: Diseño Experimental.....	52

## Listado de Tablas

Tabla 1. Contenido nutricional de la papaya.....	6
Tabla 2. Numeración de tratamientos, concentración de Ca y cantidad de reactivo por tratamientos.....	14
Tabla 3. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre los componentes de producción en frutas de papaya ( <i>Carica papaya</i> ).....	23
Tabla 4. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre el número de frutas de papaya ( <i>Carica papaya</i> ) por hectárea.....	24
Tabla 5. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre el peso (g) y el rendimiento por hectárea de frutas de papaya ( <i>Carica papaya</i> ).....	25
Tabla 6. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre la textura de las frutas de papaya ( <i>Carica papaya</i> ) expuestas a temperaturas de 26°C y 12°C.....	27
Tabla 7. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre la calidad de frutas de papaya ( <i>Carica papaya</i> ).....	29
Tabla 8. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre las propiedades y la nutrición del suelo en una plantación de frutas de papaya ( <i>Carica papaya</i> ) .....	34

## Listado de Figuras

Figura 1. Serie Coto, Isabela, Puerto Rico.....	11
Figura 2. Plántulas en bandejas de propagación listas para trasplantar al campo.....	12
Figura 3. Papaya variedad 'Sunrise Solo'.....	13
Figura 4. Aplicación de calcio al campo.....	15
Figura 5. Trabajadores tomando datos en el campo (11 de Febrero de 2008).....	15
Figura 6. Trabajadores de campo en el proceso de cosecha de la papaya.....	16
Figura 7. Instrumentos utilizados en el análisis de la fruta (A) refractómetro digital Reichert ABBE Mark II; (B-C) instrumento Texture Analyser TA-XT2 para medir textura usando el teclado Stable MicroSystems y el sistema operativo Texture Expert.....	17
Figura 8. Proceso análisis de tejido (A-B) hojas colocadas en bolsas de papel y secadas al horno a 65 °C durante 48 horas; (C-D) muestras procesadas en un molino de tejido <i>Laboratory Mill, Standard Bench Model, Thomas-Wiley</i> .....	19
Figura 9. Proceso análisis de suelo (A) muestras de suelo secadas al aire; (B-C) procesadas en un molino .....	20
Figura 10. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre el rendimiento por hectárea.....	26
Figura 11. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre la concentración de nitrógeno (N) en el tejido de papaya ( <i>Carica papaya</i> ).....	31
Figura 12. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre la concentración de fósforo (P) en el tejido de papaya ( <i>Carica papaya</i> ).....	31
Figura 13. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre la concentración de potasio (K) en el tejido de papaya ( <i>Carica papaya</i> ).....	31
Figura 14. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre la concentración de calcio (Ca) en el tejido de papaya ( <i>Carica papaya</i> ).....	31
Figura 15. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre la concentración de magnesio (Mg) en el tejido de papaya ( <i>Carica papaya</i> ).....	32

## Listado de Apéndices

Apéndice A: Análisis Estadísticos.....	42
Apéndice B: Información Climatológica.....	51
Apéndice C: Diseño Experimental.....	52

## Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

La papaya es una de las frutas más rentables económicamente (Zamora, 2005) y es una de las más cultivadas en Puerto Rico (Oficina de Estadísticas Agrícolas, Departamento de Agricultura, 2007). En el año fiscal 2006/07, la papaya ocupó el tercer lugar en la Distribución del Ingreso Bruto Agrícola, en el renglón de frutas, antecedido solo por el mangó y la china (Oficina de Estadísticas Agrícolas, Departamento de Agricultura, 2007). En el mencionado año, se produjeron aproximadamente 180,766 quintales de papaya generando así \$ 4,503,000 dólares al Ingreso Bruto Agrícola. Además, esta fruta goza de una buena aceptación en el mercado local tanto fresca como procesada. La papaya es una fruta muy aceptada por la gama de usos que esta fruta brinda. Entre estos usos está la fruta en jaleas, dulces, ensaladas de frutas, y dulces en almíbar.

La producción de la papaya en Puerto Rico se ha visto amenazada por enfermedades y la furia de fenómenos naturales (huracanes, tormentas, inundaciones, sequias), sin embargo ha podido recuperar y subsistir (Toro, 1994). Al producir papaya siempre existe el riesgo de que parte de la cosecha se pierda por la poca resistencia que tiene el cultivo a ciertas plagas como el virus del anulado de la papaya, el cogollo racimoso o “bunchy top”, pudrición de la raíz y fruto por *Phytophthora*, pudrición interna del fruto y antracnosis (Almodóvar, 2000). En adición a su susceptibilidad a enfermedades, la fragilidad de la fruta una vez cosechada y su poca capacidad de almacenamiento aumenta el riesgo de pérdida por parte de los agricultores (Conjunto

Tecnológico para la producción de papaya, 1987). Es por esto que es necesario obtener frutas de buena calidad y que sean resistentes al manejo para así reducir el ataque de patógenos poscosecha (Castellano et al., 2005).

Las frutas frescas reciben el nombre de productos perecederos porque tienen una tendencia inherente a deteriorarse por razones fisiológicas y por la invasión de plagas, infecciones y enfermedades (Castellano et al., 2005). Las pérdidas poscosecha ocurren en cualquier etapa del proceso de mercadeo, se pueden iniciar durante la cosecha, durante el acopio y distribución y finalmente cuando el consumidor compra y utiliza el producto (Castellano et al., 2005). Es de importancia mejorar la firmeza de la fruta ya que así será más tolerante al manejo, a enfermedades y al daño ocasionado por los insectos.

El calcio (Ca) es un elemento esencial para la nutrición de las plantas. Este es requerido en varios roles en la pared celular y las membranas (White y Broadley, 2003). El Ca sirve para dar rigidez a la estructura de la pared celular (Hepler, 2005), promueve el alargamiento celular, participa en procesos metabólicos de absorción de otros nutrientes, estabiliza la pared celular (Hepler, 2005) y protege la planta contra el estrés de temperatura.

La fuente de Ca, la concentración, el número de aspersiones y las condiciones del campo son parámetros críticos a la hora de diseñar un experimento (Manganaris et al., 2005). Es por esto que se diseñó este trabajo para observar el comportamiento del Ca en una fruta tropical, la papaya. En esta investigación se utilizó la papaya variedad 'Sunrise Solo', una de las de mayor valor comercial en Puerto Rico, debido a sus

características de tamaño, sabor y valor nutricional (Márquez, 1994). Los objetivos de este estudio fueron los siguientes;

- (1) Identificar la mejor fuente de calcio para un mayor rendimiento y calidad de la papaya,
- (2) Determinar el nivel de calcio más apropiado para un mayor rendimiento y calidad de la papaya y
- (3) Hacer recomendaciones a los agricultores para mejorar la calidad de las frutas.

## Capítulo 2: REVISION DE LITERATURA

### 2.1 *Carica papaya*

#### 2.1.1 Origen y distribución

Lechosa, mamona, chamburo, melón zapote, fruta bomba e higuera de Indias son algunos de los nombres por los que se conoce a esta fruta tropical (Morton, 1987). La papaya es una fruta nativa de América Tropical (Anónimo, 1986, Jiménez, 2002) e importada por los españoles a Puerto Rico en los tiempos de colonización. Esta fruta pertenece a la familia de las Caricaceas y al género y especie *Carica papaya*. Esta es la única especie de importancia económica dentro del género *Carica*, el cual agrupa más de 20 especies (Jiménez, 2002). Es una fruta cultivada en casi todas las regiones tropicales del mundo. La papaya es una de las frutas más prometedoras del Trópico (Arriola, 1980; Zamora, 1991; Brunner, 1994). En Puerto Rico las variedades comerciales más utilizadas son 'Tainung 1 y 2', 'Sunrise Solo' y 'Red Lady'.

La papaya es producida a gran escala en lugares como India, Hawaii, Indonesia y México, siendo Brasil el mayor productor del mundo (Troche, 1994; Rodrigues y Kiyoshi, 2001; Jiménez, 2002; Anónimo, 1986). En América Central y el Caribe los productores principales son: Cuba, Costa Rica y República Dominicana. Por la cercanía a estos países y por sus vínculos con Puerto Rico, la información obtenida en esta investigación puede beneficiar de igual manera a los productores de papaya en estos países.

En países en vías de desarrollo, la papaya es un cultivo de gran importancia económica. De acuerdo a la organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, por sus siglas en inglés, el 98.4% de la producción mundial de papaya se genera en países en vías de desarrollo (Troche, 1994). Existe gran potencial para aumentar la producción de papaya en Puerto Rico, ya que la isla cuenta con suelos y clima apropiados, y además cercanía a grandes mercados (Brunner, 1994). La producción de papaya en Puerto Rico se concentra en el área sur (Guayama, Salinas, Santa Isabel, Coamo, Guánica, Sabana Grande, San Germán, Lajas y Cabo Rojo) y en algunas fincas de la región montañosa (Comerío, Naranjito, Corozal, Barranquitas, Morovis y Orocovis) (Acosta, 2000; Toro, 1994). En los últimos años se ha visto una merma en la producción de papaya a nivel mundial, pues de acuerdo con la FAO, Puerto Rico es uno de los lugares en el mundo donde menos se produce papaya. Entre los factores que limitan la producción de papaya en Puerto Rico se encuentran la presencia de enfermedades y la falta de semilla de alta calidad de buenas variedades (Brunner, 1994)

### **2.1.2 Usos y valor nutricional**

La papaya es una fruta bien versátil en la industria de alimentos. Esta puede ser utilizada tanto como fruta fresca verde o madura así como la fruta procesada (Acosta, 1995). La papaya como fruta verde se utiliza en dulces en almíbar y ensalada de frutas. Como fruta madura se utiliza en jugos, jaleas, siropes, purés y helados. Por años se han utilizado las flores de la papaya como remedio casero para aliviar la tos y como expectorante (Jiménez, 2002). Existe una gran demanda de papaya a nivel mundial, por su valor alimenticio basado en el contenido de vitaminas (Tabla 1) y el efecto

favorable que sobre la digestión y asimilación de los alimentos (Alonso et al., 2008). La papaya es considerada como una fuente de hierro, calcio, potasio y fibra; una buena fuente de vitaminas A, B y una excelente fuente de vitamina C (Morton, 1987; Jiménez, 2002). Los frutos de papaya contienen de 7% - 12% de azúcar.

En el mercado podemos ver la variedad 'Sunrise Solo' como fruta fresca pues es la de mayor aceptación por su tamaño y sabor. No obstante es una fruta que no resiste mucho manejo y se deteriora con rapidez durante el empaque y transporte (Llorens y Vicente, 1976).

**Tabla 1. Contenido nutricional de la papaya**

<b>Tabla Nutricional</b>	
Calorías	23.2- 25.8
Agua	85.9 – 92.6 g
Proteína	0.081- 0.34 g
Grasa	0.05 – 0.96 g
Carbohidratos	6.17-6.75 g
Fibra	0.5 – 1.3 g
Calcio	12.9 – 40.8 mg
Fosforo	5.3 – 22.0 mg
Hierro	0.25 – 0.78 mg
Caroteno	0.0045 – 0.676 mg
Tiamina	0.021 – 0.036 mg
Riboflavina	0.024 – 0.058 mg
Vitamina B3	0.227 - 0.555 mg
Vitamina C	35.5 – 71.3 mg

Fuente: [http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/papaya\\_ars.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/papaya_ars.html)

La papaya tiene una savia de consistencia lechosa (por esto el nombre común de lechosa) que en su estado natural es tóxica para los humanos. De esta savia se toma la enzima papaína que es utilizada como ablandador de carnes (Anónimo, 1986). La producción mundial de esta enzima alcanza más de 1000 toneladas anuales en el mundo y genera 100 millones de dólares al año. En la industria de alimentos la papaína también es usada para clarificar la cerveza (Jiménez, 2002), para tratar cuero, seda y lana (Yadava et. al., 1990). En la industria farmacéutica se utiliza para la fabricación de medicinas que ayudan a la digestión, pasta de dientes, cosméticos y detergentes. Los principales mercados para la papaína son Francia, Alemania, Estados Unidos, Italia y Holanda.

### **2.1.3 Características morfológicas**

La papaya es una planta de crecimiento continuo por lo que puede estar creciendo, floreciendo y produciendo frutas continuamente (Zamora, 2003; Jiménez, 2002). Es por esto que es una de las plantas más productivas con relación a su tamaño pues siempre tiene flores y frutos al mismo tiempo.

La papaya es una especie que puede tener plantas masculinas (estaminadas), femeninas (pistiladas) y hermafroditas (bisexuales). Las unisexuales son representadas por el árbol hembra, que produce solo flores con pistilos y el árbol macho que produce flores con 10 estambres y con pistilos no funcionales (Jiménez, 2002). Las flores femeninas crecen a los largo del tronco, en las axilas de las hojas (Zamora, 1991). Esta flor produce un fruto redondo y en algunas ocasiones puede estar compuesto de cinco secciones longitudinales y con un peso aproximado de uno a tres kilos dependiendo de

la variedad (Ramírez, 1965; Zamora, 1991). Las flores hermafroditas suelen ser solitarias o en racimos de dos a tres y ocurren en las axilas de las hojas. Estas producen frutos en forma de pera, cilíndricos y alargados.

## **2.2 Calcio en las plantas**

El Ca es un elemento esencial para la nutrición de las plantas. Este es un mensajero en el crecimiento y desarrollo de las células vegetales (Hepler, 2005). Es requerido en varios roles en la pared celular y las membranas de ésta (White y Broadley, 2003). El Ca en las plantas tiene una función similar a la que tiene en el cuerpo humano. Este sirve para dar rigidez a la estructura de la pared celular (Hepler, 2005), comparado con la función del Ca sobre los huesos del cuerpo. Según White y Broadley (2003), el Ca como catión divalente se requiere en varias actividades estructurales en la pared celular y las membranas y como mensajero intracelular. El calcio es un elemento que reduce la absorción del agua, aumenta la firmeza de la pulpa y retrasa la senescencia (Castellano et al., 2005, Chardonnet, 2002, Singh et. al., 1993). Este es tomado por las raíces de la solución del suelo y llevado a los nuevos brotes vía el xilema (White y Broadley, 2003).

El calcio mantiene la integridad de la membrana (Alcaraz et. al., 2003) y la pared celular, por lo que se ha establecido que la nutrición con calcio en árboles frutales, puede reducir el daño en frutos durante poscosecha. El calcio tiene la capacidad de disminuir la permeabilidad de las membranas celulares (Arguello, et. al., 1997; Sharples y Johnson, 1977; Castellano et al., 2005). También está considerado como el principal responsable de la formación de la lámina media, estructura y permeabilidad de la pared

celular, así como también de la elongación y división celular (Alas y Bustamante, 1993; Saborío et al., 2000). Además, es el elemento mineral que más influencia tiene sobre el retraso de la senescencia, control desórdenes fisiológicos y sobre diferentes tipos de patógenos, en frutas y vegetales (Huber, 1980; McGuire y Kelman, 1986; Poovaiah, 1986; Ferguson y Drobak, 1988; Saborío et al., 2000).

En la naturaleza raras veces ocurre deficiencia de Ca, aunque puede ocurrir en suelos con baja saturación de bases y alta acidez (White y Broadley, 2003). También podemos ver que el exceso de Ca en suelos calcáreos puede restringir el crecimiento de algunas plantas. A pesar de la importante influencia que tiene el Ca sobre el control de las enfermedades y aspectos de calidad de ciertas frutas, las investigaciones realizadas han sido con frutos de origen templado (Saborío et al., 2000). Por esto, es importante conocer la respuesta que frutos de origen tropical como la papaya, desarrollen como respuesta ante incrementos de Ca suministrados en precosecha y de esta manera contar con una estrategia de control para solucionar las necesidades que actualmente tiene este cultivo (Saborío et al., 2000). En este estudio trabajaremos con aplicaciones de calcio en precosecha y veremos su respuesta en las condiciones de manejo y almacenamiento poscosecha con el objetivo de preservar la calidad del producto por un periodo de tiempo más prolongado.

### **2.2.1 Aspersiones de Ca pre cosecha**

Las aspersiones de Ca durante el desarrollo de la fruta provee un modo seguro de suplir el Ca a la fruta fresca (Manganaris et al., 2005). En los cultivos de manzana y pera se usan aspersiones de Ca para mejorar la firmeza de la fruta. El resultado es una

fruta más firme que requiere más tiempo para pasar sus estados de senescencia (Hepperly y Esnard, 1994). Las aspersiones son una de las prácticas más importantes de las nuevas estrategias aplicadas en los Sistemas de Producción Integrado, mejorando las características de la fruta y reduciendo al mínimo las aspersiones de fungicida hacia el final de la cosecha (Manganaris et al., 2005).

Cuando se almacenan las frutas, se exponen a cambios fisicoquímicos y bioquímicos que van a afectar su textura final y por lo tanto las características cualitativas de las frutas frescas o procesadas (Manganaris et al., 2005). Es por esto que es importante trabajar con la corteza de la fruta para que esos cambios no afecten de manera negativa la calidad de la fruta y se alargue el periodo de almacenamiento. En una investigación realizada por Castellano et al. (2005) con guayabas (*Psidium guajava*), donde se observó que al tratar las frutas con  $\text{CaCl}_2$  al 2% y agua caliente, se prolongó el tiempo de almacenamiento.

Al trabajar con un elemento esencial se debe tener en cuenta la fuente, su concentración, el número de aspersiones y las condiciones de campo. Es de importancia considerar todas estas variables para poder reconocer cual es el tratamiento que realmente mejora la calidad de la fruta y poder hacer una recomendación a los agricultores. Las pérdidas poscosecha ocurren en cualquier etapa del proceso de mercadeo, se pueden iniciar durante la cosecha, después durante el acopio y distribución y finalmente cuando el consumidor compra y utiliza el producto. Es por esto que es necesario obtener frutas de buena calidad y que sean resistentes al manejo para así reducir el ataque de patógenos poscosecha (Castellano et al., 2005).

## Capítulo 3: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Descripción de la localidad

El experimento de campo se estableció en la Subestación Experimental Agrícola de Isabela, localizada en el pueblo de Isabela al noroeste de Puerto Rico. La lluvia en el área durante el tiempo que se desarrollo el experimento fue de 130-cm al año aproximadamente y la temperatura anual varió de 20 a 31 °C (Apéndice B: Información Climatológica). La serie de suelo que predomina en esta área es la serie Coto la cual se caracteriza por ser suelos profundos, de buen desagüe, ligeramente ácidos y moderadamente permeables (Figura 1) (Catastro de Suelos, Área de Mayagüez, 1975).



Figura 1. Serie Coto, Isabela, Puerto Rico

### **3.1.1 Propagación plántulas papaya**

El semillero de papaya se estableció a cabo en la Estación Experimental Agrícola de Isabela, utilizando una mezcla de arena de playa y musgo comercial canadiense a una proporción 1:1. Se aplicó abono foliar 20-20-20 semanalmente hasta el momento del trasplante al campo. (Figura 2).



Figura 2. Plántulas en bandejas de propagación listas para trasplantar al campo

### **3.1.2 Establecimiento del experimento de campo**

En la preparación del terreno hicieron dos cortes de arado, dos rastrillados y un pase con un arado rotativo. Luego se procedió a la preparación de bancos de una altura de 12 pulgadas. Los arbolitos de papaya se trasplantaron al campo a los 45 días establecido el semillero. Se aplicó un puñado de superfosfato triple en cada hoyo al momento de la siembra. Esta práctica se lleva a cabo para que la planta obtenga nutrientes y desarrolle raíces rápidamente.

En este experimento se utilizó la variedad 'Sunrise Solo' (Figura 3) la cual es una fruta pequeña de pulpa rojiza, excelente sabor y aroma (Zamora, 2005). Esta variedad

fue desarrollada en Hawaii con material de Barbados y Jamaica (Arriola, et al., 1980; Zamora, 1991). Esta variedad es una de las más apetecibles y de mayor valor comercial en el mundo, debido a sus excelentes características de tamaño y sabor (Jiménez, 2002). Su peso promedio es de 500 gramos por fruta (Anónimo 1986, Zamora, 2003). Produce plantas hermafroditas o hembras y puede llegar a producir de 27 a 36 kg por árbol.



Figura 3. Papaya variedad 'Sunrise Solo'

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en un arreglo de parcelas divididas donde las parcelas fueron las fuentes de Ca ( $\text{CaCl}_2$  y  $\text{CaSO}_4$ ) y las subparcelas los niveles de Ca (0, 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.0%). Las plantas se sembraron a una distancia de 0.46-m entre plantas y 1.22-m entre hileras. Cada parcela consistió de cuatro bancos para un total de 16 plantas por parcela.

Se utilizó un sistema de riego por goteo y las plantas se fertilizaron cada dos semanas de N, P y K por fertigración. La fuente de nitrógeno fue urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) aplicada a una razón de 180.70 kg N/ha. La fuente de fósforo fue ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) aplicado a una razón de 33.12 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha y la fuente de potasio fue sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) a razón de 99.70 kg  $\text{K}_2\text{O}$ /ha.

**Tabla 2. Numeración de tratamientos, concentración de Ca y cantidad de reactivo por tratamientos**

Tratamiento	Ca (mg/kg)	$\text{CaCl}_2$ (g)	Tratamiento	Ca (mg/kg)	$\text{CaSO}_4$ (g)
A1	0	0	B1	0	0
A2	0.25	9.17	B2	0.25	10.74
A3	0.5	18.34	B3	0.5	21.48
A4	0.75	27.51	B4	0.75	32.21
A5	1.0	36.68	B5	1.0	42.96

Para el control de los yerbajos se utilizó una podadora con tractor y Round-Up<sup>®</sup>. El glifosato es el ingrediente activo del Round-Up<sup>®</sup> el cual es un herbicida no selectivo de amplio espectro absorbido por las hojas y no por las raíces. En cuanto a otros químicos que se utilizaron al campo se encuentran Trilogy<sup>®</sup> (insecticida, acaricida y fungicida), Triggel<sup>®</sup> (bioestimulante), Kocide<sup>®</sup> (fungicida), Nitro 30<sup>®</sup> (nitrógeno foliar) y Keyplex<sup>®</sup> (elementos menores, fungicida y bioestimulante). Las aplicaciones de herbicidas se hicieron cuando fue necesario y las aplicaciones de plaguicidas cada dos semanas.

Las soluciones de calcio, se prepararon en el laboratorio según la concentración indicada en la Tabla 2. Una vez preparadas las soluciones se colocaron en envases de

plástico para fácil transportación al campo. Se utilizaron cuatro bombas de espalda para las aplicaciones de las soluciones de calcio (Figura 4). Las aplicaciones se efectuaron temprano en la mañana para reducir los riesgos de contaminación de los tratamientos por efecto del viento. Se realizaron de tres aplicaciones foliares de calcio, durante el ciclo de la cosecha. La primera aplicación se realizó a los tres meses después de la siembra y las subsiguientes al cuarto y quinto mes.



Figura 4. Aplicación de calcio al campo



Figura 5. Trabajadores tomando datos en el campo (11 de Febrero de 2008)

### 3.1.3 Toma de datos

Aproximadamente a los seis meses de la siembra, se tomaron datos de los componentes de producción. Los componentes de producción evaluados fueron columna de producción, espacio entre nudos, altura del árbol, diámetro del tallo y número de frutas por árbol (Figura 5). Para cada uno de estos parámetros se tomó el promedio de dos árboles por parcela. La columna de producción se midió desde el punto de crecimiento del árbol de papaya hasta la axila de la última hoja del tallo. La medida del espacio entre nudos se tomó en el mismo centro de la columna de producción con una regla. El diámetro del tallo se tomó a unas 12 pulgadas del suelo con un calibrador.



Figura 6. Trabajadores de campo en el proceso de cosecha de la papaya

Las cosechas se realizaron a intervalos de aproximadamente 10 días comenzando ocho meses después de la siembra para un total de siete cosechas

(Figura 6). En cada pase se cosecharon las ocho plantas del centro de la parcela y se escogieron todas las frutas maduras y las que mostraban rasgo de comenzar a madurarse. En cada cosecha se cuantificó el número de frutas y el peso promedio de frutas por parcela.

### 3.2 Análisis a la fruta

Se midió la firmeza de la fruta utilizando el instrumento *Texture Analyser TA-XT2* (Figura 7-B-C), una máquina universal usando el teclado *Stable Microsystems* y el sistema operativo *Texture Expert* (Valero y Ruiz, 2000). Esta prueba se realizó a dos frutas por parcela, un día después de cada cosecha. Las pruebas de firmeza de la fruta se realizaron en las facilidades del Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos del Colegio de Ciencias Agrícolas.

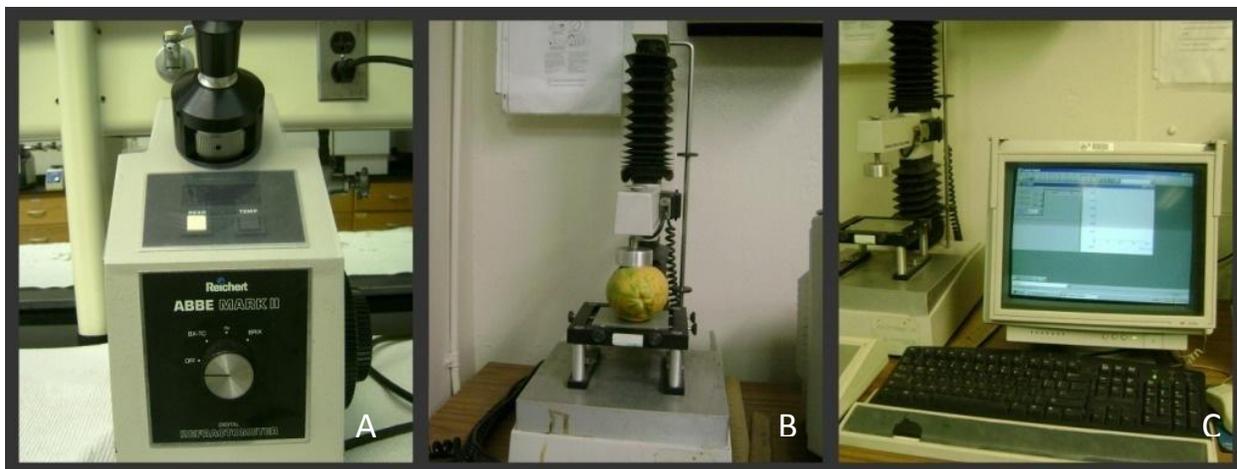


Figura 7. Instrumentos utilizados en el análisis de la fruta (A) refractómetro digital Reichert ABBE Mark II; (B-C) instrumento Texture Analyser TA-XT2 para medir textura usando el teclado Stable Microsystems y el sistema operativo Texture Expert

La prueba de acidez titulable se realizó con una solución de NaOH 0.1N. Para estas pruebas se tomaron cinco frutas maduras por parcela, se pelaron y se le

extrajeron las semillas, se cortaron en trozos y se preparó un licuado del cual se tomó una muestra de 25 ml del extracto de papaya de cada tratamiento. Se tomó una alícuota de 5 ml del extracto de la fruta y se diluyeron en 100 ml de agua destilada. Luego se le añadió 3 gotas de fenolftaleína para así ser titulada la muestra. También se determinó el total de sólidos solubles (°Brix) en la fruta. Para esto se utilizó un refractómetro digital *Reichert ABBE Mark II* (Figura 7-A).

### **3.3 Análisis de tejido**

A los cinco meses luego de la siembra se realizó un muestreo foliar para determinar el contenido de nutrimentos en las hojas. La muestra consistió de dos hojas sanas del centro de la columna de producción de dos árboles por parcela. Las hojas se colocaron en bolsas de papel y se secaron al horno a 65 °C durante 48 horas. Las muestras fueron procesadas en un molino de tejido *Laboratory Mill, Standard Bench Model*, Thomas-Wiley a 800 rpm (Figura 8).

Estas muestras fueron enviadas al Laboratorio Central Analítico de la Estación Experimental de Río Piedras donde realizaron los análisis. Se determinó las concentraciones de calcio, nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio. El calcio, potasio, magnesio y fosforo se extrajeron mediante el proceso de “dry ashing” donde las muestras de tejido se sometieron a un proceso de quemado en una mufla a 550 °F por 5 horas. Luego se sometieron a un proceso de digestión en HCl al 33% por una hora. El extracto se filtró y se llevó a un volumen de 100 ml.



Figura 8. Proceso análisis de tejido (A-B) Hojas colocadas en bolsas de papel y secadas al horno a 65 °C durante 48 horas; (C-D) muestras procesadas en un molino de tejido *Laboratory Mill, Standard Bench Model*, Thomas-Wiley.

La concentración de calcio, potasio, magnesio y fósforo se determinó utilizando un espectrómetro de absorción atómica de *Thermo Corporation*. El nitrógeno se extrajo por el método de “wet ashing” donde la muestra se digirió con  $H_2SO_4$  y se calentó por 2 horas a 350 °F, el extracto se filtró y se llevó a un volumen de 50 ml. La concentración de nitrógeno se determinó por colorimetría utilizando el QuickChem 8500 de *Lachat Instrument*.

### 3.4 Análisis de suelo

Se tomó una muestra de suelo por cada parcela a una profundidad de 15 cm. Estas muestras se colocaron en bolsas plásticas y luego secadas al aire, procesadas en un molino y llevadas al laboratorio (Figura 9). Para medir pH se preparó una mezcla de agua y suelo a una razón 2:1 utilizando 5-g de suelo y 10-ml de agua destilada. Esta mezcla se agitó por 10 minutos y luego se midió pH en el metro de pH *Toledo Model SevenMulti*. Para la conductividad eléctrica se tomaron 100-g de suelo y se le añadió agua destilada hasta formar una pasta saturada que al mover el envase el suelo se moviera lentamente reflejando la luz y luego se filtró al vacío. La conductividad eléctrica se leyó en un puente de conductividad *Mettler Toledo* modelo *Seven Easy*.

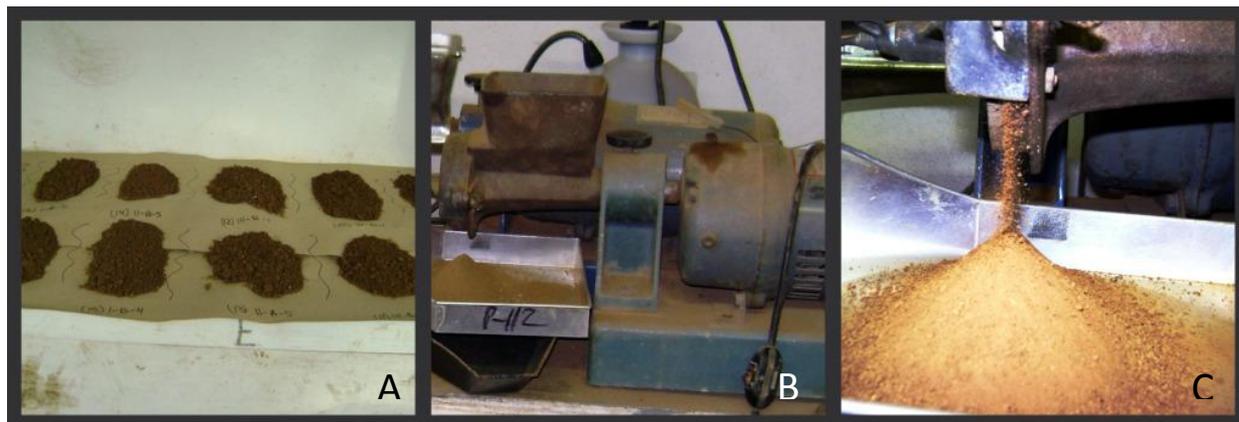


Figura 9. Proceso análisis de suelo (A) muestras de suelo secadas al aire; (B-C) procesadas en un molino

Para determinar la saturación de bases (K, Ca, Mg) se preparó una extracción utilizando 5-g de suelo y 30-ml de 0.2 M Cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). Se agitó la muestra por 5 minutos, se centrifugó por 5 minutos a 2,500 rpm, el sobrenadante se decantó en una volumétrica de 250-ml con un embudo y papel de filtro Whatman #42. Esto se repitió por 4 veces y luego se llevó a volumen (250 ml) con  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . La

saturación de bases se determinó por espectroscopia de absorción atómica usando un espectrofotómetro *Perkin Elmer Model AAnalyst 300*. Este análisis fue realizado en la Estación Agrícola USDA- ARS- TARS.

La determinación del fósforo disponible se realizó por el método Bray I. Este método envuelve una extracción con una solución ácida y luego se determinó el contenido de fósforo por colorimetría. Para esto se utilizó 1-g de suelo al cual se le añadieron 10-ml de solución Bray I y luego se agitó por cinco minutos. La solución Bray I está compuesta por 0.025N HCl y 0.03N NH<sub>4</sub>F. La muestra se centrifugó a 2,500-rpm por 5-min y se filtró a través de papel de filtro Whatman #42. Para la determinación de fósforo se tomaron 2-ml del filtrado y se colocaron en un tubo de centrifuga de 15-ml con 8-ml de la solución desarrolladora de color (molybdate acid stock solution + ascorbic acid stock solution) y se esperó 10-min para desarrollar el color. Se preparó una curva de calibración con los siguientes estándares (0 (blanco), 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 mg/kg) y así interpolar nuestros resultados. La lectura se realizó en espectrofotómetro Thermo Spectronic modelo Genesys 20.

### **3.5 Análisis estadísticos**

Los análisis estadísticos que se realizaron fueron ANOVA y DMS Fisher utilizando los programas de computadora InfoStat y SAS.

## Capítulo 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Componentes de producción

Cuando fueron realizados los análisis para medir los componentes de producción (Tabla 3) se observaron diferencias significativas en la altura del árbol, siendo el tratamiento de  $\text{CaCl}_2$  al 0% mayor que los demás con 2.70-m. El tratamiento que produjo árboles más pequeños fue el de  $\text{CaCl}_2$  al 0.25% con 2.36-m. Cuando observamos el largo de la columna de producción se puede observar que el que produjo mejor resultado fue el tratamiento de  $\text{CaCl}_2$  al 0% con 2.35-m y el que produjo menor crecimiento fue el de  $\text{CaCl}_2$  al 0.50% con 1.98-m sin observar diferencia relevante.

El espacio entre nudos observamos que de igual manera no hay diferencia significativa entre los tratamientos siendo mayor el tratamiento de  $\text{CaCl}_2$  al 0% con 5.55-cm y el menor fue el de  $\text{CaCl}_2$  al 0.50% con 4.69-cm. Se observó el mismo comportamiento que en el largo de la columna. En los resultados del diámetro del tallo se observó que el tratamiento que produjo tallos más robustos fue  $\text{CaCl}_2$  al 0% con 9.84-cm y el menor fue  $\text{CaSO}_4$  al 0.50% con 8.28-cm.

Cuando analizamos los componentes de producción en general podemos observar que las plantas de papaya se desarrollaron mejor cuando no se les aplicaba ninguna forma de Calcio. Cuando analizamos el comportamiento del  $\text{CaCl}_2$  podemos

Tabla 3. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre el crecimiento de árboles de papaya (*Carica papaya*)

TRATAMIENTO	FUENTE Ca	NIVEL	Altura del árbol (m)	Largo columna producción (m)	Espacio entre nudos (cm)	Diámetro del tallo (cm)
1	CaCl <sub>2</sub>	0%	2.70 B	2.35 A	5.55 A	9.84 A
2	CaCl <sub>2</sub>	0.25%	2.36 A	2.03 A	5.00 A	9.14 A
3	CaCl <sub>2</sub>	0.50%	2.44 AB	1.98 A	4.69 A	8.98 A
4	CaCl <sub>2</sub>	0.75%	2.55 AB	2.22 A	4.77 A	9.38 A
5	CaCl <sub>2</sub>	1.0%	2.60 AB	2.21 A	5.31 A	9.38 A
6	CaSO <sub>4</sub>	0%	2.57 AB	2.08 A	4.97 A	9.77 A
7	CaSO <sub>4</sub>	0.25%	2.54 AB	2.13 A	5.16 A	9.14 A
8	CaSO <sub>4</sub>	0.50%	2.61 AB	2.19 A	5.23 A	8.28 A
9	CaSO <sub>4</sub>	0.75%	2.65 AB	2.20 A	5.39 A	8.98 A
10	CaSO <sub>4</sub>	1.0%	2.52 AB	2.15 A	5.00 A	9.23 A

DMS Fisher = (Diferencia Mínima Significativa) *Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)*

Alfa=0.05 DMS=0.31110 Error: 0.0454 gl: 24 (Altura árbol)

Alfa=0.05 DMS=0.37626 Error: 0.0665 gl: 24 (Largo col prod)

Alfa=0.05 DMS=1.16354 Error: 0.6356 gl: 24 (Espacio entre nudos)

Alfa=0.05 DMS=1.79398 Error: 1.5111 gl: 24 (Diámetro tallo)

ver que cuando aplicamos  $\text{CaCl}_2$  al 1.0% las plantas de papaya se desarrollaron mejor. Al observar el  $\text{CaSO}_4$  podemos observar que al aplicar  $\text{CaSO}_4$  al 0.50% y 0.75% las plantas se desarrollaron mejor.

#### 4.2 Rendimiento de cosecha

Tabla 4. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre el número de frutas de papaya (*Carica papaya*) por hectárea

TRATAMIENTO	FUENTE Ca	NIVEL	Núm. Fruta/hectárea
1	$\text{CaCl}_2$	0%	58,728 AB
2	$\text{CaCl}_2$	0.25%	54,693 A
3	$\text{CaCl}_2$	0.50%	43,261 A
4	$\text{CaCl}_2$	0.75%	65,453 AB
5	$\text{CaCl}_2$	1.0%	86,747 B
6	$\text{CaSO}_4$	0%	57,383 AB
7	$\text{CaSO}_4$	0.25%	73,298 AB
8	$\text{CaSO}_4$	0.50%	64,332 AB
9	$\text{CaSO}_4$	0.75%	70,608 AB
10	$\text{CaSO}_4$	1.0%	54,021 A

DMS Fisher = (Diferencia Mínima Significativa) *Letras distintas indican diferencias significativas* ( $p <= 0.05$ ) Alfa=0.05 DMS=31170.16897 Error: 456175189.8325 gl: 24

El número de frutas/ha presentó un promedio mayor cuando se aplicó el tratamiento de  $\text{CaCl}_2$  al 1% con 86,747 frutas/ha (Tabla 4), sin embargo, la misma concentración de  $\text{CaSO}_4$  resultó en el número más bajo de frutos para esta fuente de

Ca. El tratamiento con menor frutas/hectárea fue el de  $\text{CaCl}_2$  al 0.50% con 43,261 frutas/hectárea. Aquí podemos observar la diferencia entre ambas fuentes.

Tabla 5. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre el peso de la fruta (g) y el rendimiento por hectárea de frutas de papaya (*Carica papaya*)

TRATAMIENTO	FUENTE Ca	NIVEL	Peso (g)	Rendimiento (kg/ha)
1	$\text{CaCl}_2$	0%	252.03 A	24,979.37 AB
2	$\text{CaCl}_2$	0.25%	260.66 A	20,784.62 A
3	$\text{CaCl}_2$	0.50%	273.65 A	19,976.62 A
4	$\text{CaCl}_2$	0.75%	252.10 A	27,489.34 AB
5	$\text{CaCl}_2$	1.0%	272.58 A	41,672.40 B
6	$\text{CaSO}_4$	0%	255.04 A	23,483.70 A
7	$\text{CaSO}_4$	0.25%	269.68 A	33,248.52 AB
8	$\text{CaSO}_4$	0.50%	256.03 A	28,813.09 AB
9	$\text{CaSO}_4$	0.75%	237.64 A	29,930.55 AB
10	$\text{CaSO}_4$	1.0%	245.24 A	19,564.02 A

DMS Fisher = (Diferencia Mínima Significativa) *Letras distintas indican diferencias significativas* ( $p < 0.05$ ) Alfa=0.05 DMS=40.18183 Error: 758.0761 gl: 24

El peso promedio (g) de la fruta de papaya no varió significativamente con los tratamientos. La aplicación de  $\text{CaCl}_2$  al 0.50% y al 1% resultó en valores 273.65 y 272.58 g/fruta respectivamente (Tabla 5), produciendo las frutas de mayor peso. El tratamiento que produjo las frutas con menor peso fue el de  $\text{CaSO}_4$  al 0.75% con 237.64 g/fruta. El tamaño del fruto dependerá de las exigencias del mercado de destino, pues para el consumo como fruta fresca, la papaya del grupo Solo en el mercado es preferida con un peso medio de 460 a 690 g (Alonso, et. al., 2008). En la

Tabla 5 podemos observar que el tratamiento con  $\text{CaCl}_2$  que más afecto la variable peso fue  $\text{CaCl}_2$  al 0.50%, mientras que con  $\text{CaSO}_4$  la mejor respuesta se obtuvo con 0.25%.

En el caso del rendimiento por parcela observamos que el tratamiento que mayor rendimiento produjo fue el de  $\text{CaCl}_2$  al 1.0% con 41,672.40 kg/ha. En esta variable vimos diferencia significativa entre los tratamientos. Podemos observar en el  $\text{CaCl}_2$  que partiendo desde el tratamiento de 0% y hasta el tratamiento de 0.50% el rendimiento fue decayendo. Luego observamos que al realizar los otros dos tratamientos el rendimiento fue aumentando. Contrario al tratamiento de  $\text{CaCl}_2$  al 1.0% el de  $\text{CaSO}_4$  al 1.0% con 19,564.02 kg/ha fue el que produjo menor rendimiento en las frutas. Podemos observar una diferencia significativa entre el tratamiento de  $\text{CaCl}_2$  al 1.0% y el  $\text{CaSO}_4$  al 1.0% pues con  $\text{CaCl}_2$  podemos obtener mayor rendimiento en comparación con la otra fuente.

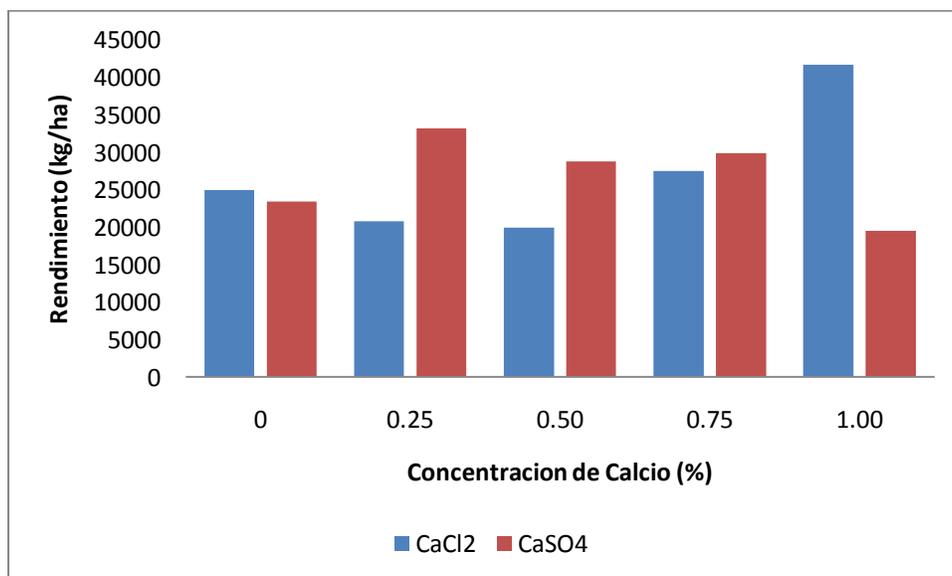


Figura 10. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre el rendimiento por hectárea

Luego de cosechadas, las frutas fueron expuestas a dos temperaturas durante un día. Un grupo de frutas fueron colocadas en un refrigerador a una temperatura de 12°C y otro grupo de frutas fueron colocadas en un salón en la Estación Experimental Agrícola en Isabela a 26°C. En la temperatura de 26°C el tratamiento que produjo frutas más firmes fue el de CaSO<sub>4</sub> al 0%, o sea que cuando no se hicieron aplicaciones de Ca las frutas resultaron más firmes. Las frutas de este tratamiento resistieron la fuerza de 75.12 Newton (N). Otro tratamiento que se comportó similar a este fue el de CaCl<sub>2</sub> al 0.50% produciendo casi la misma fuerza que el tratamiento antes mencionado. El tratamiento que produjo frutas menos firmes fue el de CaCl<sub>2</sub> al 0.75%. Las frutas de este tratamiento solo resistieron la fuerza de 40.32 N.

Tabla 6. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre la textura de las frutas de papaya (Carica papaya) expuestas a temperaturas de 26°C y 12°C

TRATAMIENTO	FUENTE Ca	NIVEL	26°C (N)	12°C (N)
1	CaCl <sub>2</sub>	0%	50.68 A	84.63 AB
2	CaCl <sub>2</sub>	0.25%	48.72 A	63.26 A
3	CaCl <sub>2</sub>	0.50%	69.98 A	75.21 AB
4	CaCl <sub>2</sub>	0.75%	40.32 A	61.70 A
5	CaCl <sub>2</sub>	1.0%	53.53 A	87.41 AB
6	CaSO <sub>4</sub>	0%	75.12 A	114.78 B
7	CaSO <sub>4</sub>	0.25%	46.46 A	53.05 A
8	CaSO <sub>4</sub>	0.50%	54.54 A	88.52 AB
9	CaSO <sub>4</sub>	0.75%	47.65 A	71.72 AB
10	CaSO <sub>4</sub>	1.0%	61.50 A	94.28 AB

DMS Fisher = (Diferencia Mínima Significativa) *Letras distintas indican diferencias significativas* ( $p <= 0.05$ )

Alfa=0.05 DMS=37.02330 Error: 643.5815 gl: 24 (26°C)

Alfa=0.05 DMS=50.28292 Error: 1187.1191 gl: 24 (12°C)

En la temperatura de 12°C el tratamiento que mayor firmeza mostró fue  $\text{CaSO}_4$  al 0%. Las frutas de este tratamiento resistieron la fuerza de 114.78 N. Este fue significativamente diferente al resto de los tratamientos. Los tratamientos que produjeron menor firmeza fueron los de  $\text{CaCl}_2$  al 0.25, 0.75% y  $\text{CaSO}_4$  al 0.25%. Estos de igual forma fueron significativamente diferentes al resto de los tratamientos.

### **4.3 Análisis de la fruta**

A las frutas de papaya se le realizaron análisis para la determinación del contenido de azúcares o sólidos solubles totales (°Brix) y acidez titulable (%) (Tabla 7). El análisis de los sólidos solubles totales y la acidez titulable, son parámetros esenciales para determinar la calidad de la fruta. El contenido de sólidos solubles totales es buen indicador del contenido de azúcar en las frutas, ya que ésta medida representa más del 90% de la materia soluble en la mayoría de ellos. Una fruta de papaya tiene como promedio de 12 a 17 °Brix.

En esta investigación los valores fluctuaron entre 11.25 y 14.45 °Brix. Los resultados reflejaron que el tratamiento  $\text{CaCl}_2$  al 0% produjo frutas con mayores azúcares, con 14.45 °Brix. Estos valores son considerados altos, pues para el mercado de exportación se recomienda valores de 11.5 (Nakasone y Paull, 1998; Alonso, et. al., 2008). Alonso, et. al., (2008) encontraron valores entre 10.6 y 13.3 °Brix, lo que concuerda con los resultados encontrados en el presente estudio. Fagundes y Yamanishi (2001) obtuvieron valores que oscilan entre 9.9 y 12.5 °Brix con papaya de la variedad Solo, mientras, Saborio, et. al., (2000) observaron que a mayor concentración de  $\text{CaCl}_2$  el °Brix disminuía.

Tabla 7. Efecto de Fuentes y niveles de Ca sobre la calidad de frutas de papaya (*Carica papaya*)

TRATAMIENTO	Fuente Ca	Nivel	Total sólidos soluble (°BRIX)	Acidez Titulable (%)
1	CaCl <sub>2</sub>	0%	14.45 B	4.37 AB
2	CaCl <sub>2</sub>	0.25%	12.78 AB	4.16 AB
3	CaCl <sub>2</sub>	0.50%	12.88 AB	4.75 AB
4	CaCl <sub>2</sub>	0.75%	11.65 A	3.92 AB
5	CaCl <sub>2</sub>	1.0%	12.76 AB	4.56 AB
6	CaSO <sub>4</sub>	0%	11.25 A	3.95 AB
7	CaSO <sub>4</sub>	0.25%	13.09 AB	3.73 A
8	CaSO <sub>4</sub>	0.50%	11.70 A	3.58 A
9	CaSO <sub>4</sub>	0.75%	13.31 AB	4.56 AB
10	CaSO <sub>4</sub>	1.0%	12.28 AB	4.97 B

DMS Fisher = (Diferencia Mínima Significativa) *Letras distintas indican diferencias significativas* ( $p \leq 0.05$ )

Alfa=0.05 DMS=2.71029 Error=3.4489 gl=23 (Brix)

Alfa=0.05 DMS=1.21076 Error=0.6657 gl=23 (Acidez titulable)

La acidez titulable representa los ácidos orgánicos presentes que se encuentran libres y se mide neutralizando los extractos de frutas con una base fuerte. Es importante señalar que la acidez de la papaya es baja y no repercute en la calidad de la fruta (Alonso, et. al., 2008). En los análisis de la acidez titulable se pudo observar que el tratamiento con menor porcentaje de acidez titulable fue el de CaSO<sub>4</sub> al 0.50%. Los valores de acidez titulable fluctuaron entre 3.58 y 4.97%. La aplicación de CaSO<sub>4</sub> al 1% resultó en un aumento significativo en acidez al compararlo con los tratamientos de CaSO<sub>4</sub> al 0.25% y al 0.50%. Los resultados demostraron diferencias significativas entre los tratamientos de Ca para la concentración de sólidos solubles. Sin embargo, estas diferencias no demostraron una tendencia específica con los tratamientos de Ca. Al

igual que en estudios anteriores, la utilización de  $\text{CaCl}_2$  asperjado redujo la concentración de sólidos solubles en la papaya. En  $\text{CaSO}_4$  no se observó el mismo efecto que el  $\text{CaCl}_2$  sobre la concentración de sólidos solubles totales. Los resultados no demuestran una clara tendencia en este aspecto. Mediante los estudios realizados podemos observar que el Ca no tuvo efecto relevante en ninguno de los parámetros de calidad de fruta. De esta misma forma en el trabajo realizado con cherries por Brown et al., (1996) notaron que las aplicaciones de Ca realizadas a las 3 y 6 semanas después de la florecida no tuvieron efecto significativo en ninguno de los parámetros de calidad de fruta.

#### **4.4 Análisis de tejido**

No se observaron diferencias relevantes en la concentración de N (Figura 11), P (Figura 12), K (Figura 13), Ca (Figura 14) y Mg (Figura 15) en las muestras de tejido entre los tratamientos de fuentes de Ca. La mayor concentración de N se obtuvo en el tratamiento de  $\text{CaCl}_2$  al 0.25% y el tratamiento con menor concentración de N fue el de  $\text{CaSO}_4$  al 0%. La mayor concentración de P se obtuvo en el tratamiento de  $\text{CaCl}_2$  al 0% y la de menor concentración fue en el tratamiento de  $\text{CaCl}_2$  al 0.50%, siendo significativamente diferente a los demás.

En la concentración de K podemos ver que el tratamiento que resultó con mayor concentración de éste fue  $\text{CaCl}_2$  al 0% y el de menor concentración fue  $\text{CaCl}_2$  al 0.50%, no habiendo diferencia significativa en ningún tratamiento. En la concentración de Ca observamos que los tratamientos que mayor concentración obtuvieron fueron el de  $\text{CaCl}_2$  al 0%, 0.75%, 1.0% y  $\text{CaSO}_4$  al 0%. Estos fueron significativamente diferentes al

resto de los tratamientos (DMS=0.74260). El tratamiento con menor concentración de Ca fue CaCl<sub>2</sub> al 0.25%.

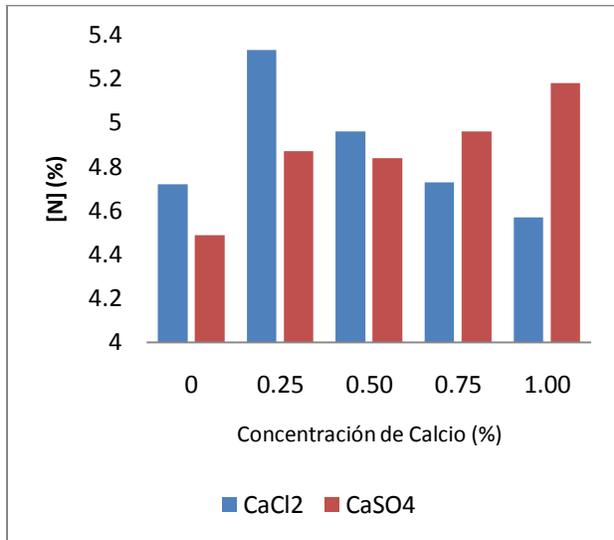


Figura 11. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre la concentración de nitrógeno (N) en el tejido de papaya (Carica papaya)

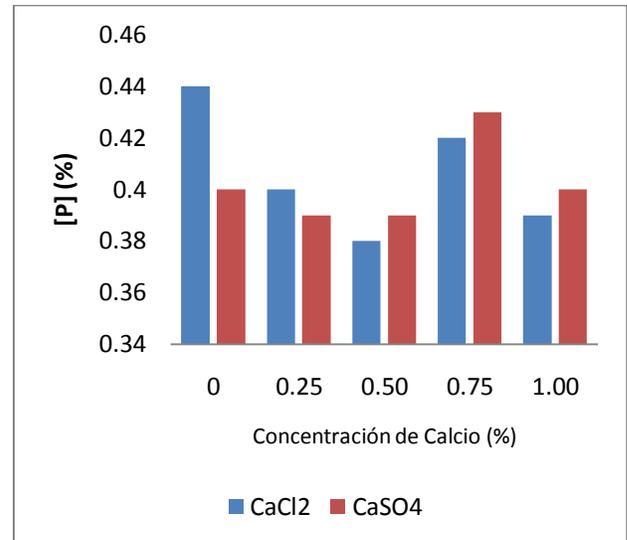


Figura 12. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre la concentración de fósforo (P) en el tejido de papaya (Carica papaya)

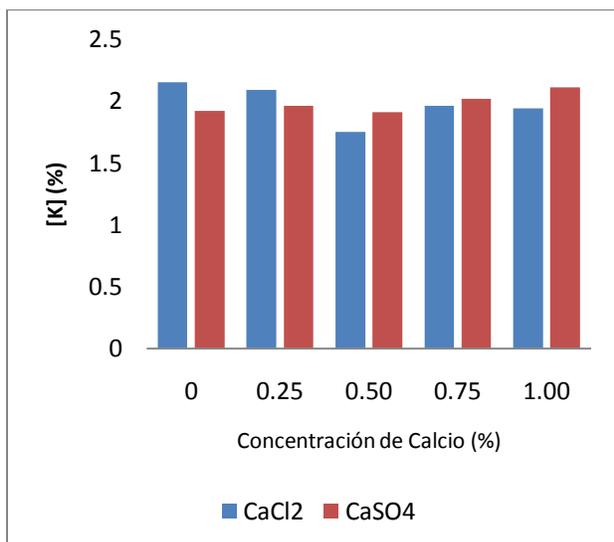


Figura 13. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre la concentración de potasio (K) en el tejido de papaya (Carica papaya)

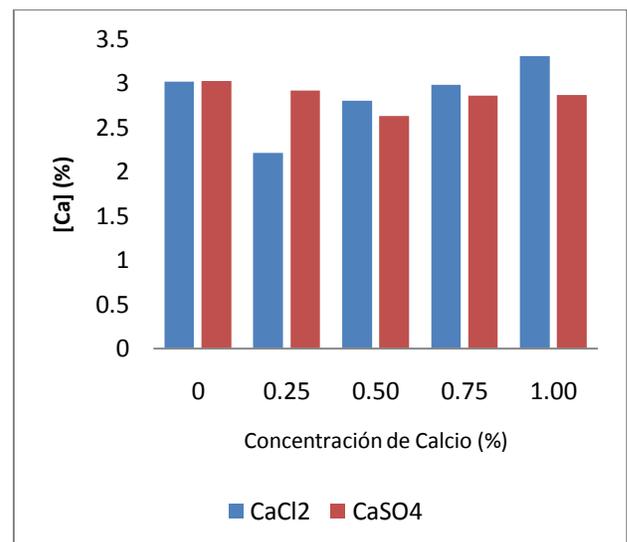


Figura 14. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre la concentración de calcio (Ca) en el tejido de papaya (Carica papaya)

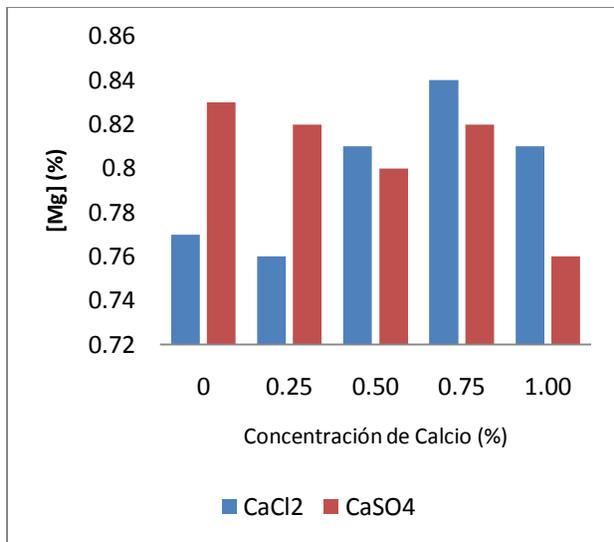


Figura 15. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre la concentración de magnesio (Mg) en el tejido de papaya (Carga papaya)

Cuando observamos la concentración de Mg observamos que es una baja y no existe diferencia significativa entre los tratamientos. La mayor concentración de Mg se obtuvo con el tratamiento de CaCl<sub>2</sub> al 0.75% y la menor concentración de Mg fueron los tratamientos de CaCl<sub>2</sub> al 0.25% y CaSO<sub>4</sub> al 1.0%. Si observamos todos los nutrientes en conjunto observamos que el tratamiento que más afectó el contenido de nutrientes fue el de CaCl<sub>2</sub> al 0% y el tratamiento que menor los afectó fue el de CaCl<sub>2</sub> al 0.50%. Observamos que cuando no se hicieron aplicaciones de calcio fue cuando los nutrientes se vieron reflejados en el tejido.

#### 4.5 Análisis de suelo

Cuando analizamos el pH del suelo no se observaron diferencias significativas. El pH del suelo se mantuvo en un rango desde 5.85 a 6.19. En la conductividad eléctrica del suelo Coto los valores fluctuaron entre 171.83 y 485.85 mmhos/cm (Tabla

8). Se observó diferencia significativa entre el tratamiento de  $\text{CaCl}_2$  al 0.50% y  $\text{CaCl}_2$  al 0.75%. Cuando hacemos énfasis en el efecto de las aplicaciones de calcio sobre la nutrición del suelo podemos ver que no hubo diferencia relevante en ninguno de los nutrientes analizados. Observamos que el nutriente en mayor contenido en el suelo fue Ca, siendo este el que se aplicaba foliarmente (Tabla 8). El calcio es el nutriente que se observa en mayor cantidad ya que al aplicar esta base (Ca) ocupa todos los sitios de intercambio y tiende a desplazar los demás nutrientes. Es por esto que cuando los analizamos vamos a ver mayor concentración de Ca en el suelo.

Al concluir este estudio sobre el comportamiento del Ca en la calidad y el rendimiento de la fruta de papaya podemos decir no se observaron diferencias relevantes en ninguno de los aspectos estudiados. Observamos que tanto los tratamientos que se añadía Ca como los que no se añadía se comportaron relativamente iguales. En la mayoría de los casos, los tratamientos ausentes de Ca desarrollaron mejores resultados.

Tabla 8. Efecto de fuentes y niveles de Ca sobre las propiedades y nutrición del suelo en una plantación de frutas de papaya (Carica papaya)

TRATAMIENTO	FUENTE Ca	NIVEL	pH	Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	P (ppm)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)
1	CaCl <sub>2</sub>	0%	6.09 A	239.15 AB	10.26 A	0.53 A	6.29 A	0.84 A
2	CaCl <sub>2</sub>	0.25%	5.87 A	278.53 AB	13.02 A	0.62 A	5.79 A	0.89 A
3	CaCl <sub>2</sub>	0.50%	5.85 A	171.83 A	9.67 A	0.53 A	5.45 A	0.97 A
4	CaCl <sub>2</sub>	0.75%	6.07 A	485.85 B	12.14 A	0.55 A	6.41 A	0.81 A
5	CaCl <sub>2</sub>	1.0%	5.98 A	201.15 AB	8.05 A	0.60 A	5.80 A	0.96 A
6	CaSO <sub>4</sub>	0%	6.09 A	272.95 AB	14.03 A	0.53 A	6.41 A	0.80 A
7	CaSO <sub>4</sub>	0.25%	5.86 A	240.43 AB	16.16 A	0.58 A	5.44 A	0.92 A
8	CaSO <sub>4</sub>	0.50%	5.93 A	392.20 AB	15.35 A	0.58 A	5.10 A	0.89 A
9	CaSO <sub>4</sub>	0.75%	5.94 A	369.88 AB	20.52 A	0.58 A	5.64 A	0.92 A
10	CaSO <sub>4</sub>	1.0%	6.19 A	352.10 AB	15.35 A	0.54 A	6.55 A	0.80 A

DMS Fisher = (Diferencia Mínima Significativa) *Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)*

Alfa=0.05 DMS=1.04166 Error=0.5095 gl=24 (pH)

Alfa=0.05 DMS=306.26824 Error=44041.0113 gl=24 (cond. elec)

Alfa=0.05 DMS=14.41290 Error=97.5340 gl=24 (P)

Alfa=0.05 DMS=0.14688 Error: 0.0101 gl: 24 (K)

Alfa=0.05 DMS=2.33987 Error: 2.5706 gl: 24 (Ca)

Alfa=0.05 DMS=0.21294 Error: 0.0213 gl: 24 (Mg)

## Capítulo 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según nuestros objetivos de desarrollar información para identificar la fuente y el nivel ideal para mejorar el rendimiento y la calidad de la papaya y para hacer recomendaciones a los agricultores para mejorar la calidad de la papaya en sus producciones la información generada es la siguiente:

- En este experimento no hubo diferencia significativa entre la aplicación de fuentes de calcio a las frutas de papaya y la no aplicación en ninguno de los factores estudiados.
- El tratamiento que produjo mayor número de frutas por hectárea fue el de  $\text{CaCl}_2$  al 1.0%.
- No se observó una diferencia relevante en el peso de la fruta según los tratamientos.
- A temperatura de nevera ( $12^\circ\text{C}$ ) se observó mayor firmeza en las frutas que cuando se expusieron a temperatura de salón ( $26^\circ\text{C}$ ).
- Las fuentes de Ca no reflejaron cambios significativos en las azúcares de las frutas (total de sólidos solubles).
- Es necesario hacer más investigación sobre la acción del Ca en las frutas tropicales, específicamente la papaya.

Aunque se han realizado investigaciones sobre la acción del Ca en las frutas se debe hacer más trabajos relacionados a la papaya pues con esta fruta hay muchas

interrogantes y es una fruta que necesita mejorar su firmeza. Recomendamos que se realicen trabajos utilizando otras fuentes de calcio y utilizar concentraciones mayores de calcio para así observar mayor diferencia. Es recomendable identificar los factores ambientales que afectan las plantas y frutas de papaya para que estos no afecten el rendimiento de las plantas. También es importante considerar variedades de papaya más resistentes a enfermedades. En adición, se puede realizar este tipo de trabajo con otras frutas para así también ver la acción del calcio en éstas.

Consideramos que el problema de la firmeza de la fruta podría tratarse haciendo estudios con otros nutrimentos que tengan relación con la pared celular. En este caso el Ca parece no ser la solución inmediata para mejorar la calidad y el rendimiento de la fruta de papaya.

## Capítulo 6: BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, A (1995). Efecto de la gallinaza sobre los componentes de producción y rendimiento de la papaya (*Carica papaya L.*) Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P.R.
2. Acosta, A. (2000). Efecto de niveles de nitrógeno en los componentes de producción y rendimiento de papaya. Sociedad Caribeña de Cultivos Alimenticios.
3. Anónimo (1986). La Papaya. Agricultura de las Américas, Nov. – Dic.; año 35, No. 11
4. Alas, G., Bustamante, E. (1993). Efecto del fósforo y del Ca en la severidad del tizón temprano (*Alternaria solani*) en tomate, a nivel de invernadero. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 29: 1-5
5. Alcaraz, C., M. Botia, C. Alcaraz and F. Riquelme (2003). Effects of foliar sprays containing calcium, magnesium and titanium on plum (*Prunus domestica L.*) fruit quality. J. Plant Physiol. 160 1441-1446
6. Almodóvar, W.I., (2000). Enfermedades más comunes de la papaya. Boletín Clínica al Día, Servicio de Extensión Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, UPR-RUM.
7. Alonso, M., Y. Tornet, M. Aranguren, R. Ramos, K. Rodríguez y M. Pastor (2008). Caracterización de los frutos de cuatro cultivares de papaya del grupo solo, introducidos en Cuba. Agronomía Costarricense 32(2): 169-175
8. Arguello, D., M. Murillo y F. Cavallini (1997). Efecto del calcio en aplicación pre cosecha
9. Arriola, M.C., J. F. Calzada, J. F. Menchu, C. Rolz, R. García, and S. de Cabrera (1980). The Papaya. Nagy. Shaw, Tropical and subtropical fruits. AVI, Westport, Connecticut; pp. 316-340
10. Brown, G., A. Kitchener, W. McGlasson and S. Barnes (1996). The effects of copper and calcium foliar sprays on cherry and apple fruit quality. Scientia Horticulturae 67 219-227
11. Brunner, B. (1994). Nuevas variedades de papaya para Puerto Rico. Memorias Foro: Cultivo, Producción y Manejo de la Papaya. 20 Mayo 1994 Colegio Regional de Aguadilla

12. Castellano, G., O. Quijada, R. Ramírez, y E. Sayago (2005). Comportamiento poscosecha de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) tratados con cloruro de calcio y agua caliente en dos temperaturas de almacenamiento. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, enero, 2005 Vol.6 Núm. 002. Pág. 78-82
13. Castellano, G., O. Quijada, C. Marín y R. Camacho (2005). Fertilidad precosecha con fuentes de calcio sobre la firmeza y calidad de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, enero, 2005 Vol.6 Núm. 002. Pág. 72-77
14. Ceballos, G., P. Talens y A. Chiralt (1999). Vida útil de papaya mínimamente procesada. Influencia del ion calcio. Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia.
15. Chardonnet, C. O., C. S. Charron, C. E. Sams and W. S. Conway (2002). Chemical changes in the cortical tissue and cell walls of calcium-infiltrated 'Golden Delicious' apples during storage. Postharvest Biology and Technology 28 (2003) 97-111
16. Estación Experimental Agrícola (1987). Conjunto tecnológico para la producción de papayas, (1987). Estación Experimental Agrícola, Rio Piedras, Puerto Rico.
17. Ferguson, I. and B. Drobak (1988). Calcium and the regulation of plant growth and senescence. HortScience 23(2):262-266
18. Hamilton, R. and P. Ito (1968). Sunrise Solo A different colored Solo papaya. University of Hawaii, Hawaii Agriculture Experiment Station, Circular 69 Aug 1968
19. Hepler, P. K. (2005). Calcium: A central regulator of plant growth and development. Plant Cell 2005 August 17(8) Pág 2142-2155
20. Hepperly, P. R. y J. Esnard (1994). Papaya para exportación: métodos para empaque y tratamientos post-cosechas para reducir las pérdidas en calidad. Memorias Foro: Cultivo, Producción y Manejo de la Papaya. 20 Mayo 1994 Colegio Regional de Aguadilla
21. Jiménez J. A. (2002). Manual práctico para el cultivo de la papaya hawaiana. Primera edición Editorial EARTH Costa Rica
22. Llorens, A. A. y J. Vicente-Chandler (1976). Resultados económicos de la aplicación de un conjunto tecnológico en el cultivo de la papaya en la zona de la altura. Publicación 100. Estación Experimental Agrícola, Rio Piedras, Puerto Rico
23. Manganaris, G. A., M. Vasilakakis, I. Mignani, G. Diamantidis and K. Tzavella-Klonari (2005). The effect of preharvest calcium sprays on quality attributes, physicochemical aspect of cell wall components and susceptibility to Brown rot of

- peach fruits (*Prunus pérsica* L. cv. *Andross*). Food Chemistry, Volume 100, Issue 4, 2007, Pages 1385-1392
24. Márquez, P. E. (1994). Experiencias en siembras semicomerciales de papaya Solo variedad "Sunrise" en la Estación Experimental Agrícola, en Isabela. Memorias Foro: Cultivo, Producción y Manejo de la Papaya. 20 Mayo 1994 Colegio Regional de Aguadilla
  25. McGuire, R. and A. Kelman (1986). Calcium in potato tuber cell walls in relation to tissue maceration by *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica*. Phytopathology 76 (4): 401-406.
  26. Morton, J. F. (1987). Papaya *Carica papaya* L. Fruits of warm climates. p. 336–346 [http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/papaya\\_ars.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/papaya_ars.html)
  27. Poovaiah, B. (1986). Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetable. Food Technology p. 86-89
  28. Ramírez, O. (1965). Para la mayor producción de papaya. Agricultura de las Américas, 14 (7): 35-40
  29. Rodrigues, G. and O. Kiyoshi (2001). Physical and chemical characteristics of fruits of papaya from 'Solo' group commercialized in 4 establishments in Brasilia-DF Revista Brasileira de Fruticultura Vol. 23 No. 3 Jaboticabal
  30. Saborío, D., V. Sáenz, L. F. Arauz and F. Bertsch, (2000). Efecto del calcio en aplicaciones pre cosecha y pos cosecha sobre la severidad de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y la calidad de fruto de papaya (*Carica papaya*). Revista Agronomía Costarricense, Año 2000 Vol. 24, Núm. 002 pag 77-88
  31. Singh, B., Tandon, D. and Kalra, S. (1993). Changes in postharvest quality of mangoes affected by preharvest application of calcium salts. Scientia Horticulturae, 54 (1993) 211-219
  32. Sharples, R.O. and D.S. Johnson (1977). The influence of calcium on senescence changes in apples. Ann App. Biol. 85:450-453
  33. Toro, E. (1994). La trayectoria y situación de la papaya en Puerto Rico. Memorias Foro: Cultivo, Producción y Manejo de la Papaya. 20 Mayo 1994. Colegio Regional de Aguadilla
  34. Troche, J. L. (1994). Situación económica del cultivo de papaya. Memorias Foro: Cultivo, Producción y Manejo de la Papaya. 20 Mayo 1994
  35. Valero, C. y M. Ruiz (2000). Técnicas de medidas de la calidad de frutas. Conjunto de técnicas de medidas de calidad y atributos de frutas pág. 60-64 No. 116, 2000

36. White, P.J. and M.R. Broadley (2003). Calcium in plants, *Annals of Botany* 92 (2003), pp. 487–511
37. Yadava, U. L., Burris, J. A. and McCrary, D. (1990). Papaya: A potential annual crop under middle Georgia conditions. In: Janick, J. y Simon, J. E., *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR. P. 364-366
38. Zamora, J.L. (1991). Evaluación de algunos híbridos y parentales de papayas (*Carica papaya*) en base al desarrollo, producción y calidad de la fruta en el noroeste de Puerto Rico. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P.R.
39. Zamora, J.L. (2003). Variedades comerciales de Papaya. *El Frutal – Boletín Servicio de Extensión Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, UPR-RUM*. Vol. 1 Núm. 1 Marzo 2003
40. Zamora, J.L. (2005). Recomendaciones para la siembra comercial de papayas. *Boletín Servicio de Extensión Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, UPR-RUM*

## APÉNDICES

## Apéndice A: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
# Frutas	40	0.66	0.45	33.98

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	26540.90	15	1769.39	3.12	0.0064	
Bloque	19133.40	3	6377.80	23.41	0.0139	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	57.60	1	57.60	0.21	0.6769	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	817.40	3	272.47	0.48	0.6991	
Nivel	1889.35	4	472.34	0.83	0.5179	
Fuente Ca*Nivel	4643.15	4	1160.79	2.05	0.1199	
Error	13618.70	24	567.45			
Total	40159.60	39				

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso Frutas (lbs)	40	0.66	0.46	43.41

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	13816.13	15	921.08	3.17	0.0058	
Bloque	9622.64	3	3207.55	16.34	0.0231	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	0.02	1	0.02	8.2E-05	0.9934	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	588.88	3	196.29	0.68	0.5753	
Nivel	515.42	4	128.86	0.44	0.7759	
Fuente Ca*Nivel	3089.17	4	772.29	2.66	0.0574	
Error	6970.57	24	290.44			
Total	20786.70	39				

Análisis de la varianza

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
BRIX	39	0.34	0.00	14.88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>
Modelo	42.24	15	2.82	0.80	0.6714	
Bloque	6.10	3	2.03	1.76	0.3264	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	2.97	1	2.97	2.57	0.2072	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	3.46	3	1.15	0.33	0.8067	
Nivel	2.52	4	0.63	0.18	0.9473	
Fuente Ca*Nivel	27.19	4	6.80	1.92	0.1412	
Error	81.44	23	3.54			
Total	123.68	38				

Análisis de la varianza

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Acidez titulable (%)	39	0.48	0.15	19.15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>
Modelo	14.30	15	0.95	1.43	0.2131	
Bloque	5.15	3	1.72	3.17	0.1844	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	0.33	1	0.33	0.60	0.4943	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	1.62	3	0.54	0.81	0.4997	
Nivel	2.95	4	0.74	1.11	0.3760	
Fuente Ca*Nivel	4.25	4	1.06	1.60	0.2092	
Error	15.31	23	0.67			
Total	29.61	38				

Análisis de la varianza

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
pH	40	0.15	0.00	11.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>
Modelo	2.08	15	0.14	0.27	0.9942	
Bloque	1.39	3	0.46	7.03	0.0717	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	0.01	1	0.01	0.14	0.7358	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	0.20	3	0.07	0.13	0.9420	
Nivel	0.37	4	0.09	0.18	0.9468	
Fuente Ca*Nivel	0.12	4	0.03	0.06	0.9926	
Error	12.23	24	0.51			
Total	14.31	39				

Análisis de la varianza

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Conductividad eléctrica	40	0.36	0.00	69.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>
Modelo	594562.41	15	39637.49	0.90	0.5739	
Bloque	158095.79	3	52698.60	1.66	0.3440	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	25210.44	1	25210.44	0.79	0.4387	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	95341.49	3	31780.50	0.72	0.5489	
Nivel	166334.54	4	41583.64	0.94	0.4556	
Fuente Ca*Nivel	149580.15	4	37395.04	0.85	0.5082	
Error	1056984.27	24	44041.01			
Total	1651546.68	39				

Análisis de la varianza

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
P (ppm)	40	0.37	0.00	73.41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>
Modelo	1381.27	15	92.08	0.94	0.5341	
Bloque	553.26	3	184.42	1.59	0.3553	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	319.17	1	319.17	2.76	0.1952	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	346.88	3	115.63	1.19	0.3362	
Nivel	121.92	4	30.48	0.31	0.8668	
Fuente Ca*Nivel	40.04	4	10.01	0.10	0.9805	
Error	2340.82	24	97.53			
Total	3722.09	39				

Análisis de la varianza

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
K (cmol/kg)	40	0.32	0.00	17.84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>
Modelo	0.12	15	0.01	0.77	0.7002	
Bloque	0.03	3	0.01	0.56	0.6764	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	5.3E-05	1	5.3E-05	3.2E-03	0.9581	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	0.05	3	0.02	1.61	0.2132	
Nivel	0.02	4	0.01	0.55	0.6997	
Fuente Ca*Nivel	0.02	4	4.4E-03	0.43	0.7849	
Error	0.24	24	0.01			
Total	0.36	39				

Análisis de la varianza

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Ca (cmol/kg)	40	0.30	0.00	27.23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>
Modelo	26.73	15	1.78	0.69	0.7667	
Bloque	15.79	3	5.26	7.97	0.0611	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	0.15	1	0.15	0.23	0.6668	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	1.98	3	0.66	0.26	0.8556	
Nivel	6.14	4	1.53	0.60	0.6685	
Fuente Ca*Nivel	2.67	4	0.67	0.26	0.9008	
Error	61.69	24	2.57			
Total	88.43	39				

Análisis de la varianza

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Mg (cmol/kg)	40	0.33	0.00	16.56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>
Modelo	0.25	15	0.02	0.79	0.6813	
Bloque	0.09	3	0.03	5.68	0.0939	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	0.01	1	0.01	1.66	0.2880	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	0.02	3	0.01	0.24	0.8702	
Nivel	0.05	4	0.01	0.63	0.6480	
Fuente Ca*Nivel	0.09	4	0.02	1.04	0.4085	
Error	0.51	24	0.02			
Total	0.76	39				

Análisis de la varianza

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
N (%)Tejido	40	0.37	0.00	12.21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>
Modelo	4.91	15	0.33	0.93	0.5477	
Bloque	1.93	3	0.64	3.44	0.1688	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	3.0E-04	1	3.0E-04	1.6E-03	0.9705	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	0.56	3	0.19	0.53	0.6656	
Nivel	1.01	4	0.25	0.72	0.5891	
Fuente Ca*Nivel	1.41	4	0.35	1.00	0.4263	
Error	8.46	24	0.35			
Total	13.38	39				

Análisis de la varianza

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
P (%) Tejido	40	0.41	0.04	9.45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>
Modelo	0.02	15	1.6E-03	1.10	0.4019	
Bloque	0.01	3	3.2E-03	5.63	0.0947	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	2.0E-04	1	2.0E-04	0.36	0.5908	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	1.7E-03	3	5.6E-04	0.39	0.7625	
Nivel	0.01	4	2.3E-03	1.60	0.2074	
Fuente Ca*Nivel	3.4E-03	4	8.4E-04	0.58	0.6802	
Error	0.03	24	1.4E-03			
Total	0.06	39				

Análisis de la varianza

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
K (%) Tejido	40	0.32	0.00	14.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>
Modelo	0.87	15	0.06	0.75	0.7166	
Bloque	0.12	3	0.04	0.43	0.7492	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	5.6E-04	1	5.6E-04	0.01	0.9421	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	0.27	3	0.09	1.17	0.3417	
Nivel	0.24	4	0.06	0.77	0.5575	
Fuente Ca*Nivel	0.24	4	0.06	0.78	0.5468	
Error	1.86	24	0.08			
Total	2.72	39				

Análisis de la varianza

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Ca (%) Tejido	40	0.46	0.12	17.79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>
Modelo	5.28	15	0.35	1.36	0.2434	
Bloque	1.09	3	0.36	0.93	0.5238	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	6.4E-04	1	6.4E-04	1.6E-03	0.9703	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	1.17	3	0.39	1.51	0.2377	
Nivel	1.54	4	0.38	1.49	0.2377	
Fuente Ca*Nivel	1.49	4	0.37	1.43	0.2532	
Error	6.21	24	0.26			
Total	11.50	39				

Análisis de la varianza

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Mg (%) Tejido	40	0.22	0.00	12.33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>
Modelo	0.07	15	4.4E-03	0.45	0.9449	
Bloque	0.01	3	2.5E-03	0.28	0.8383	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	3.6E-04	1	3.6E-04	0.04	0.8541	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	0.03	3	0.01	0.92	0.4457	
Nivel	0.01	4	2.6E-03	0.26	0.8987	
Fuente Ca*Nivel	0.02	4	0.01	0.52	0.7190	
Error	0.23	24	0.01			
Total	0.30	39				

Análisis de la varianza

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Fuerza (N) (26 °C)	40	0.24	0.00	46.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>
Modelo	4980.31	15	332.02	0.52	0.9069	
Bloque	545.62	3	181.87	3.96	0.1440	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	194.33	1	194.33	4.23	0.1319	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	137.78	3	45.93	0.07	0.9747	
Nivel	2381.10	4	595.27	0.92	0.4659	
Fuente Ca*Nivel	1721.48	4	430.37	0.67	0.6200	
Error	15445.96	24	643.58			
Total	20426.26	39				

Análisis de la varianza

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Fuerza (N) (12 °C)	40	0.34	0.00	43.36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>
Modelo	14909.18	15	993.95	0.84	0.6322	
Bloque	1545.46	3	515.15	1.11	0.4669	(Bloque*Fuente Ca)
Fuente Ca	1005.93	1	1005.93	2.17	0.2374	(Bloque*Fuente Ca)
Bloque*Fuente Ca	1392.47	3	464.16	0.39	0.7605	
Nivel	9294.66	4	2323.67	1.96	0.1335	
Fuente Ca*Nivel	1670.66	4	417.67	0.35	0.8402	
Error	28490.86	24	1187.12			
Total	43400.04	39				

## Apéndice B: INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA

Información climatológica de la Estación Experimental Agrícola de Isabela, Puerto Rico

Fecha		Temp Max (°C)	Temp Min (°C)	Lluvia (cm)	Evaporación (cm)
ago	2007	30.50	23.17	178.05	154.94
sep	2007	30.28	22.61	228.09	126.24
oct	2007	30.44	22.56	154.69	132.84
nov	2007	29.89	21.28	204.72	123.70
dic	2007	27.78	20.94	182.63	122.68
ene	2008	26.67	20.11	68.33	136.91
feb	2008	27.22	20.11	75.18	114.55
mar	2008	27.94	19.78	35.81	174.75
abr	2008	28.11	20.39	100.08	139.19
may	2008	29.00	21.44	77.22	159.26
jun	2008	29.89	22.94	75.44	161.54
jul	2008	29.89	23.33	136.65	162.05
ago	2008	31.28	23.83	176.53	175.26

## Apéndice C: DISEÑO EXPERIMENTAL

Efectos de Fuentes y niveles de Calcio en el rendimiento y calidad de la fruta de papaya (*Carica papaya* cv Solo)

