

Efecto de la aplicación de sulfato de calcio y materia orgánica sobre la incidencia de la pudrición apical de la guayaba (*Psidium guajava* L.)

Effect of calcium sulfate and organic matter applying on the incidence of brown rot of guava (*Psidium guajava* L.)

E. Pérez-Pérez¹, A. Nava², C. González¹, M. Marin⁴, L. Sandoval⁴,
A.M. Casassa-Padrón⁴, J. Vilchez³ y C. Fernández³

¹Centro Frutícola del Zulia-CORPOZULIA. Km 27, Carretera hacia San Rafael Del Mojan, Municipio Mara, estado Zulia.

²Departamento de Agronomía, ³Departamento de Botánica, ⁴Instituto de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad el Zulia. Apto. 15205. Maracaibo.

Resumen

La pudrición apical (PA) del fruto del guayabo (*Psidium guajava* L.) causada por el hongo *Dothiorella* sp., es una enfermedad ampliamente distribuida en Venezuela causando pérdidas en la producción nacional calculadas en 62%. Se determinó el efecto de la adición de sulfato de calcio y materia orgánica al suelo sobre la incidencia de la PA en una parcela experimental del Centro Frutícola del Zulia (CENFRUZU-CORPOZULIA) (10°49'46,6" LN, 71°46'29,2" LO), que consta de 204 plantas de guayabo de 12 años de edad. Para el ensayo se seleccionaron 32 plantas por su uniformidad morfológica. Los tratamientos evaluados fueron: aplicación de 20 kg.planta⁻¹ de materia orgánica (MO), 6 kg.planta⁻¹ de sulfato de calcio, combinación de MO y sulfato de calcio en las dosis ya mencionadas y un testigo sin aplicación. Las variables evaluadas fueron: el número y la masa de los frutos, la incidencia de la pudrición apical (IPA), el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Na y la textura de los frutos. Los tratamientos evaluados no afectaron la producción ni la IPA, sólo se observó diferencia para la IPA con relación al tiempo de muestreo, con el mayor valor en septiembre de 2006, tres meses después de un pico de precipitación. Los frutos enfermos presentaron el mayor valor de P, K y el menor valor de N, Ca y Mg a diferencia de los frutos sanos, y no hubo diferencias entre ellos con relación al contenido de Na y la textura.

Palabras clave: *Dothiorella* sp., sulfato de calcio, compost de cachaza de caña, nutrición mineral.

Abstract

The brown rot in guava fruits caused by the fungus *Dothiorella* sp., is a widely distributed disease, producing 62% of damage in guava orchards in Venezuela. Calcium sulfate and organic matter effects on the brown rot incidence in guava fruit were determined in an experimental orchard of guava at Centro Frutícola del Zulia (CENFRUZU-CORPOZULIA) (10°49'47", 31914 LN, 71°46'28", 44742 LW), which has 204 guava trees of 12 years. 32 guava trees were selected by uniformed morphological characteristics for this essay. The evaluated treatments were: 20 kg.plant⁻¹ of organic matter (OM), 6 kg.plant⁻¹ calcium sulfate per plant, calcium sulfate and OM at mentioned doses and a control without OM and calcium sulfate application. The studied variables were: fruit production, brown rot incidence (BRI), fruit mineral content (N, P, K, Ca, Mg and Na) and fruit texture. The studied treatments did not affect the production and BRI, there was a difference between BRI and sampling time, the higher value of BRI was in September 2006, three months after a rain pick. The infected fruit showed higher the content of P, K, and the lower contents of N, Ca, and Mg, in contrast with healthy fruit. The Na content and fruit texture didnot shown differences.

Key words: *Dothiorella* sp., calcium sulfate, plaster, sugarcane bagasse compost, mineral nutrition.

Introducción

La pudrición apical del fruto del guayabo (*Psidium guajava* L.) causada por el hongo *Dothiorella* sp., está ampliamente distribuida y ha ocasionado pérdidas de hasta el 62% de la producción en las regiones productoras del cultivo en Venezuela (Pérez *et al.*, 1997), desapareciendo un gran número de plantaciones en la región norte del estado Zulia (Bravo *et al.*, 2005). Esta enfermedad se caracteriza por un síntoma inicial que consiste en una mancha marrón rojiza en la zona apical del fruto, alrededor de los restos florales que avanza hasta cubrirlo completamente (Cedeño *et al.*, 1998) afectando la calidad tanto para consumo fresco como su uso en la industria.

La incidencia y la severidad de la pudrición apical aumenta en épo-

Introduction

The brown rot of guava (*Psidium guajava* L.) fruit caused by *Dothiorella* sp. fungal, is widely distributed and has caused losses of 62% approximately of production crop in Venezuela (Perez *et al.*, 1997), by disappearing a high number of plantations in region the north region of Zulia state (Bravo *et al.*, 2005). This disease is characterized by an initial symptom that consist on a reddish brown spot in the apical area of fruit, around of floral wastes that increases until getting a total coverage (Cedeño *et al.*, 1998) by affecting quality for fresh consumption and its usage in industry.

Incidence and severity of apical rot increases in dry times (Perez, 1998), by showing a softening of fruit apex,

cas secas (Pérez, 1998), presentándose un ablandamiento del ápice de los frutos, semejante a otras pudriciones apicales como la del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y del manzano (*Malus domestica* L.) (Fallahi *et al.*, 1997), las cuales han sido relacionadas con factores que generan estrés en las plantas, tales como: déficit hídrico interno, salinidad y deficiencias de Ca, entre otros (Marschner, 1995; Fallahi *et al.*, 1997; Saure, 2001).

En frutales, el calcio (Ca) desempeña un papel fundamental, pues afecta la calidad del producto y su resistencia de almacenamiento después de la cosecha. Existe una relación directa entre el contenido de Ca de los frutos, la firmeza y el tiempo de vida útil en anaquel. Cuando el contenido de Ca en el fruto es bajo, el metabolismo respiratorio aumenta y se acelera la maduración y la senescencia (Pratella, 2003). Otro aspecto de importancia de este elemento, es que su bajo contenido en los órganos de reserva induce a una alta permeabilidad de la membrana celular y permite la difusión de los solutos desde los tejidos (Marschner, 1995).

Estudios realizados en manzana han permitido explicar la posible susceptibilidad del fruto ante la presencia del hongo causante de la pudrición apical del fruto (Kohn y Hendrix, 1983). En ésta especie dicha enfermedad está relacionada con una falta de firmeza de las paredes del fruto causada por la deficiencia de Ca, el cual es necesario en la conformación de los pectatos de calcio de la pared celular (Rojas y Rovalo, 1985).

En Venezuela se han realizado

similar to other apical rots like tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and apple tree (*Malus domestica* L.) (Fallahi *et al.*, 1997), which have been related to factors that generate stress in plants, such as: internal hydric deficit, salinity and Ca deficiencies among others (Marschner, 1995; Fallahi *et al.*, 1997; Saure, 2001).

In fruit trees, calcium (Ca) play a fundamental role, because affect the product quality and its storage resistance after harvesting. There is a direct relationship between Ca content of fruits, firmness and time of useful life in shelf. When Ca content in fruit is low, respiratory metabolism increases and accelerates maturity and senescence (Pratella, 2003). Another important aspect of this element, is that its low content in reserve organs takes to a high permeability of cellular membrane and permits the diffusion of solutes from tissues (Marschner, 1995).

Studies carried out in apple have permitted to explain the possible susceptibility of fruit in presence of fungal responsible of fruit brown rot (Kohn and Hendrix, 1983). In this specie, the disease is related to a lack of firmness of fruit walls caused by Ca deficiency, which is required for conformation of calcium pectals of cellular wall (Rojas and Rovalo, 1985).

In Venezuela few studies have been carried out with the purpose of evaluating the mineral application, the Ca addition to soil like Ca sulfate way is proposed because soil of north occidental region of Zulia state shows pH because 7 and 8, with the purpose of improving Ca absorption by plant. This element can be toxic for fungal

pocos estudios que evalúen la aplicación de minerales, de allí que se plantea la adición de Ca al suelo en la forma de sulfato de Ca, debido a que el suelo en la zona noroccidental del estado Zulia presenta pH entre 7 y 8, con el propósito de mejorar la absorción de Ca por la planta. Este elemento puede ser tóxico al hongo cuando los niveles no pueden ser regulados por el mismo (Droby *et al.*, 1997). Por otra parte, los suelos de la zona en estudio, altiplanicie de Maracaibo del estado Zulia, se caracterizan por poseer poca estructura física, por lo que es recomendado la adición de materia orgánica para mejorar la retención de humedad en el suelo (Marín *et al.*, 2004).

Por lo antes planteado se definió como objetivo determinar el efecto de la adición de sulfato de Ca y materia orgánica en plantas de guayabo sobre la incidencia de la pudrición apical de los frutos producida por *Dothiorella* sp.

Materiales y métodos

Ubicación del ensayo y material vegetal: el ensayo se llevó a cabo en una parcela experimental del Centro Frutícola del Zulia-CORPOZULIA (10°49'46,6", LN, 71°46'29,2", LO) ubicado en la zona noroccidental del estado Zulia.

Medición de las condiciones climáticas: las condiciones de clima fueron registradas en la zona de estudio desde el inicio de la evaluación con una estación meteorológica portátil (Davis, modelo Vantage PRO 2, CA, con sensores para el registro de precipitación (mm), temperatura (°C) y velocidad del viento (km.h⁻¹).

when levels can not be regulated by themselves (Droby *et al.*, 1997). On the other hand, soils of study region, Maracaibo plain, Zulia state, are characterized by having little physical structure, the addition of organic matter is recommended for improving moisture retention of soil moisture (Marín *et al.*, 2004).

Thus, it is proposed like an objective to determine the effect of the addition of Ca sulfate and organic matter in guava plants on the incidence of brown rot of fruits produced by *Dothiorella* sp.

Materials and methods

Essay location and vegetal material: essay was carried out in a experimental plot of Centro Frutícola del Zulia-CORPOZULIA (10°49'47", 31914 NL, 71°46'28", 44742 WL) located in the north occidental region of Zulia state.

Climatic condition measurement: climate conditions were registered in the studied region from the beginning of evaluation with a portable meteorological station (Davis, model Vantage PRO 2, CA, with sensors for rainfall registration (mm), temperature (°C) and wind speed (km.h⁻¹).

Vegetal material: It was formed by 204 guava plants of 12 years-old sowed at a distance of 8m x 8m and irrigated by micro aspersion, from which 32 plants were selected by being uniform in relation to its morphological characteristics which initially were pruned for its healthy cleaning-up.

Plants selected were treated

Material vegetal: el material vegetal constó de 204 plantas de guayabo de 12 años de edad sembradas a una distancia de 8 m x 8 m y regadas por microaspersión, de las cuales se seleccionaron 32 plantas por ser las más uniformes en cuanto a sus características morfológicas y a las cuales inicialmente se les realizó una poda para su saneamiento fitosanitario.

Las plantas seleccionadas fueron tratadas desde el mes de mayo del año 2005 hasta el mes de junio del año 2007 con adiciones de sulfato de Ca (SO_4Ca) y compost de cachaza de caña de azúcar (MO), de lo cual se generaron los siguientes tratamientos: Testigo: plantas de guayabo sin aplicación de MO, ni SO_4Ca ; aplicación de MO; aplicación de SO_4Ca y aplicación combinada de MO y SO_4Ca .

El compost de cachaza de caña es un producto de la caña de azúcar mezclado con bagacillo formando un material orgánico compostado con mezcla de polienzimas, producido en el ingenio azucarero La Pastora en el estado Lara, Venezuela. Las características físicas y químicas fueron: humedad 11%, pH 7, CE 4 dS.m⁻¹ a 25°C, materia orgánica 22,7%, N 12 g.kg⁻¹, P 52 g.kg⁻¹, K 32 g.kg⁻¹, Ca 35 g.kg⁻¹, Mg 8,5 g.kg⁻¹, Na 1 g.kg⁻¹, Cu 55 mg.kg⁻¹, Zn 173 mg.kg⁻¹, Mn 540 mg.kg⁻¹ y Fe 15 mg.kg⁻¹ (Arrieche y Mora, 2005).

La aplicación de la MO se realizó a razón de 20 kg.planta⁻¹ (Marín *et al.*, 2004). Las tres primeras aplicaciones se realizaron trimestralmente y las dos siguientes cada seis meses.

El sulfato de Ca, se obtuvo en el mercado local con un aporte aproximado de 33% de Ca y cuya aplicación

from May 2005 until June 2007 with additions of Ca sulfate (SO_4Ca) and sugarcane bagasse compost (OM), from which the following treatments: Control: guava plants without OM application, or SO_4Ca ; OM application; SO_4Ca application and OM and SO_4Ca combined application.

Sugarcane bagasse compost is a product of sugarcane mixed with bagasse by forming a composted organic material with a mixture of poly enzymes, produced in the sugar central "La Pastora" in Lara state, Venezuela. Physical and chemical characteristics were: moisture 11%, pH 7, CE 4 dS.m⁻¹ at 25°C, organic matter 22,7%, N 12 g.kg⁻¹, P 52 g.kg⁻¹, K 32 g.kg⁻¹, Ca 35 g.kg⁻¹, Mg 8,5 g.kg⁻¹, Na 1 g.kg⁻¹, Cu 55 mg.kg⁻¹, Zn 173 mg.kg⁻¹, Mn 540 mg.kg⁻¹ and Fe 15 mg.kg⁻¹ (Arrieche and Mora, 2005).

OM application was made at a reason of 20 kg.plant⁻¹ (Marín *et al.*, 2004). The three first applications were accomplished in a quarterly way and the two following, six-monthly.

Ca sulfate was obtained in the local market with an approximately contribution of 33% Ca and with an application made in the irrigation area, at a reason of 6 kg.tree⁻¹ with a quarterly frequency and three applications in total. Dosage was made in base to the calculation of Ca level in soil if the essay area, which showed pH between 7 and 8 and sandy loam texture with little moisture retaining (Marin *et al.*, 1993).

Determination of fruits and brown rot incidence (BRI): fruits production was determined through

se realizó en el área de riego, a razón de 6 kg.planta⁻¹ con una frecuencia trimestral y tres aplicaciones en total. La dosificación se realizó con base al cálculo del nivel de Ca en el suelo del área del ensayo, el cual presentó pH entre 7 y 8 y textura franco arenoso con poca retención de humedad (Marín *et al.*, 1993).

Determinación de la producción de frutos y la incidencia de la pudrición apical (IPA): la producción de frutos se determinó mediante la cosecha de los frutos fisiológicamente maduros con una frecuencia interdiaria durante la época de producción, desde el mes de mayo del año 2005 hasta el mes de junio del año 2007. Una vez realizada la cosecha se determinó el número y la masa de los frutos en cada evaluación para lo cual se utilizó una balanza con capacidad de 12 kilos.

La incidencia de la pudrición apical (IPA) se determinó al momento de la cosecha utilizando el número de frutos enfermos, independientemente de la severidad del daño por no ser comerciales, a través de la siguiente relación, $IPA = (n/N) \times 100$. Donde: IPA = incidencia de la pudrición apical expresada en porcentaje, n = número de frutos enfermos al momento de la evaluación y N = número total de frutos cosechados.

Determinación del contenido mineral en frutos: se recolectaron seis frutos fisiológicamente maduros, sanos y enfermos con pudrición apical para un total de doce frutos por árbol al final de la evaluación. La determinación de nitrógeno (método Kjeldahl), fósforo (método de Metavanadato-

physiologically matures fruits harvest every other day frequency during production time, from May 2005 until June 2007. Once harvest made, the number and mass of fruits in each evaluation was determined, a balance with capacity of 12 kilograms was used.

Brown rot incidence (BRI) was determined at the harvest moment by using the disease fruits number, independently of severity or damage because not being commercial ones, through the following relationship, $BRI = (n/N) \times 100$. In where: BRI = brown rot incidence expressed in percentage, n = disease fruits number at the evaluation moment and N = total of harvested fruits number.

Determination of mineral content in fruits: Six physiologically matures fruits were collected, those healthy and also damaged with brown rot for a total of twelve fruits by tree at the end of evaluation. Nitrogen determination (Kjeldahl method), phosphorous (Ammonium Metavanadate-molibdate method), potassium, calcium, magnesium and sodium [Flame Spectrophotometry method (AOAC., 1975; Ferrer, 1993)] in fruits was accomplished in the Laboratory of Instituto de Investigaciones Agronomicas (IIA) of the Agronomy Faculty, University of Zulia (LUZ), Maracaibo city, Zulia state.

Fruits texture: it was determined at the end of essay in six physiologically mature and healthy fruits at random collected -by following the methodology described by Laguado *et al.* (1999). Frozen fruits were moved to the Post Harvest

molibdato de Amonio), potasio, calcio, magnesio y sodio [método de Espectofotometría de llama (AOAC., 1975; Ferrer, 1993)] en los frutos se realizó en el Laboratorio del Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia (LUZ) en la ciudad de Maracaibo, estado Zulia.

Textura de los frutos: se determinó al final del ensayo en seis frutos sanos fisiológicamente maduros recolectados en forma aleatoria siguiendo la metodología descrita por Laguado *et al.* (1999). Los frutos se transportaron refrigerados al laboratorio de Poscosecha del Centro Frutícola; la textura se registró como la presión ejercida sobre el epicarpio del fruto utilizando un penetrómetro universal (Humboldt modelo H-1200) expresando los resultados en mm de penetración.

Diseño estadístico: el diseño experimental fue totalmente al azar con cuatro tratamientos, ocho repeticiones y una planta como unidad experimental, con un arreglo de tratamientos en parcelas divididas, donde el tiempo de muestreo se representó en la parcela principal y la condición del fruto (sano y enfermo) en la parcela secundaria. Se realizaron estadísticas descriptivas, análisis de varianza empleando el procedimiento General Linear Model (Statistical Analysis System, 1985) y pruebas de medias por el método de los mínimos cuadrados (Steel y Torrie, 1990) y Tukey.

Resultados y discusión

Incidencia de la pudrición apical del fruto (IPA): para esta variable sólo

Llaboratory of Centro Frutícola; texture was registered like pressure exerted on fruit epicarp by using a universal penetrometer (Humboldt model H-1200) expressing results in mm of penetration.

Statistical design: A random design with four treatment was used, eight replications and a tree like experimental unit, with a treatment arrangements in plots divided, in where the sampling time was represented in the principal plot and fruit condition (health and damaged) in the secondary plot. The experimental plot was constituted by a tree. Descriptive statistics were made, the analysis of variance using the General Linear Model procedure (Statistical Analysis System, 1985) and means test by the minimum squares method (Steel and Torrie, 1990) and Tukey.

Results and discussion

Brown rot incidence of fruit (BRI): for this variable only was difference in ANADEVA for sampling time, neither treatment nor treatment and sampling time interaction. The higher value of BRI in fruits (52.32%) was observed in September 2006 for treatment with OM, in comparison with the lower value for control (0%) in December 2005 (figure 1A). These values were preceded by a no typical rainfall in June to July 2006, in which 646,30 mm of rainfall were accumulated, which in conjunction with variations of average temperature (figure 2) could favored presence of high fungal inoculum level

hubo diferencias en el ANADEVA para tiempo de muestreo, no así para tratamiento ni para la interacción tratamientos y tiempo de muestreo. El mayor valor de IPA en frutos (52,32%) se observó en el mes de septiembre de 2006 para el tratamiento con MO, en comparación con el menor valor para el testigo (0%) en el mes de diciembre de 2005 (figura 1A). Estos valores fueron precedidos por una precipitación atípica en los meses de junio a julio del año 2006, año durante el cual se acumularon 646,30 mm de precipitación, que en conjunto con las variaciones de la temperatura promedio (figura 2) podrían haber favorecido la presencia de un mayor nivel de inóculo del hongo y por ende mayor IPA en el mes de septiembre (Figura 1A), similar a lo señalado en estudio previo (Pérez, 1998). Estas condiciones ambientales coincidieron con el momento en el cual los frutos habían alcanzado la madurez fisiológica (Laguado *et al.*, 2002) favoreciendo la infección del fruto por el hongo (Kohn y Hendrik, 1983).

Así mismo, estudios conducidos para determinar el momento de infección del hongo, determinaron la presencia de esporas durante la séptima semana de formación del fruto, con la respectiva aparición de los síntomas de la enfermedad en aquellos que presentaban de once o doce semanas de edad (Bravo *et al.*, 2005), en respuesta a factores fisiológicos a medida que el fruto se acercó a la maduración (Sitterly y Shay, 1960), lo cual coincide con la edad de los frutos en esta investigación.

El promedio de IPA durante el periodo de evaluación fue igual para

and also high BRI in September (figure 1A), similar to those reported in previous study (Perez, 1998). These environmental conditions agreed with the moment in which fruits reached the physiological ripening (Laguado *et al.*, 2002) by favoring the infection of fruit by fungal (Kohn and Hendrik, 1983).

Likewise, studies carried out to determine the infection moment of fungal, determined the spores presence during the seventh week of fruit formation, with respective appearance of disease symptoms in those that showed eleven to twelve weeks old (Bravo *et al.*, 2005), in response to physiological factors when fruit get closed to ripening (Sitterly and Shay, 1960), which agree with fruits age in this research.

BRI average during the evaluation process was similar to treatments evaluated in where control not showed this disease, which was in agreement to those reported by Saborio *et al.* (1997) which determine that calcium carbonate applications to soil did not decrease the severity of *Colletotrichum gloeosporioides* in papaya (*Carica papaya*) fruits. However, lower value of BRI corresponded to control (7.85%) followed by plants treated with Ca (9.77%), Ca and OM (10.08%) and the higher value was obtained when only OM (12.84%) was applied.

Fruits production: the higher production values (figure 1B) were obtained in trees receiving only Ca (894-70 g) or in combination with organic matter (784-30 g). In relation to this tree response to the Ca application, Ebert *et al.* (2002),

todos los tratamientos evaluados donde no se observó control de la enfermedad, lo cual coincidió con lo señalado, por Saborio *et al.* (1997) al determinar que las aplicaciones de carbonato de calcio al suelo no disminuyeron la severidad de *Colletotrichum gloeosporioides* en frutos de lechosa (*Carica papaya*). Sin embargo, el menor valor de IPA correspondió al testigo (7,85%) seguido de las plantas tratadas con Ca (9,77%), Ca y MO (10,08%) y el mayor valor se obtuvo cuando se aplicó solamente MO (12,84%).

Producción de frutos: los mayores valores de producción (figura 1B) se obtuvieron en las plantas que recibieron Ca sólo (894,70 g) o en combinación con materia orgánica (784,30 g). Con respecto a esta respuesta de la planta ante la aplicación de Ca, Ebert *et al.* (2002), señalaron un óptimo crecimiento de la parte aérea, mayor acumulación de materia seca y contenido de clorofila en las hojas de plantas de guayabo tratadas con nitrato de Ca (10 mM) en invernadero, cuya consecuencia pudiera reflejarse en una mejora de la producción en campo.

Los picos de producción de las plantas observados durante el período de la evaluación respondieron a la distribución de la precipitación acumulada cuatro meses previo a los mayores valores de producción (figuras 1B y 2), coincidiendo esto con el proceso de formación de frutos, que comprende aproximadamente 120 días desde la fase de antesis hasta la madurez fisiológica (Araujo *et al.*, 1997; Laguado *et al.*, 2002). El número de frutos se incrementó según los picos de producción, observándose en el mes de febre-

reported an optimum growth of the aerial part, high accumulation of dry matter and chlorophyll content in guava trees leaves treated with Ca nitrate (10 mM) in glasshouse, whose consequence could be reflected on an improvement of field production.

Plants production peaks observed during the evaluation period responded to rainfall distribution accumulated four months before the higher production values (figures 1B and 2), making match with the fruits formation process, that comprises approximately 120 days from anthesis phase until physiological maturity (Araujo *et al.*, 1997; Laguado *et al.*, 2002). Fruits number increased according to production peaks, by being watched in February the notorious fruits production in a big quantity (figure 3).

Mineral content in fruits: The analysis of variance detected significant differences for nitrogen (N) ($P < 0.01$) and potassium (K) ($P < 0.05$), with relation to the treatment by fruit condition. In relation to phosphorus (P), calcium (Ca) and magnesium (Mg), only were detected significant differences ($P < 0.05$) for fruit condition. Meanwhile, respect to sodium (Na) there was no significant differences.

N mineral content in fruits varied in a significant way ($P < 0.01$), according to Ca combination with organic matter and in control, being observed that healthy fruits showed high N content of damaged fruits with apical production (AP). Nevertheless, in Ca treatment only those fruits with AR showed higher N content (figure 4A). K mineral content varied in a significant way ($P < 0.05$) in plants

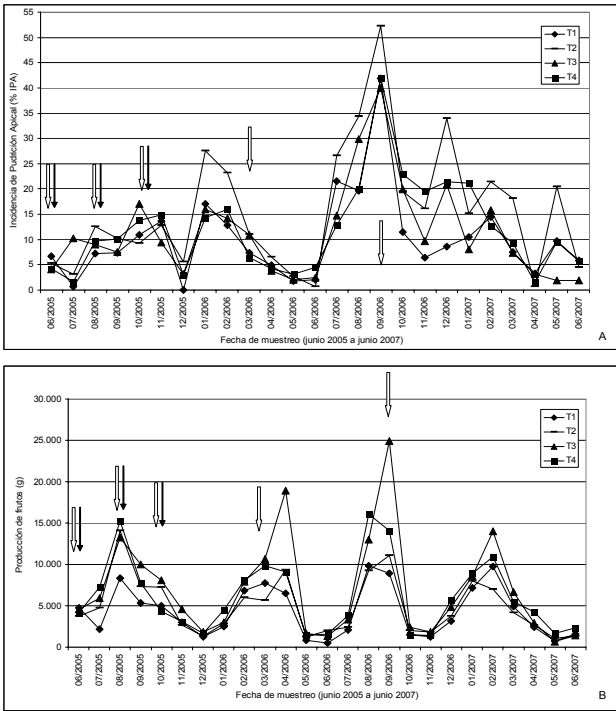


Figura 1. Variación de A) la incidencia de pudrición apical y B) la producción de frutos de guayabo provenientes de plantas tratadas con aplicaciones trimestrales de compost de cachaza de caña (↘MO) y tres aplicaciones de sulfato de calcio (↓) durante la evaluación: T1 (Testigo), T2 (20 kg MO), T3 (6 kg de sulfato de calcio) y T4 (20 kg MO + 6 kg de sulfato de calcio).

Figure 1. Variation of A) incidence of brown rot and B) guava fruits production coming from plants treated with each three months application of sugar cane bagasse compost (↘MO) and three calcium sulfate (↓) applications during the evaluation : T1 (Control), T2 (20 kg MO), T3 (6 kg of calcium sulfate) and T4 (20 kg MO + 6 kg of calcium sulfate).

ro la notoria producción de frutos de menor masa (figura 3).

Contenido mineral en frutos: El análisis de varianza detectó diferencias significativas para nitrógeno (N) ($P < 0,01$) y potasio (K) ($P < 0,05$), con

receiving Ca and control with the high value for fruits with AR; there was no difference in K content of healthy fruits of these treatments, and also for those plants treated only with organic matter (figure 4B).

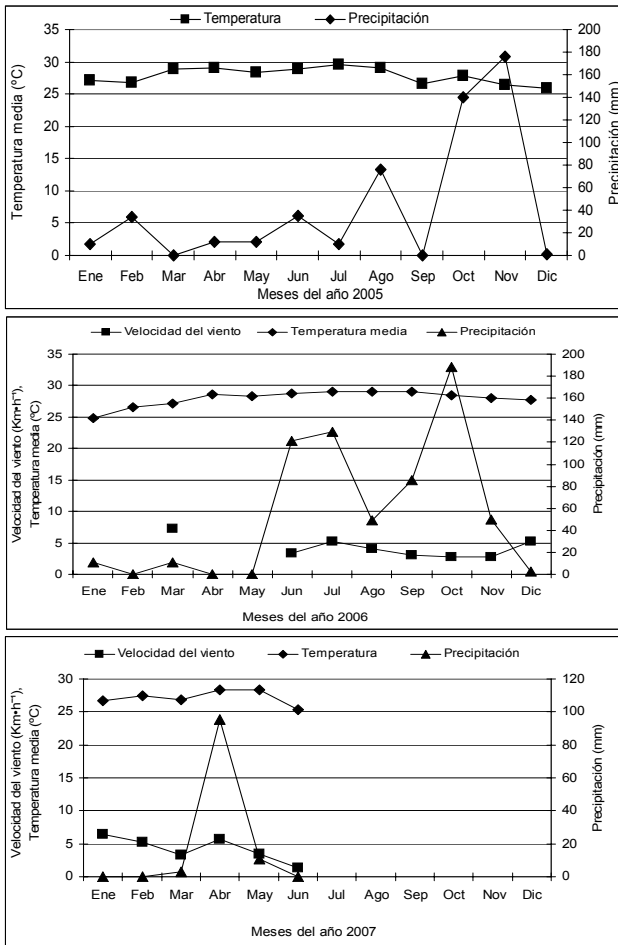


Figura 2. Condiciones climáticas registradas durante la evaluación del ensayo por la estación meteorológica del proyecto FONACIT No. G-2002000588 ubicada en el Centro Frutícola del Zulia (CENFRUZU-CORPOZULIA).

Figure 2. Climatic conditions registered during the essay evaluation by the meteorological station of Project FONACIT No. G-2002000588 located in Centro Frutícola del Zulia (CENFRUZU-CORPOZULIA).

relación a la interacción tratamiento por condición del fruto. Con relación al fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio

High content of K in the evaluated fruits could be explained in base to this element is the more abun-

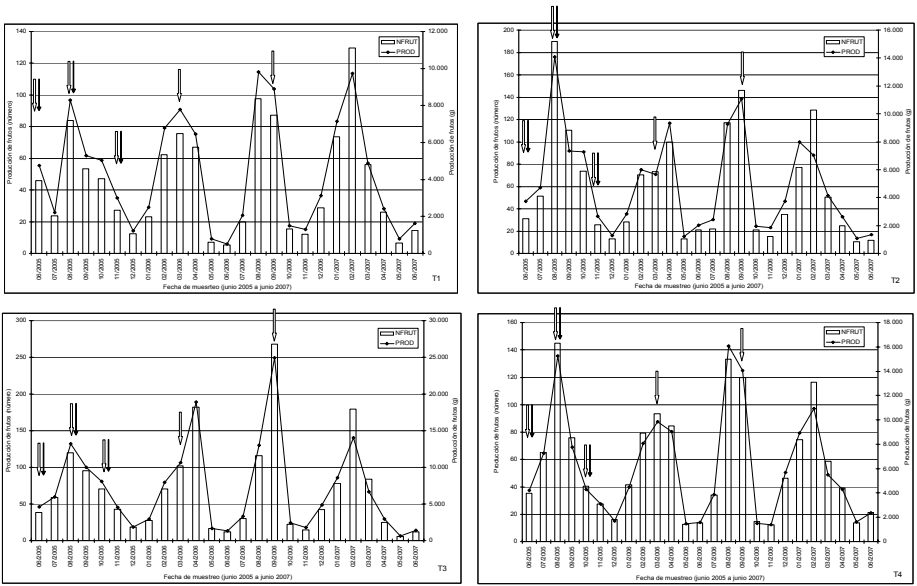


Figura 3. Variación del número de frutos producidos y la producción de frutos de guayabo, provenientes de plantas tratadas con aplicaciones trimestrales de Compost de cachaza de caña (↯MO) y tres aplicaciones de sulfato de calcio (↓) durante la evaluación: T1 (Testigo), T2 (20 kg MO), T3 (6 kg de sulfato de calcio) y T4 (20 kg MO + 6 kg de sulfato de calcio).

Figure 3. Variation of produced fruits number and guava fruit production, coming from plants treated with quarterly applications of sugarcane bagasse compost (↯OM) and three calcium sulfate applications (↓) during the evaluation: T1 (Control), T2 (20 kg OM), T3 (6 kg calcium sulfate) and T4 (20 kg OM + 6 kg calcium sulfate).

(Mg), sólo se detectó diferencias significativas ($P<0,05$) para la condición del fruto. Mientras que para el elemento sodio (Na) no se detectaron diferencias significativas.

El contenido mineral de N en los frutos varió significativamente ($P<0,01$) de acuerdo con la combinación de Ca con materia orgánica y en el testigo, observándose que los frutos sanos presentaron mayor contenido

en frutos, even when they are not rich in minerals (Arthey and Ashurst, 1996), in contrast with the low level of Ca (Araujo *et al.*, 1997; Rendiles *et al.*, 2004), which have been reported like an antagonistic behavior between these two elements (Bennett, 1993).

Mineral content of P varied in a significant way ($P<0.01$) for fruit condition independently of treatment

do de N que los frutos enfermos con pudrición apical (PA). Sin embargo, en el tratamiento de Ca sólo los frutos con PA fueron los que presentaron mayor contenido de N (figura 4A).

El contenido mineral de K varió significativamente ($P < 0,05$) en las plantas que recibieron Ca y el testigo con el mayor valor para los frutos con PA, no existiendo diferencia en el contenido de K de los frutos sanos de estos tratamientos, al igual que para las plantas tratadas con materia orgánica sola (figura 4B).

El alto contenido de K en los frutos evaluados puede explicarse con base a que éste elemento es el más abundante en las frutas, aun cuando éstas no son ricas en minerales (Arthey y Ashurst, 1996), en contraste con el bajo nivel de Ca (Araujo *et al.*, 1997; Rendiles *et al.*, 2004), lo cual ha sido señalado como un comportamiento antagónico entre estos dos elementos (Bennett, 1993).

El contenido mineral de P varió significativamente ($P < 0,01$) para la condición del fruto independientemente del tratamiento aplicado, encontrándose que los frutos con PA presentaron mayor contenido de P ($1,82 \text{ g.kg}^{-1}$) que los sanos ($1,43 \text{ g.kg}^{-1}$).

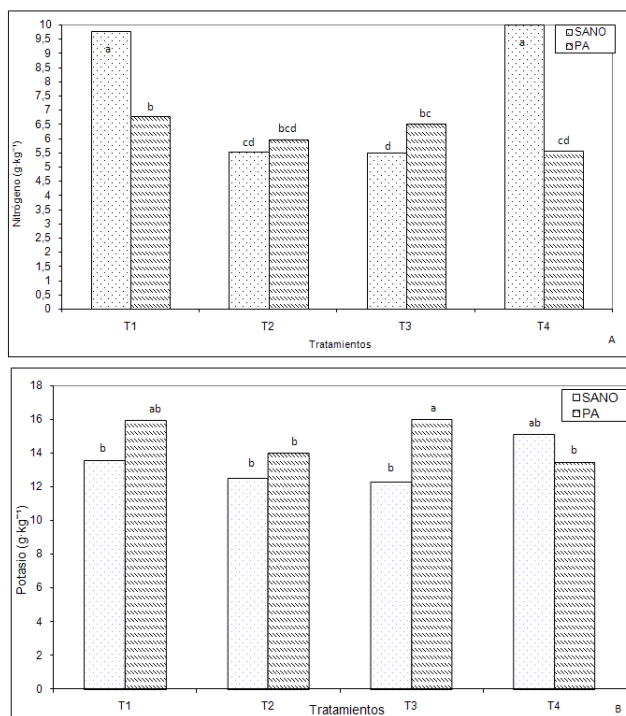
El contenido de Ca varió significativamente ($P < 0,05$) para la condición del fruto independientemente del tratamiento aplicado, observándose que los frutos sanos presentaron mayor contenido de Ca ($0,99 \text{ g.kg}^{-1}$) que los frutos con PA ($0,86 \text{ g.kg}^{-1}$). En este sentido Sams (1999), ha señalado que el Ca es el nutriente más frecuentemente asociado con la calidad de los frutos, ya que es el constituyente natural de la pared celular y de la lámina media (Kays, 1991). Mengel y Kirkby (2000), señala-

applied, being found that fruits with AR showed high content of P (1.82 g.kg^{-1}) than those healthy (1.43 g.kg^{-1}).

Ca content varied in a significant way ($P < 0.05$) for fruit condition independently of treatment applied, being observed that healthy fruits showed high Ca content (0.99 g.kg^{-1}) in comparison to fruits with AR (0.86 g.kg^{-1}). In this sense Sams (1999), have reported that Ca is the nutrient more associated to the fruit quality, because it is the natural of cellular wall and of the medium depth (Kays, 1991). Mengel and Kirkby (2000), pointed out that Ca is a vegetal macronutrient that play important biochemical functions favors numerous metabolic processes, like: formation of cellular wall, regulation of cell functionality, medium depth constitution, besides of activating several enzymatic systems, by contributing with the adequate plants development.

Ca bridges between pectic acids or between these and other polysaccharides made difficult the access and action of pectolytic enzymes produced by fruit that causes softening, and those produced by fungi and bacteria causing damage (Conway *et al.*, 1992). Likewise, Shear (1975), observed economical losses in vegetables and fruits, because to physiological disorders and rots caused by a inadequate content of Ca in its tissues.

In relation to Mg, content varied in a significant way ($P < 0.05$), according to fruit condition independently of treatment applied, being observed that damaged fruits with AR showed high content of Mg



*Medias con letras diferentes para cada elemento mineral difieren estadísticamente.

Figura 4. Variación del contenido mineral de A) Nitrógeno y B) Potasio en frutos de guayabo fisiológicamente hechos y en condición sanos y enfermos con pudrición apical (PA), provenientes de plantas tratadas con aplicaciones trimestrales de compost de cachaza de caña (MO) y tres aplicaciones de sulfato de calcio: T1 (Testigo), T2 (20 kg MO), T3 (6 kg de sulfato de calcio) y T4 (20 kg MO + 6 kg de sulfato de calcio).

Figure 4. Variation of mineral content of A) Nitrogen and B) Potassium in physiologically mature fruits and in healthy and damage condition with apical rot (AR), coming from plants treated with quarterly applications of sugarcane bagasse compost (OM) and three calcium sulfate applications: T1 (Control), T2 (20 kg OM), T3 (6 kg of calcium sulfate) and T4 (20 kg OM + 6 kg calcium sulfate).

ron que el Ca es un macronutriente vegetal que desempeña funciones bioquímicas importantes y favorece numerosos procesos metabólicos, como:

(0.74 g.kg⁻¹) in comparison to healthy fruits (0.69 g.kg⁻¹). In fruits with AR the high level of Mg corresponded to the lower level of Ca, behavior that

formación de la pared celular, regulación de la funcionalidad de la célula, constitución de la lámina media, además de activar varios sistemas enzimáticos, contribuyendo así con el adecuado desarrollo de las plantas.

Los puentes de Ca entre los ácidos pécticos o entre estos y otros polisacáridos dificultaron el acceso y la acción de enzimas pectolíticas producidas por el fruto que causan el ablandamiento, y de las producidas por los hongos y las bacterias que causan el deterioro (Conway *et al.*, 1992). Así mismo, Shear (1975), señaló pérdidas económicas en hortalizas y frutas, debido a desordenes fisiológicos y pudriciones causadas por un contenido inadecuado de Ca en sus tejidos.

Con relación al Mg el contenido varió significativamente ($P < 0,05$) según la condición del fruto independientemente del tratamiento aplicado, observándose que los frutos enfermos con PA presentaron mayor contenido de Mg ($0,74 \text{ g.kg}^{-1}$) que los frutos sanos ($0,69 \text{ g.kg}^{-1}$). En los frutos con PA el mayor nivel de Mg se correspondió con el menor nivel de Ca, comportamiento que puede explicarse por el efecto antagonístico que existe entre estos dos elementos (Bennett, 1993).

Con relación al contenido promedio de minerales en frutos, los valores obtenidos fueron 8,3 N; 1,7 P; 14,8 K; 1 Ca y $0,8 \text{ Mg g.kg}^{-1}$, niveles que se encontraron por debajo de los valores de suficiencia reportados para guayaba en el municipio Mara del estado Zulia, los cuales oscilaron alrededor de 9,8 N; 2,1 P; 8,7 K; 4,8 Ca; 1,2 Mg y $1,3 \text{ Na g.kg}^{-1}$ (Araujo *et al.*, 1997), a excepción del valor de K que fue superior en 70,11% al reportado. La dis-

could be explained by the antagonistic effect that exists between these two elements (Bennett, 1993).

In relation to mineral mean in fruits, values obtained were 8.3 N. 1.7 P. 14.8 K; 1 Ca and 0.8 Mg g.kg^{-1} , levels found below sufficiency values reported for guava in Mara municipality of Zulia state, which oscillated around 9.8 N, 2.1 P, 8.7 K, 4.8 Ca, 1.2 Mg and 1.3 Na g.kg^{-1} (Araujo *et al.*, 1997), with exception of K value was superior in 70.11% to those reported. Decrease on the mineral elements concentration in fruit during its growth was normal and was attributed to the dilution effect, product of increasing in carbohydrates proportion in dry matter of fruit (Williams and Biscay, 1991).

Guerra and Bautista (2002), in guava plants cultivated in Lara state, Venezuela, got values (1.8 P and 12.5 K g.kg^{-1}) in agreement with P and K values found in this research. Nevertheless, values reported in this study were lower than those reported by Rendiles *et al.* (2004), in guava fruits of 119 days-old (2 N , 0.4 P , 6.4 K , 0.5 Ca and 0.3 Mg g.kg^{-1}) in Mara municipality, Zulia state.

Fruit texture: the analysis of variance was not detected significant differences between treatments for fruit texture. These results were associated to firmness decreasing in fruits when advanced ripening, in where changes occurred in structure and cellular wall composition of vegetable cell, by degradation or enzymatic hydrolysis of cellulose pectic substance and polygalacturonic acids (Medina and Pagano, 2003).

minución de la concentración de elementos minerales en el fruto durante su crecimiento fue normal y se atribuyó al efecto de dilución, producto del aumento en la proporción de los carbohidratos en la materia seca de la fruta (Williams y Biscay, 1991).

Guerra y Bautista (2002), en frutos de plantas de guayabo cultivados en el estado Lara Venezuela, obtuvieron valores (1,8 P y 12,5 K g.kg⁻¹) coincidentes con los valores de P y K encontrados en esta evaluación. Sin embargo, los valores reportados en el presente estudio fueron menores que los reportados por Rendiles *et al.* (2004), en frutos de guayabo de 119 días de edad (2 N; 0,4 P; 6,4 K; 0,5 Ca y 0,3 Mg g.kg⁻¹) en el municipio Mara del estado Zulia.

Textura de los frutos: el análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre tratamientos para la textura del fruto. Estos resultados estuvieron asociados a la disminución de la firmeza en los frutos a medida que avanzó la maduración, donde ocurrieron cambios en la estructura y la composición de la pared celular de la célula vegetal, por la degradación o hidrólisis enzimática de las sustancias celulósicas, pépticas y ácidos poligalacturónicos (Medina y Pagano, 2003).

Conclusiones

La incidencia de la pudrición apical del guayabo no se vio afectada con la aplicación de los tratamientos evaluados observándose el mayor valor en el mes de septiembre de 2006.

Los frutos con pudrición apical presentaron mayor contenido mineral de P y K y menor contenido de N, Ca

Conclusions

The incidence of apical rot in guava was not affected with the application of treatments evaluated, being observed the higher value in September 2006.

Fruits with apical rot showed high mineral content of P and K and lower content of N, Ca and Mg, at a difference of healthy fruits.

Texture of healthy fruits was not affected with the application of different treatment evaluated.

Acknowledgement

Authors want to express their thanks to CORPOZULIA and to FONACIT (No. S1-2000000795; F-2001001117; G-2002000588) by the financial support given to this research.

End of english version

y Mg, a diferencia de los frutos sanos.

La textura de los frutos sanos no se vio afectada con la aplicación de los diferentes tratamientos evaluados.

Agradecimiento

Los autores desean expresar su agradecimiento a CORPOZULIA y al FONACIT (No. S1-2000000795; F-2001001117; G-2002000588) por el apoyo con el financiamiento para la realización de esta investigación.

Literatura citada

- AOAC. 1975. Official methods of analysis. 10th Edition. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.
- Araujo, F., S. Quintero, J. Salas, J. Villalobos y A. Casanova. 1997. Crecimiento y acumulación de nutrientes del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo «Criolla Roja» en la planicie de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 14:315-328.
- Arrieche, I. y O. Mora. 2005. Efecto de la aplicación de residuos orgánicos sobre el cultivo del maíz en suelos degradados del estado Yaracuy, Venezuela. Bioagro. 17:155-159.
- Arthey, D. y P. Ashurst. 1996. Procesado de frutas. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- Bennett, W.F. 1993. Plant nutrient utilization and diagnostic plant symptoms. p. 1-7. En: W. Bennett (Ed.). Nutrient deficiencias and toxicities in crop plants. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Bravo, V., D. Rodríguez, M.E. Sanabria, M. Marín-Larreal, R. Santos, E. Pérez y L. Sandoval. 2005. Momento de infección por *Dothiorella* sp. y aparición de síntomas de la pudrición apical del guayabo. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 22:369-381.
- Cedeño, L., C. Carrero y R. Santos. 1998. Podredumbre marrón en frutos del guayabo, causada por *Dothiorella* sp. fase conidial de *Botryosphaeria dothidea*, en los estados Mérida y Zulia. Fitopatología Venezolana. 11:16-23.
- Conway, W.S., C.E. Sams, R.G. McGuire y A. Kelman. 1992. Calcium treatment of Apples and Potatoes to reduce postharvest decay. Plant Disease. 76:329-334.
- Droby, S., M.E. Wisniewski, L. Cohen, B. Weiss, D. Touitou, Y. Eilam y E. Chalutz. 1997. Influence of CaCl₂ on *Penicillium digitatum*, grapefruit peel tissue, and biocontrol activity of *Pichia guilliermondii*. Phytopathology. 87:310-315.
- Ebert, G., J. Eberle, H. Ali-Dinar y P. Ludders. 2002. Ameliorating effects of Ca(NO₃)₂ on growth, mineral uptake and photosynthesis of NaCl-stressed guava seedlings (*Psidium guajava* L.). Scientia Horticulturae. 93:125-135.
- Fallahi, E., W.S. Conway, K.D. Hickey y C.E. Sams. 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance in apples. Hortscience. 32:831-835.
- Ferrer M., O. 1993. Manual de Laboratorio. Técnicas de análisis químico cuantitativo, aplicadas a las Ciencias Agropecuarias. Fac. de Agronomía. I.I.A. LUZ, Maracaibo, Venezuela.
- Guerra, E. y D. Bautista. 2002. Contenido foliar de elementos nutricionales en tres clones de guayaba (*Psidium guajava* L.) en época de alta actividad de crecimiento. Bioagro. 14:99-104.
- Kays, S.J. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. New York: AVI Book.
- Kohn, F.C.Jr. y F.F. Hendrix. 1983. Influence of sugar content and pH on development of white rot on apples. Plant Disease. 67:410-412.
- Laguado N., E. Pérez, C. Alvarado y M. Marín. 1999. Características físico-químicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criolla Roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 16:382-397.
- Laguado, N., M. Marín y L. Arenas de Moreno. 2002. Crecimiento del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo Criolla Roja. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 19:273-283.
- Marín, M., A. Abreu, L. Sosa y C. Castro de R. 1993. Variación de las características químicas de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.)

- en una plantación comercial del municipio Mara, estado Zulia. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 10:297-310.
- Marín-Larreal, M., A.M. Casassa-Padrón, E. Pérez-Pérez, C. González-Palmar, D. Chirinos-Torres, C. González y L. Sandoval. 2004. Enmiendas orgánicas para la recuperación de árboles de guayabo (*Psidium guajava* L.) infestados con *Meloidogyne incognita*. I. Variación de características fenológicas. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 21 (Supl. 1):129-136.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic Press. London. pp. 285-299.
- Medina, M. y F. Pagano. 2003. Caracterización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) tipo «Criolla Roja». *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 20:72-86.
- Mengel, K. y E.A. Kirkby. 2000. Principios de nutrición vegetal. Basel Switzerland: Internacional Potash Institute.
- Pérez, E. 1998. Aspectos epifitológicos de la pudrición apical de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. División de Estudios para Graduados. Programa Fruticultura. (Trabajo de Grado). Maracaibo, Venezuela. 63 pp. Mimeografiado.
- Pérez, E., M. Marín y R. Santos. 1997. Estudio exploratorio de plantaciones de guayabo del municipio Mara, estado Zulia. IV Pudrición de frutos. VI Congreso Nacional de Fruticultura, Barquisimeto, Venezuela. p. 86. (Resumen).
- Pratella, G.C. 2003. Note di biopatologia e tecnica di conservazione trasporto dei frutti: l'effetto del calcio in post-raccolta. *Revista di Frutticoltura* 6:70-71.
- Rendiles, E., M. Marín, C. Castro de Rincón y O. Ferrer. 2004. Variación en la concentración de minerales en frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.) del tipo criolla roja durante su desarrollo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 21(Supl. 1):306-313.
- Rojas G.M. y M. Rovalo. 1985. Fisiología vegetal aplicada. 3a. edición. Editorial McGraw Hill, Méx., D.F.
- Saborio, D., M. Murillo y F. Cavallini. 1997. Efecto del calcio en aplicaciones pre cosecha sobre la severidad de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) (Penz, Sacc.) y la calidad de frutos de papaya (*Carica papaya* L.). Estudios de mango poscosecha. Mercanet. pp. 2-7.
- Sams, C.E. 1999. Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest Biology and Technology* 15:249-254.
- Saure, M.C. 2001. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) – a calcium – or a stress-related disorder?. *Scientia Horticulturae* 90:193-208.
- Shear, C.B. 1975. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. *Hort. Sci.* 10:361-365.
- Sitterly, W.R. y J.R. Shay. 1960. Physiological factors affecting the onset of susceptibility of apple fruit to rotting by fungus pathogens. *Phytopathology* 50:91-93.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute, Inc. 1985. SAS User's Guide: Statistics. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1990. Bioestadística. Principios y procedimientos. México (México). Mc Graw-Hill/Interamericana de México. 2da. Edición.
- Williams, L.E. y P.J. Biscay. 1991. Partitioning of dry weight, nitrogen and potassium in Cabernet Sauvignon grapevines from anthesis until harvest, *Am. J. Enol. Vitic.* 42:113-117.