

Nota técnica:

Rendimiento y calidad de fruto en cuatro cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones protegidas

Technical note:

Yield and fruit quality in four cultivars of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) crop planted under protected conditions

M.B. Pérez Rivas¹, M. Albarracín², H. Moratinos² y F. Zapata Navas²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-CENIAP, Maracay.

²Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, CP 2105

Resumen

Habiendo escasa información local, el objetivo principal fue evaluar el rendimiento y calidad del fruto en cuatro cultivares de tomate, sembrado bajo condiciones protegidas, en la Universidad Central de Venezuela. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Se sembró en sustrato orgánico, a 4,5 plantas.m⁻², tutoradas a un solo tallo principal. Se utilizó riego por goteo y fertirriego. Las variables evaluadas fueron: número de frutos por racimo, número de racimos por planta, biomasa promedio del fruto, rendimiento total y variables de calidad de fruto (índice de forma, firmeza, °Brix, pH, acidez titulable y color del fruto). Los resultados obtenidos, mostraron que en rendimiento y número de racimos por planta, el mayor valor lo obtuvo el cv. Miramar con 15 kg.m⁻² y 7,25. Miramar y Rocio presentaron el mayor número de frutos por racimo con 5,26 y 4,69 respectivamente. La mayor biomasa promedio de frutos lo presentó el cv. Francesca con 215,44 g, seguido del cv. Rocio y Alcudia con valores de 162,23 g y 159,15 g y con el menor peso el cv. Miramar con 146,51 g. Los valores obtenidos en cuanto a las variables firmeza, °Brix, pH, y acidez titulable, coincidieron con las características de calidad exigidas en Venezuela para el consumo fresco de tomate. Se concluyó que el cultivar con mayor rendimiento fue Miramar, a mayor número de frutos menor biomasa de los mismos y que, los atributos de calidad obtenidos fueron deseables.

Palabras clave: *Solanum*, rendimiento, calidad, frutos, invernadero.

Abstract

The main objective of this research was to evaluate the yield and quality fruit in four cultivars of tomato, cultivated under protected conditions at Universidad Central de Venezuela. A randomized design was used with four treatments and five replications. Plants were sowed in organic substrate, at 4.5 plants.m² in a main stem. Drip irrigation or fertigation were used. The evaluated variables were: number of fruits per branch, number of branches per plant, average biomass of the fruit, total yield, and quality variables of the fruit (index of shape, firmness, °Brix, pH, titratable acidity and color of the fruit). The obtained results showed that in yield and number of clusters per plant, the highest value was obtained by cv. Miramar with 15 kg.m⁻² and 7.25. Miramar and Rocio presented the highest number of fruits per branch with 5.26 and 4.69 respectively. The highest average biomass of fruits was presented by cv. Francesca with 215.44 g, followed by cv. Rocio and Alcudia with values of 162.23 g and 159.15 g and the lowest biomass was obtained by cv. Miramar with 146.51 g. The values obtained regarding firmness, °Brix, pH and titratable acidity; agree to the quality characteristics demanded in Venezuela for the fresh consumption of tomato. We conclude that the cultivar with higher yield was Miramar, at higher number of fruits, lower weight of it, and the quality attributes were desirables.

Key words: *Solanum*, yield, quality, fruits, greenhouse.

Introducción

La situación actual del mercado para el tomate de consumo en fresco y en general de muchas hortalizas, se caracteriza por una fuerte competencia entre las distintas casas productoras de materiales híbridos, lo que trae como consecuencia la constante aparición de nuevos cultivares con corta vida en el mercado al ser desplazados con rapidez. En una situación, de tal competitividad, las exigencias para un producto como el tomate para consumo en fresco, son altas, tanto en lo referido a productividad como a características de calidad de los frutos: apariencia, sabor, aroma, textura y valor nutricional (Ruiz-Santaella, 2002; Rezende, 2004).

El criterio de calidad es controvertido, debido a que se define princi-

Introduction

The current situation of the market for fresh tomato, and in general for all vegetables, is characterized by a strong competence among the different productive enterprises of hybrid materials, which causes the constant apparition of new cultivars with short life in the market. In a situation with this competitiveness, the demands for a product for fresh consumption, such as tomato, are high, regarding the productivity and quality characteristics of fruits: appearance, taste, aroma, texture and nutritional value (Ruiz-Santaella, 2002; Rezende, 2004).

The quality criterion is controversial, due to is mainly defined based on the organoleptic

palmente en base a sus características organolépticas, las cuales dependen del genotipo, manejo de agua, salinidad, estado nutricional de la planta, entre otros (Bugarín *et al.*, 2002). Éstos criterios también dependen de la disposición de nutrientes, del balance nutricional entre órganos fuentes y sumideros y del manejo postcosecha, hasta lograr el desarrollo de los frutos, siendo la nutrición el principal factor que afecta su composición (Monselise y Goren, 1987). Las características de calidad más utilizadas en consumo fresco son: tamaño, color, forma, homogeneidad, firmeza, jugosidad, sabor y aspecto interno de los frutos al cosechar (Nuez, 1999; Rezende, 2004). Se requieren altas concentraciones de azúcares y ácidos para obtener el mejor sabor para tomates frescos (Young *et al.*, 1993; Mikelsen, 2005). Los compuestos volátiles como aldehído, cetona, alcoholes y ésteres insaturados, influyen sobre el sabor de los tomates (Dávila-Aviña *et al.*, 2011).

Debido a la gran diversidad de variedades y cultivares de tomate en el mundo es importante evaluar que tipos se adaptan mejor a las condiciones climáticas y edáficas de un determinado lugar y a las exigencias del consumidor. Específicamente los híbridos F_1 , especialmente los de larga vida, que tienden a eliminar los cultivares de polinización abierta (Rezende, 2004). En este campo, revisite particular importancia, los estudios para el desarrollo de los cultivos protegidos, bajo condiciones tropicales (Gómez *et al.*, 2000). Estos saberes pudiesen permitir el desarrollo, adaptación y validación de tecnología en producción de hortalizas. Lo cual im-

characteristics, which depend on the genotype, water handle, salinity, nutritional state of the plant, among others (Bugarín *et al.*, 2002). These criteria also depend on the availability of nutrients, the nutritional balance among organs and the post-harvest handle, until fulfilling the development of fruits, being the nutrition the main factor that affects its composition (Monselise and Goren, 1987). The most used quality characteristics for fresh consumption are: size, shape, homogeneity, firmness, juicy, taste and internal aspect of fruits (Nuez, 1999; Rezende, 2004). High concentrations of sugars and acids are required to obtain the best taste for fresh tomatoes (Young *et al.*, 1993; Mikelsen, 2005). The volatile compounds such as aldehyde, ketone, alcohols and unsaturated esters, influence on the taste of tomatoes (Dávila-Aviña *et al.*, 2011).

Due to the huge diversity of varieties and cultivars of tomato in the world, it is important to evaluate which type adapts better to the climatic and soil conditions of a determined place and to the exigencies of the consumer, specifically the hybrids F_1 , which tend to eliminate the cultivars with open pollination (Rezende, 2004). In this field, are very important the researches for the development of protected crops under tropical conditions (Gómez *et al.*, 2000). These researches might allow the development, adaptation and validity of the technology in vegetables; which implies, to deepen the knowledge, behavior of climatic variables modified with the plastic cover, as well as the biological variables of

plica profundizar el conocimiento, del comportamiento de las variables climáticas modificadas con la cobertura plástica, así como de las variables biológicas del cultivo y las interacciones entre ellas. Su dominio va a garantizar mayor productividad de los cultivos, mínima contaminación ambiental y mayor rentabilidad del proceso productivo. El estudio es muy importante para Venezuela porque esta tecnología es relativamente incipiente. El objetivo fue evaluar el comportamiento en cuanto a rendimiento y calidad del fruto, de cuatro cultivares de tomate en condiciones protegidas.

Materiales y métodos

El ensayo fue realizado en el Campo Experimental del Instituto y Departamento de Agronomía de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, ubicado en Maracay, municipio Mario Briceño Iragorry estado Aragua, a una altura de 450 msnm situada a 10°15' LN 67°37' LO, con precipitación media anual de 900 mm, en dos épocas bien definidas por la concentración o ausencia de lluvias y con temperatura media de 32°C entre los meses de abril y agosto de 2004 (Servicio climatológico FAGRO, 2004).

Se utilizó una estructura a base de hierro galvanizado tubular, tipo modular, con 6,5 m de altura a la cumbre y 4 m a la canal, con un área de 365 m² (20 m largo x 18,25 m ancho), con ventilación cenital tipo cupulino. Las paredes del sistema están cubierta con malla anti-pájaro, romboidal, con orificios de 20 mm x 20 mm, en los extremos y anti-insecto de 50 Mesh (20 x 10 hilos cm⁻²) en los laterales. La

the crop and their interaction. This will also guarantee a higher productivity of the crop, reduced environmental pollution and higher profitability of the productive process. This research is very important for Venezuela since this technology is relatively incipient. The objective was to evaluate the behavior regarding yield and fruit quality of four cultivars of tomato in protected conditions.

Materials and methods

The essay was carried out at the experimental field of the Institute and Department of Agronomy Faculty at "Universidad Central de Venezuela", located on Maracay, Mario Briceño Iragorry parish, Aragua state, at a height of 450 masl, located at 10°15' NL and 67°37' WL, with annual mean precipitation of 900 mm, in two well defined seasons by the concentration or absence of rains and with mean temperature of 32°C from april to august, 2004 (Servicio climatológico FAGRO, 2004).

A structure done with tubular galvanized steel was used, modular type, with 6.5 m of height in the ridge and 4 m in the channel, with an area of 365 m² (20 m length x 18.25 m width), with zenithal ventilation. The walls of the system are covered with anti-birds diamond-meshed netting with holes of 20 mm x 20 mm in the extremes and anti-insect of 50 mesh (20 x 10 threads cm⁻²) in the laterals. The orientation of the module was from north-south to take advantage of the west-east address of predominant winds. During the experiment both the zenithal aperture

orientación del módulo está en sentido norte-sur para aprovechar la dirección oeste-este de los vientos predominantes. Durante la experimentación tanto la apertura cenital como las ventanas laterales permanecieron cerradas.

Con el objeto de evaluar el microclima dentro de la estructura se realizaron registros continuos diarios de humedad y temperatura con un termohigrógrafo Lambrech Mod. TH10, ubicado en el área central del invernadero. Para los registros de densidad de flujo de fotones fotosintéticos, se utilizó una barra de medición de luz (Li-cor, 2004), la cual se usó para una sola medición al momento del trasplante. Para la caracterización climática en el exterior de la estructura se tomó como referencia los datos climáticos durante el período bajo experimentación de la estación meteorológica de la Facultad de Agronomía-UCV (Servicio climatológico FAGRO, 2004).

Se utilizaron cuatro cultivares híbridos comerciales de tomate tipo manzano, de hábito de crecimiento indeterminado: Rocio[®] y Alcudia[®] (Novartis Seeds, 2009), Francesca[®] (Hazera Genetics, 2002) y Miramar[®] (Seminis, 2002).

Las plántulas fueron trasplantadas a los 35 días después de la siembra en un sustrato orgánico contenido en canchales, utilizando una densidad de siembra de 4,5 plantas.m⁻² posteriormente fueron tutoradas y podadas a un solo tallo (Iglesias, 2006), el deshoje o aclareo de hojas bajas se realizó una vez que los frutos del primer racimo estuvieron bien formados dejando dos hojas por debajo de éste (Nuez, 1999). Se utilizó riego por goteo, con ramales dobles a 1,1 m, por-

as well as the lateral windows remained closed.

With the aim of evaluating the micro-weather inside the structure, daily continuous registers of humidity and temperature were done using a thermal-hygro Lambrecht Mod. TH10, located at the central area of the greenhouse. For the registers of flow density of photosynthetic photons, a measurement device of light was used (Li-cor, 2004), which was used for one measurement only at the moment of the transplant. For the climatic characterization in the exterior of the structure, was taken as reference the climatic data during the period under experimentation of the meteorological station of Facultad de Agronomía of UCV (Servicio climatológico FAGRO, 2004).

Four commercial hybrid cultivars of “manzano” tomato cultivars were used, with an undetermined growth habit: Rocio[®] y Alcudia[®] (Novartis Seeds, 2009), Francesca[®] (Hazera Genetics, 2002) and Miramar[®] (Seminis, 2002).

Seedlings were transplanted within 35 days after the sow in an organic substrate in masons, using a sow density of 4.5 plants.m⁻², later, were wired and cut in one stem (Iglesias, 2006), the defoliation or thinning of short leaves was done once the fruits of the first branch were well formed leaving two leaves under it (Nuez, 1999). Drip irrigation was used, with double branches at 1.1 m, with drips of 1.7 L.h⁻¹ separated at 35 cm, two daily irrigations of 20 min each were provided, applied per plant approximately 1.13 L.day⁻¹. Fertilizers were applied using fertigation with

tando goteros con descarga de $1,7 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ separados a 35 cm, se dieron dos riegos diarios de 20 min cada uno, aplicando por planta aproximadamente $1,13 \text{ L}\cdot\text{dia}^{-1}$. Los fertilizantes se aplicaron mediante fertirriego con aspiración directa a través de un Venturi, las dosis diarias fueron según la etapa fenológica del cultivo, el total aplicado fue: $12,32 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, $3,23 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P, $14,82 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K y $3,80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca (cantidades equivalentes a $404,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, $107,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P, $494,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K y $126,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Ca). Una vez que las plantas iniciaron floración, para asegurar la polinización se causaron vibraciones en las mismas, golpeando manualmente a diario los alambres del tutorado. La cosecha de frutos se inició a partir de los 70 días después del trasplante (ddt), en forma manual, dos veces por semana, en el estado 2 de madurez, que significa menos del 10% de la superficie del fruto con color amarillento o rosado. El despunte del tallo principal se realizó a los 84 ddt, una vez que la planta alcanzó la altura de los alambres del tutorado y con 5 a 7 racimos de frutos en formación (Nuez, 1999).

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos (cultivares) y cinco repeticiones, la unidad experimental estuvo conformada por 60 plantas distribuidas en tres canchales de $4,4 \text{ m}^2$ cada uno. Para efecto de cosecha se tomó como área efectiva la hilera central de cada unidad experimental de $4,4 \text{ m}^2$ conformada por 20 plantas. Para las variables: peso promedio de frutos se tomó el peso fresco de 30 frutos por tratamiento por repetición durante la tercera y cuarta cosecha, número de racimos florales por

direct aspiration using Venturi, the daily doses were according to the phenological phase of the crop, the total applied was: $12.32 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of N, $3.23 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of P, $14.82 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of K and $3.80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of Ca (quantities equal to $404.4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of N, $107.6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of P, $494.0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of K and $126.8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of Ca). Once the plants indicated flowering, to assure the pollination vibrations in the flowers were caused, moving daily the wirings. The fruits' harvest started 70 days after the transplant (ddt) manually, twice per week, in the 2 ripening phase, which means less than 10% of the fruit's surface with yellowish or pink color. The emergence of the main stem was done at 84 ddt, once the plant reached a height of the wires and with 5 to 7 branches of fruits in formation (Nuez, 1999).

A completely randomized design with four treatments (cultivars) and five replications was used; the experimental unit was formed by 60 plants distributed in three masons of 4.4 m^2 each. For effects of the harvest, was considered as effective area the central row of each experimental unit of 4.4 m^2 formed by 20 plants. For the variables: average biomass of fruits, was taken the fresh biomass of 30 fruits per treatment per replication during the third and fourth harvest, number of floral branches per plant, was done counting the number of total branches per plant until the emergence of the main stem, and for the variable number of fruits per branch: was determined counting the number of fruits per branch at two (02) plants per treatment per replication in the first four branches. Regarding the variables related to the quality of the fruit: index

planta, se realizó contando el número de racimos totales por planta hasta el despunte del tallo principal y para la variable número de frutos por racimo: se determinó contando el número de frutos por racimo en dos (02) plantas por tratamiento por repetición, en los primeros cuatro racimos. En cuanto a las variables asociadas a la calidad del fruto: índice de forma (Rubio *et al.*, 2010), firmeza, °Brix, pH y acidez titulable, los análisis fueron realizados a un número de cuatro frutos por tratamiento por repetición en el estado 4 de madurez, es decir con 30 a 60% de la superficie del fruto con color rosado a rojo claro y para índice de forma se tomaron 30 frutos para determinación de la misma.

Los análisis estadísticos fueron realizados con Statistix for Windows® (Statistix, 2004).

Resultados y discusión

Caracterización climática.

Temperatura. Los resultados obtenidos a través de los registros continuos de temperatura indicaron, que los mayores valores absolutos de temperatura máxima fueron observados durante el día en un rango de 31 a 41°C en los meses de mayo a agosto en el interior de la estructura; encontrando valores menores en el exterior (cuadro 1). Éstos fueron registrados en el período, entre las 11:00 am hasta las 2:00 pm. Estos resultados coincidieron con lo señalado por López-Gálvez y Naredo (1996), quienes indicaron que la temperatura del aire dentro del invernadero fue superior a la del exterior durante el día; y durante la noche la menor temperatura ocurrió dentro de

of the shape (Rubio *et al.*, 2010), firmness, °Brix, pH and titratable acidity, the analysis were done to four fruits per treatment per replication in the stage 4 of ripening, that is, 30 to 60% of the fruit's surface with pink to clear red color and for the index of the shape were used 30 fruits for determining it.

The statistical analysis were done using Statistix for Windows® (Statistix, 2004).

Results and discussion

Climatic characterization

Temperature. The results obtained through the continuous registers of temperature indicated that the highest absolute values of maximum temperature were observed during the day in a rank from 31 to 41°C from may to august in the interior of the structure, finding lower values in the exterior (table 1). These were registered in the period, from 11:00 am until 2:00 pm. These results agree to those mentions by López-Gálvez and Naredo (1996), who indicated that the air's temperature inside the greenhouse was superior to the exterior during the day; and during the night the lower temperature occurs inside the structures. Even when were registered maximum temperatures over the values considered as optimum for the growth and development of the tomato's cultivar, were observed yields equals or superior (100 to 150 Tm.ha⁻¹). These results differed from those found by Gómez *et al.*, (2000), Rodríguez *et al.* (1997) and Atherton and Harris (1986) who mention that at height temperatures, over 32°C, was observed

las estructuras. Aun cuando se registraron temperaturas máximas por encima de los valores considerados óptimos para el crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate, se observaron rendimientos iguales o superiores (100 a 150 Tm.ha⁻¹). Estos resultados difirieron de los encontrados por Gómez *et al.* (2000); Rodríguez *et al.* (1997) y Atherton y Harris (1986) quienes señalaron que a temperaturas muy altas, por encima de 32°C, se observó un alto porcentaje de caída de flores y además afectó la calidad del fruto, al originarse tonalidades amarillentas, sintomatología, que no se observó en este ensayo.

Humedad Relativa. En el cuadro 1, se presentan los valores obtenidos de temperatura (°C) y humedad relativa (HR) en el interior y exterior

a high percentage of flower's defoliation, also, it affects the quality of the fruit, when were originated yellowish tones, symptoms, which were not observed in this research.

Relative humidity. In table 1 are presented the values obtained of temperature (°C) and relative humidity (HR) in the interior and exterior of the structure during the crop's cycle. The results showed for the maximum values of °C and HR, numbers inferior in the interior of the structure, in relation to the exterior of it, which agrees to the mentioned by different authors, who affirmed that the vapor's content of the water in the air, depends on the temperature, while, the higher the air's temperature was, lower was the vapor's content of water (López-Gálvez and López-Hernández (1996).

Cuadro 1. Valores absolutos máximos y mínimos de temperatura (°C) y humedad relativa (%) registrados, dentro (INT) y fuera (EXT) de la estructura de protección durante el ciclo del cultivo de tomate.

Table 1. Maximum and minimum absolute values of temperature (°C) and relative humidity (%) registered inside (INT) and outside (EXT) the protection structure during the crop cycle of tomato.

Meses	Temperatura (°C)				Humedad relativa (%)			
	Máxima		Mínima		Máxima		Mínima	
	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT
Mayo	41,72	31,10	24,19	24,30	83,00	95,00	47,00	51,00
Junio	33,24	30,80	21,44	23,50	90,00	95,00	67,00	46,00
Julio	34,30	31,10	21,51	23,30	87,00	95,00	63,00	46,00
Agosto	31,44	30,80	21,97	24,00	84,00	95,00	73,00	51,00

Fuente: Estación climatológica Luis Bascones. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.

de la estructura durante el ciclo del cultivo. Los resultados mostraron para los valores máximos de °C y HR, cifras menores en el interior de la estructura, en relación al exterior de la misma, lo cual concordó con lo señalado por diversos autores, quienes afirmaron que el contenido de vapor de agua en el aire dependió de la temperatura, mientras mayor fue la temperatura del aire el contenido de vapor de agua fue menor (López-Gálvez y López-Hernández, 1996). Estos valores de HR se encontraron por encima de los valores óptimos señalados por Gómez *et al.* (2000), Rodríguez *et al.* (1997) y Atherton y Harris (1986) para el cultivo de tomate, la cual debería oscilar entre 45% y 60%. Los valores pareciesen contradictorios, aun cuando la ventilación cenital permaneció cerrada, se debe tener presente que los laterales permitieron ventilación continuamente, lo cual fue favorable al comportamiento del patrón de humedad relativa dentro de la estructura. Estos autores indicaron que una HR muy elevada favoreció el desarrollo de enfermedades foliares, lo cual justificó la aparición tardía de enfermedades, como *Phytophthora*, *Alternaria*, *Cladosporium* y *Cercospora* en los cuatro cultivares cuando estos llegaron a la fase reproductiva, sin efectos negativos aparentes sobre el rendimiento.

Radiación Solar. Al momento de realizarse el trasplante se registró una radiación PAR promedio de 22 MJ.m⁻².día⁻¹ en el exterior, coincidente con datos del INIA (2011) para Maracay y de 14 MJ.m⁻².día⁻¹ en el interior de la estructura, lo cual correspondió a un 63% de la PAR total. Esta cantidad de radiación solar fue suficiente para que

These values of HR were over the optimum values reported by Gómez *et al.* (2000), Rodríguez *et al.* (1997) and Atherton and Harris (1986) for tomato, which oscillates from 45% to 60%. The values seem to be contradictory, and even when the zenithal ventilation remained close, must be taken into consideration that the laterals allow continuous ventilation, which was favorable to the pattern behavior of relative humidity inside the structure. These authors indicated that a very high HR favors the development of foliar diseases, which justifies the late apparition of diseases such as *Phytophthora*, *Alternaria*, *Cladosporium* and *Cercospora* in the four cultivars, when these got to the reproductive phase, without apparent negative effects on the yield.

Solar radiation. At the moment of transplanting, was registered a PAR radiation averaged of 22 MJ m⁻² day⁻¹ in the exterior, which agree to the data of INIA (2011) for Maracay and 14 MJ.m⁻².day⁻¹ in the interior of the structure, which corresponds to 63% of the total PAR. This quantity of solar radiation was enough to carry out the physical and chemical processes in the plants, being the minimum threshold 0.85 MJ.m⁻².day⁻¹ (Kinet, 1977). Similar results were obtained by Radin *et al.* (2003) who obtained values of 14 MJ.m⁻².day⁻¹ in a tomato crop growing at different environments in protected conditions in Dorado del Sur parish, Brazil. At the same time these results agree to Jaímez *et al.* (2005) in Caracas, Venezuela and Contreras and Marín (1999) located in Maracay, Venezuela.

se lleven a cabo los procesos físicos y químicos en las plantas, siendo el umbral mínimo $0,85 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{día}^{-1}$ (Kinet, 1977). Resultados similares fueron obtenidos por Radin *et al.* (2003) quienes obtuvieron valores de $14 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{día}^{-1}$ en un cultivo de tomate creciendo en diferentes ambientes en condiciones protegidas en el municipio El Dorado del Sur, Brasil. A la vez coincidió con Jaímez *et al.* (2005) en Caracas, Venezuela y Contreras y Marín (1999) ubicado en Maracay, Venezuela.

Caracterización de la producción.

Número de racimos florales por planta. El cuadro 2, muestra los valores para la variable. Donde Miramar fue el cultivar que presentó mayor número de racimos florales, siendo diferente estadísticamente de Alcudia. Los cultivares Rocio y Francesca conformaron un grupo intermedio. Los resultados obtenidos para esta variable fueron superiores a los señalados por Zapata (1999), quien obtuvo un promedio de 3,61 racimos florales en plantas de tomate podadas a un solo tallo en un ciclo de 90 días aproximadamente, en un ensayo realizado en La Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay.

Número de frutos por racimo y biomasa promedio de frutos. El número de frutos por racimo, mostró diferencias estadísticas entre los cultivares estudiados. En el cuadro 2, se presentan los resultados de la prueba de medias. El mayor número de frutos por racimo lo tuvieron los cultivares Miramar y Rocio. Mientras que Francesca y Alcudia, mostraron las menores cantidades. Para la varia-

Characterization of the production

Number of floral branches per plant. Table 2 shows the values for the variable, where Miramar was the cultivar which had higher number of floral branches, being statistical different to Alcudia. Cultivars Rocio and Francesca formed an intermediate group. The results obtained for this variable are superior to the reported by Zapata (1999), who obtained an average of 3.61 floral branches in tomato plants cut in one stem in a 90-day cycle approximately, on an essay carried out at “Universidad Central de Venezuela”, Facultad de Agronomía, Maracay.

Number of fruits per branch and average biomass of fruits. The number of fruits per branch showed statistical differences among the cultivars studied. In table 2 are presented the results of the means test. Cultivars Miramar and Rocio had the highest number of fruits per branch, while Francesca and Alcudia showed the lowest quantities- For the variable average biomass of fruits, were found significant statistical differences among the cultivars, being Francesca the cultivar that presented the highest biomass of the fruit, Rocio and Alcudia follow and finally Miramar, with the lowest biomass of the fruits. Relating both variables can be observed that cultivar Miramar was the one that presented the highest number of fruits per branch, but at the same time the one with the lowest weight of fruits, while Francesca, Rocio and Alcudia, in spite of presenting a lower number of fruits per branch, had a higher biomass of fruits.

Cuadro 2. Variables asociadas al rendimiento y coeficiente de variación, en cuatro cultivares de tomate sembrado bajo condiciones protegidas.

Table 2. Variables associated to yield and variation coefficient in four tomato cultivars sowed under protected conditions.

Cultivares*	Variables		
	Nº. racimos por planta	Nro. frutos por racimo	Biomasa promedio frutos (g)
Miramar	7,25 ^a	5,26 ^a	146,51 ^c
Rocio	6,60 ^{ab}	4,69 ^a	162,23 ^b
Francesca	6,65 ^{ab}	2,97 ^b	215,44 ^a
Alcudia	6,35 ^b	2,93 ^b	159,15 ^{bc}
CV (%)	8,91	22,54	40,62

Medias seguidas de letras distintas en la misma columna, fueron estadísticamente diferentes según la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5%.

CV = Coeficiente de variación

*Promedio de dos plantas en competencia completa por tratamiento.

Coeficiente de correlación= -0,64 (entre variables número y biomasa de frutos)

ble biomasa promedio de los frutos, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los cultivares, siendo Francesca el cultivar que presentó la mayor biomasa de fruto, luego le siguieron Rocio y Alcudia; y por último Miramar con la menor biomasa de frutos. Al relacionar ambas variables se observó que el cultivar Miramar fue el que presentó el mayor número de frutos por racimo, pero a su vez fue el que tuvo menor biomasa de frutos, mientras que Francesca, Rocio y Alcudia a pesar de presentar un menor número de frutos por racimo tuvieron una mayor biomasa de frutos.

Respuestas similares a este ensayo encontraron Velásquez (1992), Heuvelink y Buiskool (1995) quienes señalaron que la biomasa del fruto se encontró en correspondencia con el tipo

Similar responses were found by Velásquez (1992), Heuvelink and Buiskool (1995), who mention that the fruit's biomass corresponds to the type of inflorescence, and with the number of flowers per branch, the cultivars with a high fructification index tend to have a lower average biomass of the fruits. Mansour (1998) considered that in the cultivars that tended to produce smaller fruits, the branches must be pruned to limit the number of fruits, thus, obtain the increment in the size of these in the branch. In this research can be mentioned that cultivar Miramar might be submitted to branches' prune to increase the biomass of the fruits.

Yield. The mean test showed in table 3, indicates differences between the evaluated cultivars. Miramar was

de inflorescencia y con el número de flores por racimo, los cultivares con un elevado índice de fructificación, tendieron a tener menor biomasa promedio de los frutos. Mansour (1998), consideró que los cultivares que tendieron a producir frutos pequeños, el racimo debería podarse para limitar el número de frutos y así lograr el aumento de tamaño de los mismos en el racimo. En este estudio se puede señalar que el cultivar Miramar posiblemente debería ser sometido a poda de racimos para incrementar la biomasa de los frutos.

Rendimiento. La prueba de medias reflejada en el cuadro 3, indicó diferencias entre los cultivares evaluados. Miramar fue el cultivar con mayor rendimiento (15,23 kg.m⁻²), luego le siguieron Rocio y Francesca con valor promedio intermedio (12,16 kg.m⁻²), y por último el cultivar Alcudia con el menor rendimiento (10,79 kg.m⁻²). Cuando se analizó en conjunto la variable rendimiento con las variables número de frutos por racimo y biomasa

the cultivar with the highest yield (15.23 kg.m⁻²), then comes Rocio and Francesca with an intermediate average value (12.16 kg.m⁻²), finally, Alcudia cultivar with the lowest yield (10.79 kg.m⁻²). When was analyzed the yield variable along to the variables number of fruits per branch and average biomass of fruits, was found that cultivar Miramar presented higher yield by m², higher number of fruits per branch and lower average biomass of fruits. In the case of cultivar Francesca, it presented values lower than the cultivar miramar, regarding the yield and number of fruits per branch, but with higher average biomass of fruits. The quantity of fruits per branch affects directly the biomass of these having the same substitution of organs, being convenient the pruning of these (Chamarro, 1995; Rezende, 2005). Other factor that could have influenced the yield differences among the cultivars was the expression of the

Cuadro 3. Rendimiento en kg.planta⁻¹, kg.m⁻² y estimación en kg.ha⁻¹ de cuatro cultivares de tomate sembrado bajo condiciones protegidas.

Table 3. Yield in kg.plant⁻¹, kg.m⁻² and estimation in kg.ha⁻¹ of four tomato cultivars sowed under protected conditions.

Cultivares	Rendimiento (kg.planta ⁻¹)	Rendimiento (kg.m ⁻²)	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)
Miramar	3,38 ^a	15,23 ^a	152.300
Rocio	2,73 ^b	12,27 ^b	122.700
Francesca	2,68 ^b	12,05 ^b	120.500
Alcudia	2,40 ^c	10,79 ^c	107.900

Medias seguidas de letras distintas en la misma columna, fueron estadísticamente diferentes según la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5%.

promedio de frutos, se encontró que el cultivar Miramar presentó mayor rendimiento por m^2 , mayor número de frutos por racimo y menor biomasa promedio de frutos. En el caso del cultivar Francesca presentó valores menores que el cultivar Miramar en cuanto a rendimiento y número de frutos por racimo, pero con mayor peso promedio de frutos. La cantidad de frutos por racimo afectó directamente la biomasa de los mismos al tener la misma suplencia de los órganos, siendo conveniente la poda de los mismos (Chamarro, 1995; Rezende, 2005). Otro de los factores, que podría haber influenciado sobre las diferencias de rendimiento entre los cultivares, fue la expresión del vigor híbrido, posiblemente el material genético de cada híbrido fue diferente, lo cual fue señalado por Velásquez (1992).

Resultados similares a los obtenidos, fueron reportados por Correa (2004), bajo las mismas condiciones de Maracay, quien reportó valores de 9,29 a 10,53 $kg.m^{-2}$. Lozada (2002) en Baruta, altos mirandinos de Venezuela evaluó ocho cultivares de tomate para producción en invernadero, siendo Francesca el cultivar con mayor rendimiento con 17,13 $kg.m^{-2}$. Zapata (2004), trabajando con tratamientos de podas en racimos en un cultivo de tomate en condiciones protegidas en Almería, España obtuvo los mayores rendimientos en suelo enarenado entre 8,94 $kg.m^{-2}$ y 13,66 $kg.m^{-2}$ para cultivares Daniela y Pitensa, respectivamente. Es importante señalar que el ciclo del cultivo en este ensayo, fue de 125 días, obteniendo rendimientos superiores a los de campo abierto y mayores o iguala-

hybrid vigor, maybe the genetic material of each hybrid was different, which was mentioned by Velásquez (1992).

Similar results to those obtained were reported by Correa (2004), under the same conditions of Maracay, who reported values from 9.29 to 10.53 $kg.m^{-2}$. Lozada (2002) in Baruta, Altos mirandinos, Venezuela, evaluated eight cultivars of tomato for greenhouse production, being Francesca the cultivar with the highest yield with 17.13 $kg.m^{-2}$. Zapata (2004), working with pruning treatments in branches in a tomato crop in protected conditions in Almería, España, obtained the highest yields in sanded soil from 8.94 $kg.m^{-2}$ and 13.66 $kg.m^{-2}$ for cultivars Daniela and Pitensa, respectively. It is important mentioning that the crop's cycle in this research was of 125 days, obtaining yields superior to those of open field and higher or equal to those found in different researches under protected conditions in the country.

Quality characterization

Variables related to quality.

In Table 4 can be observed that the four cultivars Miramar, Rocio, Francesca and Alcudia did not present differences in the firmness variable, with sufficient values to tolerate the handle and manipulation of these with a higher post-harvest life. Miramar was inferior in °Brix and titratable acidity, surpassing the other three in pH. The °Brix/acidity relation shows the highest values for Francesca and Miramar, being the lowest in Rocio and Alcudia. According to Kader *et al.*, (1978) if the relation is higher to 10, are high-quality products. Regarding the shape's index (table 4) two groups were formed:

les a los encontrados en diferentes investigaciones bajo condiciones protegidas en el país.

Caracterización de la calidad.

Variables asociadas a la calidad. En el cuadro 4, se puede observar que los cuatro cultivares Miramar, Rocío, Francesca y Alcudia no presentaron diferencias en la variable firmeza, con valores suficientes para tolerar el manejo y manipulación de los mismos con mayor vida postcosecha. Miramar fue inferior en °Brix, y acidez titulable, logrando superar a los otros tres en pH. La relación °Brix/Acidez mostró valores más altos para Francesca y Miramar, siendo más bajos en Rocío y Alcudia. Según Kader *et al.* (1978) si la relación fue mayor de 10, fueron frutos de alta calidad. En cuanto al índice de forma (cuadro 4) se conformaron dos grupos: achatados y ovoideos clasificando dentro del primer grupo Miramar y Francesca y en el segundo Rocío y Alcudia. De acuerdo a los valores obtenidos de firmeza, °Brix, pH, y acidez titulable, se podría señalar que los cuatro cultivares presentaron las características deseables en cuanto a la calidad de los frutos para consumo fresco (Saini y Singh, 1994).

Conclusiones

El cultivar con mayor rendimiento bajo las condiciones de este ensayo fue Miramar, el cual presentó el valor más alto (152 Tm.ha⁻¹) superando en un 20,15% a Rocío y Francesca; y en 29,15% a Alcudia respectivamente.

Los cultivares que presentaron mayor número de frutos por racimo presentaron la menor biomasa de fru-

flattened and oval classifying on the first group Miramar and Francesca and on the second Rocío and Alcudia. According to the obtained values of firmness, °Brix, pH and titratable acidity, can be said that the four cultivars presented desirable characteristics regarding the quality of the fruits for fresh consumption (Saini and Singh, 1994).

Conclusions

The cultivar with the highest yield under the conditions of this research was Miramar, which presented the highest value (152 Tm.ha⁻¹) surpassing in 20.15% to Rocío and Francesca, and in 29.15% to Alcudia, respectively.

The cultivars with the highest number of fruits per branch presented the lowest biomass of fruits. The correlation coefficient among these two variables was of -0.64, by being negative is proved that when one variable increases (number) the other decreases (biomass).

The values obtained regarding the attributes of quality in the four cultivars of tomato presented desirable characteristics regarding the quality of fruits for the fresh consumption.

The crops' protection is a technology that if applied rationally, can result positively in the production of high-quality tomatoes.

End of english version

tos. El coeficiente de correlación entre estas dos variables fue de -0,64, al ser negativa, se corrobora, que al aumentar una variable (número) disminuye la otra (biomasa).

Cuadro 4. Variables asociadas a la calidad del fruto de tomate sembrado bajo condiciones protegidas.

Table 4. Variables associated to the fruit's quality of tomato sowed under protected conditions.

Cultivares	Variables							
	Firmeza	°Brix	pH	Acidez titulable	Relación °Brix/Ac	Índice de forma	Forma	
Miramar	0,49 ^a	4,57 ^b	4,63 ^a	0,25 ^b	18,28	0,79 ^b	Achatado	
Rocio	0,36 ^a	5,10 ^a	4,46 ^b	0,43 ^a	11,86	0,88 ^a	Ovoide	
Francesca	0,53 ^a	5,03 ^a	4,49 ^b	0,35 ^a	15,51	0,79 ^b	Achatado	
Alcudia	0,64 ^a	5,03 ^a	4,49 ^b	0,37 ^a	13,59	0,91 ^a	Ovoide	
CV (%)	33,61	3,51	1,04	11,69	---	---	---	

Medias seguidas de letras distintas en la misma columna, son estadísticamente diferentes según la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5%.

CV = Coeficiente de variación.

Los valores obtenidos en cuanto a los atributos de calidad, en los cuatro cultivares de tomate presentaron características deseables en cuanto a la calidad de los frutos para consumo fresco.

La protección de cultivos es una tecnología, que si es bien aplicada y se hace racionalmente, puede dar buena producción de tomates de calidad.

Literatura citada

- Atherton, J. y G. Harris. 1986. Flowering. p. 167-194 *In*: Atherton, J. and Rudich, J. The tomato crop. Chapman and hall Ltd. London. Great Britain.
- Bugarín, R., P. Sánchez, A. Spinola y D. Garcías. 2002. Demanda de potasio del tomate tipo Saladette. *Terra* 20 (2): 391-399.
- Chamarro, J. 1995. Anatomía y fisiología de la planta. En: Nuez, F. 1999. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. ISBN: 84-7114-549-9. Madrid. España. p. 44-91
- Contreras, F. y D. Marín. 1999. Comparación de la tasa fotosintética foliar y del crecimiento en dos cultivares de *Canavalia ensiformis* (L.) DC., bajo condiciones de invernadero. *Rev. Fac. Agron. LUZ.* 16:19-37.
- Correa, E. 2004. Efecto de dos dosis de potasio sobre la calidad del fruto de tres cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones protegidas. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela. 47 p.
- Dávila-Aviña, J., G. González-Aguilar, J. Ayala-Zavala, D. Sepúlveda e I. Guadalupe Olivas. 2011. Compuestos volátiles responsables del sabor del tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34 (2):133-143.
- De Koning, A.d.N.M. 1996. Model predictions of optimum shoot density and truss size in glasshouse tomato. *Acta Horticulturae*. (ISHS) 417:99-106
- Gómez, O., A. Casanova, H. Laterrol y G. Anais. 2000. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el caribe. Instituto de investigaciones Hortícola "Liliana Dimitrova". La Habana, Cuba. 159 p.
- Hazera Genetics. 2002. Vegetable Seeds. Cultivars. [En línea] <http://www.hazera.co.il/english/about-profile.asp> [Consultado el 21 de septiembre de 2010].
- Heuvelink, E. y R. Buiskool. 1995. Influence of sink-source interaction on dry matter production in tomato. *Annals of Botany* 75 (4):381-389.
- Iglesias, N. 2006. Tomate en invernadero: conducción y poda. *Boletín Técnico* N° 4. Serie H-2. INTA. Alto Valle del Río Negro, Argentina. 40 p.
- INIA. 2011. Históricos CENIAP 1998-2011. Aragua-CENIAP-Maracay. [En línea] http://agrometeorologia.inia.gob.ve/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=248&Itemid=31. [Consultado el 31 de enero 2012]
- Jaímez, R., P. Martínez y R. Da Silva. 2005. Microclima en Invernaderos: sus efectos sobre intercambio de gases en cultivos, casos de Venezuela. Universidad de los Andes. Mérida. Saber-ULA. [En línea] http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/17257/1/invernaderos_venezuela.pdf. [Consultado el 18 de Junio 2009].
- Kader, A.A., L. Morris, M. Stevens y M. Albright-Holton. 1978. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. *Journal American Society Horticultural Science* 103(1):6-11.
- Kinet, J.M. 1977. Effect of light condition on the development of the inflorescence in tomato. *Scientia Horticulturae* 6:15-26.
- Li-cor. 2004. Li-cor Biosciences. [En línea] http://www.licor.com/env/Products/Sensors/250A/li250A_introduction.jsp. [Consultado el 21 de Marzo 2009].

- López-Gálvez, J. y J.M. Naredo. 1996. Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustratos. Edición Fundación Argentaria. Colección Economía y Naturaleza. Volumen 6. Serie Textos Aplicados. ISBN: 84-7774-976-0. Madrid. España. 294 p
- López-Gálvez, J. y J. López-Hernández 1996. Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustratos. En: López-Gálvez, J. y J.M. Naredo. 1996. Edición Fundación Argentaria. Colección Economía y Naturaleza. Volumen 6. Serie Textos Aplicados. ISBN: 84-7774-976-0. Madrid. España. 294 p
- Lozada, H. 2002. Evaluación agronómica de cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y pimentón (*Capsicum annum* L.) producidos en invernadero en el Valle de Sartanejas, municipio Baruta, estado Miranda. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela. 120 p.
- Mansour, N. 1998 (Septiembre, 2002). Pruning and training. [En línea]. <http://www.orst.edu/Dept/NWRE/tomatogh.html#soilless>. [Consultado el 18 de diciembre del 2010].
- Mikelsen, R. L. 2005. Tomato flavor and plant nutrition a brief review. *Better Crops with Plant Food*. 89(2):14-15.
- Monselise, S. y R. Goren. 1987. Pre-harvest growing condition and postharvest behavior of subtropical and temperate-zone fruit. *Horticultural Science*. 22:1185-1189.
- Novartis Seeds. 2009. Syngenta-Rogers Ind. Company history. Evolution in years 1758-2008. [En línea] http://www2.syngenta.com/en/about_syngenta/companyhistory.html. [Consultado el 23 de abril 2009].
- Nuez, F. 1999. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. ISBN: 84-7114-549-9. Madrid. España. 793 p.
- Radin, B., H. Bergamaschi, C. Reisser, N. Barni, R. Matzenauer y A. Didone. 2003. Use efficiency of photosynthetically active radiation by tomato plants grown in different environments. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasil, 9:1017-1023.
- Rezende A. y M.A. Tomate. 2004. Editora UFLA. Brasil. ISBN: 85-87692-20-8. 393 p.
- Rodríguez, M., J. Rodríguez y J. Medina. 1997. El cultivo moderno del tomate, 2ª ed. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España. 253 p.
- Rubio, J.S., F. García-Sánchez, P. Flores, M. Navarro y V. Martínez. 2010. Rendimiento y calidad de los frutos de pimiento en respuesta a la fertilización con Ca²⁺ y K⁺. *Revista de Investigación Agraria*, 2010 MAR; 8 (1). ISSN: 1695-971-X. Universidad Complutense de Madrid. España. P. 170-177.
- Ruiz-Santaella, J.L. 2002. Tipo y especificaciones de calidad en el cultivo de tomate. *Vida Rural*. Nº 148. Ediciones Eumedia S.A., Madrid, España. ISBN: 133-8938, p. 840-842.
- Saini, S. y S. Singh. 1994. Juice composition of some new tomato hybrids. *Journal of Food Science and Technology* 33(3):31-232.
- Seminis. 2002. Seminis Vegetable Seeds, Inc. [En línea] <http://us.seminis.com/about/default.asp>. [Consultado el 20 de diciembre 2010].
- Servicio climatológico FAGRO. 2004. Boletín datos climáticos año 2004. Estación meteorológica: Prof. Luis Bascones. Instituto de Ingeniería Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela. 12 p.
- Statistix. 2004. Statistix for Windows®. Analytical Software. PO Box 12185. Tallahassee. FL. 32317. USA. Web: <http://www.statistix.com>
- Velásquez, 1992. Mejoramiento genético en algunas especies hortícolas de importancia económica. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de Bayamo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 40 p.
- Young, T., J. Jovic y J. Sullivan. 1993. Accumulation of the components of

total solids in ripening fruits of tomato. *Journal American Society Horticultural Science* 118:286-292.

Zapata, F. 2004. Evaluación de poda de racimos en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.),

sembrado bajo condición de invernadero, para cosecha de ramilletes. Tesis Doctoral. Universidad de Almería. Almería. España. 246p.