

Requerimiento hídrico y edad de trasplante de la berenjena *Solanum melongena* L. bajo riego por goteo en el Valle del Rio Guarapiche.

José Alexander Gil-Marín^{1*} , Nelson José Montaña-Mata^{2 †}, Gerobohan José Pérez-Córcega¹

¹ Universidad de Oriente (UDO), Departamento de Ingeniería Agrícola, Núcleo Monagas, Campus Los Guaritos, Maturín, Venezuela. ² Universidad de Oriente (UDO), Departamento de Agronomía, Núcleo Monagas, Campus Los Guaritos, Maturín, Venezuela. * Correo electrónico: jalexgil2005@hotmail.com

Resumen

Con la finalidad de investigar la respuesta del desarrollo de frutos de berenjena (*Solanum melongena* L.) cultivar Long purple a diferentes regímenes de manejo del agua de riego y edades de trasplante, se realizó un experimento en el sector San Vicente, Municipio Maturín, Estado Monagas, Venezuela, entre los meses de junio-septiembre de 2015. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, con un arreglo de parcelas divididas, donde las parcelas principales fueron las diferentes láminas de riego y las subparcelas las dos edades de trasplante. Se aplicaron ocho tratamientos que resultaron de la combinación de las edades de trasplante, edad 1 (30 días) y edad 2 (40 días), y cuatro criterios de riego consistentes en reemplazar el equivalente de 60 %, 80 %, 100 % y 120 % de la evapotranspiración del cultivo (ETc). Se utilizó un tanque evaporímetro tipo "A" para estimar la evapotranspiración de plantas de berenjena. Se evaluaron diferencias en número de frutos, longitud, diámetro y peso de los frutos para determinar la respuesta de los trasplantes a los diferentes tratamientos de riego. Se observó que la lámina de riego del 120 % y la edad de trasplante de 40 días mejoraron la calidad de los frutos de berenjena. Las variables más afectadas fueron el peso y el número de frutos.

Palabras claves: eficiencia del uso del agua, evapotranspiración, riego por goteo, calidad del fruto

Eggplant *Solanum melongena* L. water requirement and transplant age under drip irrigation in the Guarapiche River Valley.

Abstract

In order to investigate the fruit development response of the eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivar Long purple to varying irrigation water management regimes and transplant ages, an experiment was set up in the San Vicente sector, Maturín Municipality, Monagas State, Venezuela, between the months of June-September 2015. An experimental design of randomized blocks with three repetitions was used, with an arrangement of divided plots, where the main plots were the different irrigation sheets and the subplots the two transplant ages. Eight treatments were applied that resulted from the combination of the transplant ages, age 1 (30 days) and age 2 (40 days), and four irrigation criteria consisting of replacing the equivalent of 60 %, 80 %, 100 %, and 120 % of crop evapotranspiration (ETc). A type "A" evaporimeter tank was used to estimate the evapotranspiration of the eggplants. Differences in the number of fruits, length, diameter, and weight of the fruits were evaluated to determine the response of the transplants to the different irrigation treatments. It was observed that the irrigation sheet of 120 % and the transplant age of 40 days enhanced the quality of the eggplant fruits. The most affected variables were weight and number of fruits.

Keywords: water use efficiency, evapotranspiration, drip irrigation, fruit quality.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático global y la creciente competencia por el agua dulce pueden tener graves impactos en los recursos hídricos y en el sector agrícola en un futuro próximo. El acceso al agua de riego es clave para reducir los impactos de la variabilidad y el cambio climático en la seguridad alimentaria. El riego es una práctica cada vez más importante para la agricultura sostenible en las regiones áridas y semiáridas (Fernández *et al.* 2020).

Para resolver el problema de la escasez de agua en la agricultura, es necesario desarrollar tecnologías de gestión de ahorro de agua. Una de las principales razones de la baja cobertura de riego es el uso predominante del método de riego por inundación (convencional), donde la eficiencia del agua es muy baja. En los últimos años, sin embargo, la creciente competencia por los escasos recursos hídricos ha llevado a aplicar técnicas modificadas para maximizar la eficiencia del agua y mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos (Mohamed *et al.* 2020).

El método de riego por goteo es muy eficiente para suministrar agua de riego de forma precisa porque solo humedece la zona de desarrollo de la raíz de cada planta y, por lo tanto, se adapta a gran escala a varios cultivos hortícolas. En este método, el agua se suministra a un ritmo más lento durante un período de tiempo más largo a intervalos regulares a través de un sistema de suministro de baja presión, para satisfacer la demanda de evapotranspiración del cultivo. Además, el sistema de riego por goteo aplica agua lentamente para mantener la humedad del suelo dentro del rango deseado de crecimiento de las plantas (Ranjan *et al.* 2018).

La respuesta óptima de los cultivos al riego por goteo se debe al funcionamiento del sistema en el que el agua se suministra mediante goteros en un proceso lento durante un período relativamente largo. Este proceso permite un mejor control y distribución del agua a través del perfil del suelo, por lo tanto, se reducen las pérdidas por evaporación y percolación profunda y los cultivos pueden utilizar casi toda el agua entregada.

Se han realizado muchas investigaciones en todo el mundo sobre los efectos del riego en la calidad del fruto y rendimiento de cultivos principalmente

hortícolas (Fererres y Soriano 2007, Nagaz *et al.* 2012, Sezen *et al.* 2014, Bozkurt Çolak *et al.* 2017). Existen varios estudios sobre riego de berenjena (*Solanum melongena* L.) realizados en diferentes países (Chartzoulakis y Drosos 1995, Aujla *et al.* 2007, Gaveh *et al.* 2011, Karam *et al.* 2011) que indican que este cultivo puede reducir su potencial hídrico a niveles moderados de estrés por sequía sin tener mucho impacto en la calidad de sus frutas. Kirnak *et al.* (2002) y Chaves *et al.* (2003) informaron una disminución en el rendimiento de berenjenas en respuesta al aumento de los niveles de estrés hídrico del suelo.

Lovelli *et al.* (2007) demostraron que la sensibilidad al estrés hídrico de las berenjenas se expresaba en reducciones elevadas de rendimiento comercial y una caída en la productividad del agua. En la berenjena, los períodos más críticos para el riego son durante la floración y la formación de frutos (Blum 2005). El tamaño y rendimiento de la fruta, así como el rendimiento de biomasa, se reducen por el estrés hídrico. La berenjena necesita condiciones uniformes de humedad del suelo para una alta producción de frutos y los períodos secos pueden provocar desprendimiento de flores y frutos jóvenes (Díaz-Pérez y Eaton 2015).

La berenjena es una hortaliza de verano importante en la región oriental de Venezuela (Montaño *et al.* 2009). La práctica de los agricultores de aumentar la cosecha con 10 o más riegos por el método de superficie conduce a una alta demanda de agua. Sin embargo, la disponibilidad de agua de riego en los meses más secos es el principal factor limitante para mejorar la productividad de los cultivos en la región. Por lo tanto, se debe priorizar el uso eficiente del agua para aumentar la productividad del agua. El sistema de goteo puede ser una alternativa al riego convencional por su aplicación precisa y directa de agua en la zona radicular. La dependencia del rendimiento de los cultivos por el suministro de agua es un problema crítico debido a que los recursos hídricos son cada vez más limitados para el riego.

El objetivo del presente estudio fue evaluar y comparar los efectos de varios regímenes de riego por goteo y la edad de trasplante sobre la calidad del fruto de berenjena (*S. melongena* L.) cultivada en el sistema de riego Perú-San Vicente de Maturín, Estado Monagas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en un sector del sistema de riego Perú - San Vicente, municipio Maturín, estado Monagas, Venezuela; entre los meses de marzo y septiembre del 2015. Su ubicación geográfica está comprendida entre los 9°44'37'' de latitud Norte y los 63°15'59'' de longitud Oeste, a una altitud de 51 m.s.n.m. El clima de la zona según la clasificación de Holdridge, es del tipo Bosque Seco Tropical, caracterizado por presentar una estación lluviosa de mayo a diciembre y una estación seca de enero a abril, con una precipitación media anual de 1.219,6 mm, una temperatura media anual de 25,9 °C, con una evapotranspiración potencial de 1.372 mm y una evaporación de 1.573 mm al año.

El suelo predominante es de textura franco arenosa y se clasifican taxonómicamente como Ultisol (*paleustults*), que se caracteriza por ser muy lixiviado, con pH de 4,7; baja capacidad de intercambio catiónico y bajo porcentaje de materia orgánica (Gil *et al.* 2014) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Algunas propiedades físicas y químicas del suelo en el sector de San Vicente, municipio Maturín, estado Monagas, Venezuela.

Características	Valor	Método
Textura	Fa	Bouyoucos
pH	4,70	Potenciómetro
Materia Orgánica (%)	3,37	Walkley y Blank
CE (micro S.m ⁻¹)	192,40	Conductímetro

Fuente: Elaborado con base en Gil *et al.* (2014).

Se utilizó el cultivar de berenjena Long purple a un espaciamiento de 0,3 m. El experimento se estableció como un diseño de bloques al azar, con arreglo en parcelas divididas con tres repeticiones y ocho tratamientos, producto de cuatro niveles del factor riego como parcela principal (60, 80, 100 y 120% ETc) y dos niveles de la edad de trasplante como sub-parcela (30 y 40 días). La programación del riego se realizó en días alternos sobre la base de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) y los coeficientes del cultivo (Kc).

La evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) se estimó utilizando el método de la tina de evaporación tipo A de la FAO. La lectura diaria de evaporación registrada en la tina clase A se convirtió a ET de referencia (ETo) al multiplicar por el coeficiente de la tina (Kp) de (0,75); valor obtenido después de considerar la humedad relativa y la velocidad del viento predominante de la zona. Por último, la ET del cultivo (ETc) se obtuvo multiplicando ETo por el coeficiente del cultivo (Kc): ETc= ETo x Kc, como lo recomienda Allen *et al.* (1998). Los valores de Kc locales estimados para riego por goteo y berenjena en este estudio fueron 0,3; 0,85; 1,10 y 0,95 para las diferentes etapas del cultivo. Cada etapa duró 30 días. Una vez calculada ETc, la lámina de riego aplicada en cada tratamiento, consistió en un porcentaje de 60, 80, 100 y 120 % de la misma.

Las parcelas principales estuvieron constituidas por cuatro laterales de 10 m de longitud, separadas a 1 m entre ellos, con goteros de riego cada 0,33 m, considerándose para efectos de evaluación solo las dos hileras centrales.

Se instaló un sistema de riego por goteo con goteros integrados tipo Flat dripper line marca Aquadrop®, con un espesor de pared de 0,3 mm y un caudal de 1,0 L/h. El área total del experimento fue de 448 m². El área de las parcelas principales fue de 30 m² y las sub-parcelas de 5 m². La preparación del terreno, se realizó con tres pases de rastra, con el objetivo de eliminar las malezas presentes y dar al suelo una soltura que permitiera el desarrollo del sistema radical del cultivo. Se surcó el terreno, con separación de 1,00 m.

Las plántulas fueron obtenidas en bandejas de germinación de 162 alvéolos, y el sustrato utilizado fue una mezcla de turba y sustrato de corteza de pino de Productos Forestales de Oriente, C.A. (PROFORCA), en una proporción de 3:1. Se realizó la siembra de la segunda edad (40 días después de la germinación; ddg y 53 días después de la siembra; dds) y la primera edad (30 días después de la germinación; ddg y 43 días después de la siembra; dds). La cantidad de semillas utilizada fue de 2 semillas por alvéolo para un total de 324 semillas por bandeja y 2.916 por todo el ensayo. La germinación se inició a los 13 días luego de la siembra.

La frecuencia de riego de las plántulas fue de dos veces al día, aplicándose una en la mañana y la otra en la tarde. El control de malezas, cuando la incidencia de estas lo requirió, se efectuó de forma manual o con herbicida. Asimismo, se realizó apropiado control fitosanitario del ensayo.

La fertilización se realizó a través del sistema de riego usando diariamente fertilizantes solubles de fórmula 27,5-49-0 durante los primeros 30 días y la fórmula 28-14-30 durante el resto de la etapa del cultivo. La cantidad de fertilizante aplicado estuvo en el rango de 200-500 g.día⁻¹. Se hicieron los ajustes necesarios en el sistema con el fin de mantener iguales las dosis aplicadas por planta, independientemente de los volúmenes empleados en cada tratamiento de riego.

Las berenjenas de cada parcela unitaria fueron cosechadas y se evaluaron las variables longitud del fruto (cm), diámetro del fruto (cm), número de frutos y peso de frutos frescos. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el Proc GLM (modelos lineales generales) procedimiento de SAS (SAS 2020) en un nivel de significancia de $P \leq 0,05$. El análisis de varianza (ANOVA) se realizó para determinar las diferencias entre tratamientos para cada variable aplicable al diseño completo de bloques al azar dispuestos en procedimiento de parcelas divididas. Las medias de tratamiento se compararon con el procedimiento de Tukey al nivel de 0,05 de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los tratamientos de riego sobre los componentes del rendimiento de la berenjena

Las propiedades físicas de la fruta, como número de frutos, longitud, el diámetro, el peso y, en última instancia, el rendimiento, se consideran los parámetros más importantes a considerar en la obtención de los mejores beneficios económicos para los agricultores. El efecto negativo de las condiciones de déficit de riego sobre estos atributos de calidad física está bien establecido y estudiado por Colak *et al.* (2015) en berenjena y Pervez *et al.* (2009) en tomates. En el Cuadro 2, se muestran los resultados del análisis de varianza para todas las variables físicas de estudio, donde se observa el efecto significativo de los factores riego y edad y no significativo para su interacción.

Número de frutos por planta

En el Cuadro 3 se observa que el número de frutos por planta fue afectado por los niveles de agua de riego, con niveles de significancia altamente significativos menores al $P \leq 0,01$. El tratamiento de 120 % de ETC registró el mayor número de frutos por planta seguido del 100 % y 80 % de ETC, donde el 60 % ET registró el menor número de frutos. El cambio de la dosis de riego de 120 % a 60 % ETC, disminuyó

Cuadro 2. Análisis de varianza de las variables número de frutos, longitud, diámetro y peso del fruto en la cosecha total del cultivar de berenjena Long purple, bajo cuatro estrategias de riego y dos edades de trasplante, en el sistema de riego Perú-San Vicente, estado Monagas.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios			
		Número de frutos	Longitud del fruto (cm)	Diámetro del fruto (cm)	Peso del fruto (g)
Bloque	2	7,83	0,87	0,060	631,36
Riego (A)	3	278,28 **	7,71 *	0,530 **	4485,10 **
Error (A)	6	1,76	1,34	0,010	105,65
Edad (B)	1	73,08 **	19,76 **	0,350 **	4114,08 **
Riego* Edad	3	4,48 ns	0,66 ns	0,003 ns	82,85 ns
Error (B)	8	1,98	1,00	0,006	28,99
Coefficiente de variación (%)		7,66	5,00	2,120	4,06

* significativo al 5%; ** altamente significativo al 1%; ns no significativo

en un 61,81 % el número de frutos, lo que evidencia el efecto negativo del estrés hídrico en este cultivo. Esto posiblemente se debe al hecho de que el agua aplicada a 120 % ETc cumple de manera adecuada con los requerimientos hídricos del cultivo.

El número de flores y, en última instancia, el número de frutos por planta son variables económicas importantes, ya que afectan la producción final y, por tanto, la economía del agricultor. Cualquier estrés que reduzca el número de frutos por planta debe manejarse adecuadamente. Las variables reproductivas se ven afectadas por el estrés hídrico, reduciendo la transpiración y fotosíntesis, lo que resulta en una reducción del número de flores por planta, cuajado y frutos producidos.

Los resultados de esta investigación concuerdan con los hallazgos de Yildirim y Korukcu (2000) y Ozbahce y Tari (2010), los cuales indican que el rendimiento de las plantas y sus componentes disminuyeron con el aumento del déficit hídrico. Bafeel y Moftah (2008) reportan que el efecto negativo del estrés por sequía sobre el rendimiento y sus componentes puede estar relacionado con la disminución del crecimiento vegetativo. Chartzoulakis y Drosos (1997) encontraron que el número de frutos por planta en pimentón se veía afectado por la cantidad de agua aplicada. Por otro lado, Mohamed *et al.* (2020) en condiciones áridas, con berenjena no encontraron ningún efecto del régimen de riego en el número de frutos por planta, reportando valores promedios de 3 frutos, muy por debajo del promedio observado en este trabajo de 18,37 frutos.planta⁻¹.

Longitud del fruto

Los resultados de la prueba son significativos a una probabilidad de 0,05 para el efecto de niveles de agua de riego en la longitud de los frutos (Cuadro 3), indicando que la mayor longitud de frutos se obtuvo con el tratamiento 120 % ETc, seguido de 100 % y 75 % de ETc, mientras que el 60 % de ETc registró el menor valor. El cambio de régimen de riego de 120 a 60 % ETc, trajo en consecuencia una disminución del 12,88 % de la longitud del fruto de berenjena. Esto significa que el contenido de humedad del suelo con una lámina aplicada de 120 % de ETc es adecuada para el crecimiento de las frutas de berenjena.

Estos resultados están en conformidad con los obtenidos por Xu y Leskovar (2014) que afirmaron que el rendimiento y los parámetros de calidad disminuyen cuando el régimen de riego está por debajo del 100% de la ETc. Montañaño *et al.* (2009), trabajaron con tres cultivares de berenjena (Barbantane, Long purple y Florida wonder) con diferentes combinaciones de fertilizante químico y orgánico, obtuvieron un promedio de 23,17 cm de longitud, con el mismo cultivar (Long purple), resultado superior al obtenido en este experimento. Por su parte, Mohamed *et al.* (2020) en condiciones áridas, con berenjena también encontraron efecto del régimen de riego en la longitud de frutos por planta, y reportaron valores promedios de 15,74 cm, un poco por debajo del promedio observado en este trabajo de 19,98 cm.

Cuadro 3. Efecto del régimen de riego sobre las variables de calidad del fruto de berenjena (*Solanum melongena* L.)

Niveles hídricos de riego (% ETc)	Número de frutos	Longitud del fruto (cm)	Diámetro del fruto (cm)	Peso del fruto (g)
120	25,79 A	21,26 A	3,80 A	161,20 A
100	21,28 B	20,24 AB	3,70 A	148,96 B
80	16,59 C	19,89 AB	3,41 B	121,85 C
60	9,85 D	18,52 B	3,15 C	100,32 D
DMS	2,60	1,84	0,14	9,96
Coeficiente de variación (%)	7,66	5,00	2,12	4,09

Letras diferentes en columna indican diferencia significativa (P < 0,05)

Diámetro de las frutas

El efecto de los niveles de agua de riego en el diámetro de los frutos, monitoreado durante la temporada para cada tratamiento se presenta en el Cuadro 3. El diámetro de los frutos fue afectado de forma altamente significativa ($P \leq 0,01$), por los niveles de agua de riego. La prueba de rango estudentizado de Tukey al 5 % de probabilidad, reflejó que la dosis de riego que obtuvo los mayores diámetros fue la lámina 120 % ETc con una media de 3,80 cm, el cual es estadísticamente igual a el tratamiento de riego 100 % ETc con 3,71 cm. El menor diámetro se observó con el tratamiento 60 % ETc con una media de 3,15 cm, resultados que resultan inferiores a los obtenidos por Montañó *et al.* (2009), quienes reportaron una media de 5,49 cm de diámetro con la misma variedad.

Por otro lado, Mohamed *et al.* (2020), en condiciones áridas, con berenjena también encontraron efecto del régimen de riego en la variable diámetro de frutos por planta, reportando valores promedios de 5,33 cm, valor también por encima del promedio observado en este trabajo de 3,64 cm.

Peso del fruto

El análisis de los datos peso del fruto mostró que existen diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$), entre los niveles de agua de riego. En el Cuadro 3, se observa que la dosis de riego que arrojó los frutos más pesados fue 120 % ETc con una media de 161,21 g y la de menor peso se observó con el tratamiento 60 % ETc con un promedio de 100,32 g. El cambio de lámina aplicada de riego de 120 a 60 % ETc trajo consigo una disminución del 37,77 % del peso promedio del fruto, lo cual demuestra que el estrés hídrico limita la acumulación de agua en la parte carnosa de la fruta.

Los resultados obtenidos concuerdan con los obtenidos por Yildirim y Korukcu (2000), Abd El-Aal *et al.* (2008) y Ozbahce y Tari (2010) quienes reportaron que el peso de la fruta se ve afectada significativamente por los regímenes bajos de riego. Serhat (2017) señaló que el peso promedio más bajo de la fruta lo obtuvo con el tratamiento de riego de 70 % ETc. Por otro lado, Díaz-Pérez y Eaton (2015) indicaron que los valores más bajos de rendimiento y peso del fruto de berenjena se alcanzaron con el tratamiento de 33 %

ETc y que existen pocas diferencias de rendimiento entre tasas de riego superiores al 33 % ETc. Demirel *et al.* (2014) observaron reducciones de 18,16 % y 27,13 % en el rendimiento del fruto bajo un estrés hídrico bajo y moderado.

El mayor peso promedio de la fruta se observó en la berenjena expuesta a la cantidad total de riego de 100 % ETc, lo cual coincide con los hallazgos de Kirnak *et al.* (2002) quienes señalan que el tratamiento de mayor rendimiento fue con 100 % de ETc donde se observó una fruta más grande y pesada. Similarmente, Mohamed *et al.* (2020), trabajando con berenjena, también encontraron efecto del régimen de riego en esta variable, reportando un valor promedio de 191,65 g, mayor al promedio observado en este trabajo de 144 g.

Efecto de los días de trasplante sobre los componentes del rendimiento de la berenjena

Número de frutos por planta

El número de frutos por planta se vio afectado significativamente por la edad de trasplante. El análisis de varianza (Cuadro 4) señala que existen diferencias altamente significativas por efecto de las edades de trasplante. La edad de trasplante 2 (40 ddd y 53 dds) fue la que arrojó el mayor número de frutos por plantas con una media de 20,13 frutos.planta⁻¹ y con la edad 1 (30 ddd y 43 dds) se notó la menor cantidad de frutos por planta con una media de 16,64 frutos.planta⁻¹.

Cantero *et al.* (2015) en la línea PH06 y trasplante a los 35 días, reportaron un número de frutos de 11,70±1,20; mientras que Muñoz *et al.* (2009) en cultivares comerciales de berenjena también reportaron un número de frutos similar. Investigaciones de Wessel (1992), Tavares *et al.* (1999) y Araméndiz *et al.* (2009) en tomate, pimentón y berenjena, resaltan que al aumentar el número de frutos.planta⁻¹, disminuye el peso de cada fruto, por la correlación negativa entre estos dos caracteres. Por lo general, un aumento del número de frutos está asociado al plan de fertilización, que producen un mayor desarrollo vegetativo y un mayor número de inflorescencias por planta (Santos *et al.* 2001).

Por otro lado, la reducción en el número de flores y por ende en el número de frutos por planta en

Cuadro 4. Efecto de la edad de trasplante de la berenjena (*Solanum melongena* L.) sobre las variables de calidad del fruto.

Días de trasplante	Número de frutos	Longitud del fruto (cm)	Diámetro del fruto (cm)	Peso del fruto (g)
40	20,13 A	20,84 A	3,64 A	146,13 A
30	16,69 B	19,07 B	3,40 B	119,99 B
DMS	1,32	0,94	0,07	5,06
Coefficiente de variación (%)	7,66	5,00	2,12	4,09

berenjena está asociada a la deficiencia de diversos nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, calcio, boro y zinc (Malavolta 1987). Es importante mencionar que los mayores valores obtenidos en este experimento fueron superiores a los reportados por Montaña *et al.* (2009), quienes trabajando con tres cultivares de berenjena (Barbentane, Long purple y Florida wonder), con trasplante a los 45 días, a diferentes combinaciones de fertilizante químico y orgánico, obtuvieron una media de 11,44 frutos.planta⁻¹.

Longitud del fruto

El crecimiento de un fruto es determinado por dos componentes: la división celular, la cual comienza desde antes de la anthesis y continúa hasta los primeros días después del cuajado del fruto, y la expansión celular, responsable del aumento en tamaño, la cual es influida por la extensibilidad de la pared celular, la epidermis (y otras capas subyacentes) y por la turgencia de las células generada por el flujo de agua hacia la misma (Araujo *et al.* 1997). Complementariamente, este crecimiento obedece a la translocación de fotoasimilados desde las hojas y otros órganos de almacenamiento y a la presión de turgencia que se ejerce sobre las paredes celulares de las células del fruto en formación.

En esta variable, de suma importancia como indicador de la calidad del fruto de berenjena, el análisis de varianza reportó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos ($P \leq 0,01$), es decir, las diferentes edades de trasplante evaluadas afectaron la longitud del fruto. La edad de trasplante 2 (40 dds y 53 dds) fue la que arrojó la mayor longitud con una media de 20,88 cm y con la edad 1 (30 dds y

43 dds) se obtuvo las menores longitudes de frutos con una media de 19,07 cm (Cuadro 4).

Cantero *et al.* (2015) en la línea PH06 y trasplante a los 35 días, reportaron una longitud media de frutos de $20,62 \pm 0,33$ y Muñoz *et al.* (2009) en cultivares comerciales de berenjena un rango de número de frutos similar. Resultados similares fueron reportados por Montaña *et al.* (2009) quienes encontraron longitudes de 20,13 y 23,17 cm, utilizando diferentes fuentes de abonos y fertilizantes y trasplante a los 45 días.

Diámetro de las frutas

El análisis de varianza indicó que se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0,01$), entre tratamientos, es decir, los tratamientos afectaron el diámetro del fruto en su parte más amplia. La prueba de separación de medias de Tukey, para diámetro del fruto, reporta diferencias estadísticas (Cuadro 4), demostrando que las diferentes edades de trasplante influyeron directamente sobre la variable en estudio. Los resultados indican que, en cuanto a las edades de trasplante, la edad 2 (40 dds y 53 dds) fue la que obtuvo los mayores diámetros con una media de 3,64 cm y con la edad 1 (30 dds y 43 dds) se observó los menores diámetros con una media de 3,40 cm.

Cantero *et al.* (2015) en la línea PH06 y trasplante a los 35 días, reportaron diámetro medio de frutos de $7,76 \pm 1,10$ y Montaña *et al.* (2009) con el uso de fertilización química y trasplante a los 45 días, valores de 5,49 cm. Araméndiz *et al.* (2014) para nuevas líneas y variedades comerciales de berenjena reportaron valores similares a los de Cantero *et al.* (2015). Por su parte, Méndez *et al.* (2004) sostienen que el máximo crecimiento de los frutos, en términos de diámetro,

ocurre como resultado de la elongación celular y de la acumulación de sintetizados de reserva, principalmente de sacarosa.

Laguado *et al.* (2002) afirman que el crecimiento en grosor del fruto de guayaba (*Psidium guajaba*) se da rápidamente indicando un aumento significativo en la multiplicación celular dando inicio así a la etapa de elongación celular, caracterizada por un gran aumento en tamaño y siguiendo un patrón de crecimiento doble sigmoide; mientras que Mazorra *et al.* (2003) reportan que los cambios expresados en el diámetro del fruto de uchuva (*Physalis peruviana*) corresponden a una curva de tipo exponencial ajustada al modelo logístico, donde el diámetro del fruto crece constantemente sin mostrar descenso hasta el final.

Peso del fruto

El análisis de varianza realizado para esta variable, indica que se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre tratamientos, demostrando que esta variable estuvo influenciada por las diferentes edades de trasplante. La prueba de separación de medias según Tukey (Cuadro 4) reportó diferencias estadísticas para las lecturas de peso del fruto y los tratamientos en estudio. La edad de trasplante 2 (40 ddg y 53 dds) fue la que obtuvo el mayor peso con una media de 146,18 g, mientras que con la edad 1 (30 ddg y 43 dds) se observaron los frutos más livianos con una media de 119,99 g.

Las diferencias en el peso de los frutos se atribuyen a la composición genética y al ambiente, pues el componente varietal tiene una gran influencia sobre la velocidad de crecimiento, el tamaño final y la forma del fruto. Esto probablemente se debe a que durante el período de crecimiento ocurre simultáneamente la acumulación de solutos y de agua en la célula, básicamente en la vacuola (basado en las propiedades de permeabilidad del tonoplasto), la cual provee espacio para el almacenamiento de solutos y la fuente de presión que actúa contra las paredes celulares causando turgencia y estiramiento del tejido (Araujo *et al.* 1997).

Adicionalmente, Méndez *et al.* (2004), afirman que el tamaño final del fruto está estrechamente correlacionado con el número de semillas y de lóculos; también es afectado por la cantidad de asimilados

provenientes de las hojas, la temperatura ambiental, la temperatura interna del fruto y la luminosidad. Cantero *et al.* (2015) en la línea PH06 y trasplante a los 35 días, reportaron un peso promedio de fruto por planta de $269,67 \pm 5,05$ g, valor superior al obtenido en esta investigación.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio demostraron que los requerimientos hídricos y las edades de trasplante afectan de forma significativa a las variables físicas del fruto. El tratamiento de riego más efectivo resultó el de 120 % ETc, indicando que la berenjena es un cultivo muy exigente en agua y su uso del agua con riego por goteo es significativamente importante para obtener una mejor calidad de frutos de berenjena en el campo bajo el clima tropical de la zona de Venezuela.

Se confirma el efecto negativo de las condiciones de déficit de riego sobre los atributos de calidad física, en este trabajo las variables más afectadas fueron peso y número de frutos. La edad de trasplante más recomendada es la de 40 días. Por último, es importante hacer investigaciones en la determinación del Kc real de la berenjena para esta zona y contrastarlo con los resultados obtenidos en esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Abd El-Aal, FS; Abdel Mouty, MM; Ali, AH. 2008. Combined Effect of Irrigation Intervals and Foliar Application of Some Antitranspirants on Eggplant Growth, Fruits Yield and Its Physical and Chemical Properties. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 4(5): 416-423.
- Allen, RG; Pereira, LS; Raes, D; Smith, M. 1998. *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Requirements - FAO Irrigation and Drainage*. Paper No. 56. FAO, Rome, Italy. 15 p.
- Araméndiz, H; Cardona, CE; Espitia, MM. 2009. Correlaciones fenotípicas, ambientales y genéticas en berenjena. *Acta Agronómica* 58(4):285-291.
- Araméndiz, H; Cardona, CE; Vergara, CA. 2014. Parámetros genéticos relacionados con características del fruto en berenjena (*Solanum melongena* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 85(1):103-111.

- Araujo, F; Quintero, S; Salas, J; Villalobos, J; Casanova, A. 1997. Crecimiento y acumulación de nutrientes del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo "Criolla Roja" en la planicie de Maracaibo. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela 19(4):273-283.
- Aujla, MS; Thind, HS; Buttar, GS. 2007. Fruit yield and water use efficiency of eggplant (*Solanum melongena* L.) as influenced by different quantities of nitrogen and water applied through drip and furrow irrigation. Scientia Horticulturae 112: 142-148.
- Bafeel, SO; Moftah AE. 2008. Physiological response of eggplants grown under different irrigation regimes to antitransplant treatments. Saudi Journal of Biological Sciences 15(2): 259-267.
- Blum, A. 2005. Drought resistance, water use efficiency and yield potential, are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Australian Journal of Agricultural Research 56: 1159-1168.
- Bozkurt Çolak, Y; Yazar, A; Sesveren, S; Colak, I. 2017. Evaluation of yield and leaf water potential (LWP) for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip systems. Scientia Horticulturae 219: 10-21.
- Cantero, J; Espitia, L; Cardona, C; Vergara, C; Araméndiz, H. 2015. Efectos del compost y lombriabono sobre el crecimiento y rendimiento de berenjena *Solanum melongena* L. Revista de Ciencias Agrícolas 32(2):56 - 67.
- Chartzoulakis, K; Drosos, N. 1995. Water use and yield of greenhouse grown eggplant under drip irrigation. Agricultural Water Management 28: 113-120.
- Chartzoulakis K; Drosos N. 1997. Water requirements of greenhouse grown pepper under drip irrigation. Acta Horticulturae (ISHS) 449: 175-180.
- Chaves, MM; Maroco, JP; Pereira, JS. 2003. Understanding plant responses to drought from genes to whole plant. Functional Plant Biology 30: 23-264.
- Colak, YB; Yazar, A; Çolak, İ; Akça, H; Duraktekin, G. 2015. Evaluation of crop water stress index (CWSI) for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip systems. Agriculture and Agricultural Science Proceedia 4: 372-382.
- Demirel, K; Genc, L; Bahar, E; Inalpulat, M; Smith, S; Kizil, U. 2014. Yield estimate using spectral indices in eggplant and bell pepper grown under deficit irrigation. Fresenius Environmental Bulletin and Advances in Food Sciences 23(5): 1232-1237.
- Díaz-Pérez, JC; Eaton, TE. 2015. Eggplant (*Solanum melongena* L.) plant growth and fruit yield as affected by drip irrigation rate. Hortscience 50(11): 1709-1714.
- Fereres, E; Soriano, MA. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany 58: 147-159.
- Fernández, I; Lecina, S; Ruiz-Sánchez, MC; Vera, J; Conejero, W; Conesa, MR; Domínguez, A; Pardo, JJ; Lélis, BC; Montesinos, P. 2020. Trends and challenges in irrigation scheduling in the semi-arid area of Spain. Water 12 (3): 785.
- Gaveh, EA; Timpo, GM; Agodzo, SK; Shin, DH. 2011. Effect of irrigation, transplant age and season on growth, yield and irrigation water use efficiency of the African eggplant. Horticulture, Environment, and Biotechnology 52: 13-28.
- Gil, JA; Montaña, N; Valderrama, JA. 2014. Efecto de cuatro láminas de riego y dos edades de trasplante sobre el rendimiento y producción de dos cultivares de melón (*Cucumis melo* L.). Revista UDO-Agrícola 14 (1): 11-21.
- Karam, F; Sabiha, R; Skaf, S; Breidy, J; Roupheal, Y; Balendonck, J. 2011. Yield and water use of eggplants (*Solanum melongena* L.) under full and deficit irrigation regimes. Agricultural Water Management 98: 1307-1316.
- Kırnak, H; Taş, İ; Kaya, C; Higgs, D. 2002. Effects of deficit irrigation on growth, yield and fruit quality of eggplant under semi-arid conditions. Australian Journal of Agricultural Research 53: 1367-1373.
- Laguado, N; Marín, M; Arenas, L; Araujo, F; Castro, C; Rincón, A. 2002. Crecimiento de frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.) del tipo criolla roja. Revista Facultad de Agronomía Universidad del Zulia 19(4): 273-283.

- Lovelli, S; Perniola, M; Ferrara, A; Di Tommaso, T. 2007. Yield response factor to water (Ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. *Agricultural Water Management* 92: 73–80.
- Malavolta, E. 1987. Manual de calagem e adubação das principais culturas. San Paolo Editorial. 496 p.
- Mazorra, M; Quintana, A; Miranda, D; Fisher, G; Chávez, B. 2003. Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de uchuva en la zona de Sumapaz (Cundinamarca). *Agronomía Colombiana* 21(3): 176-187.
- Méndez, M; Ligarreto, G; Hernández, M; Melgarejo, L. 2004. Evaluación del crecimiento y determinación de índices de cosecha en frutos de cuatro materiales de ají (*Capsicum* sp.) cultivados en la Amazonía colombiana. *Agronomía Colombiana* 22(1): 7-17.
- Mohamed, IY; Moustafa, AM; Osman, AO; Mohamed Abdalhi, MA. 2020. Effect of irrigation systems and watering amount on yield of eggplant (*Solanum melongena*) under arid conditions. *Agricultural and Biological Sciences Journal* 6(3): 143-147.
- Montaño, N; Simosa, J; Perdomo, A. 2009. Respuesta de tres cultivares de berenjena (*Solanum melongena* L.) a diferentes combinaciones de fertilizante orgánico y fertilizante químico. *Revista UDO Agrícola* 9(4): 807-815.
- Muñoz-Falcon, JE; Prohens, J; Vilanova, S; Nuez, F. 2009. Diversity in commercial varieties and landraces of black eggplants and implications for broadening the breeder's gen pool. *Annal of Applied Biology* 154(3): 453-465.
- Nagaz, K; Masmoudi, MM; Ben Mechlia, N. 2012. Yield response of drip-irrigated onion under full and deficit irrigation with saline water in arid regions of Tunisia (en línea). *International Scholarly Research Network ISRN Agronomy*, Article ID 562315, 8 p. Consultado 15 may. 2020. Disponible en <https://doi.org/gb7rr5>.
- Ozbahce, A; Tari, AF. 2010. Effects of different emitter spaces and water stress on yield and quality of processing tomato under semi-arid climate conditions. *Journal of Agricultural Water Management* 97: 1405–1410.
- Pervez, MA; Ayub, CM; Khan, HA; Shahid, MA; Ashraf, I. 2009. Effect of drought stress on growth, yield and seed quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 46(3): 174-178.
- Ranjan, A; Mishra, DH; Singh, I. 2018. Performance evaluation of drip irrigation under high density planting of papaya. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7 (3): 2262-2270.
- Santos, GM; Oliveira, AP; Silva, JAL; Alves, EU; Costa, CC. 2001. Características e rendimento de vagem do feijão-vagem em função de fontes e doses de materia organica. *Horticultura Brasileira* 19(1): 30-34.
- SAS. 2020. Software SAS/STAT (en línea). Consultado 15 may. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3dhI94v>
- Serhat, AYS. 2017. The effects of irrigation regimes on the yield and water use of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Toprak Su Dergisi* 6(2): 49-58.
- Sezen, SM; Yazar, A; Daşgan, Y; Yücel, S; Akyıldız, A; Tekin, S; Akhoundnejad, Y. 2014. Evaluation of crop water stress index (CWSI) for red pepper with drip and furrow irrigation under varying irrigation regimes. *Agricultural Water Management* 143: 59–70.
- Tavares, M; De Melo, A; Bueno, W. 1999. Efeito diretos e indiretos e correlações canônicas para caracteres relacionados com a produção de pimentão. *Bragantia* 58(1): 41-47.
- Wessel-Beaver, L. 1992. Genetic variability of fruit set, fruit weight, and yield in a tomato population grown in two high-temperature environments. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117(5): 867-870.
- Yildirim, O; Korukcu, A. 2000. Comparison of drip, sprinkler and surface irrigation systems in orchards. Faculty of Agriculture, University of Ankara, Ankara Turkey. 47 p.
- Xu, C; Leskovar, DI. 2014. Growth, physiology and yield responses of cabbage to deficit irrigation. *Horticultural Science* 41: 138–146.