

Requerimiento hídrico de la berenjena *Solanum melongena* L. bajo riego por goteo en el Valle del Sinú

Eggplant *Solanum melongena* L. water requirements using drip-irrigation in the Sinu Valley

Carlos Sánchez V.¹, Angélica Arrieta A.², Sugey Flórez D.², Teobaldis Mercado T.³, Judith Martínez A.¹ y Antonio Martínez R.⁴

Resumen: El objetivo del presente trabajo fue determinar los requerimientos hídricos de dos genotipos de berenjena *Solanum melongena* L. bajo riego por goteo en el valle del Sinú medio, en época seca. El estudio se hizo en el Centro de Investigación Turipaná, de Corpoica, ubicado en Cereté, Córdoba, en un suelo clasificado como eutropept. Se utilizó un diseño de bloques al azar con un arreglo factorial de parcelas divididas, con dos genotipos de berenjena (Morada y Lila gris) bajo cinco dosis de riego 1, 2, 4, 6 y 8 l·planta⁻¹·día⁻¹. Los resultados demostraron que los genotipos de berenjena morada y lila gris se comportaron similarmente, sin presentar diferencias significativas. Hubo diferencias altamente significativas en las variables altura de planta, diámetro del tallo y rendimiento. El tratamiento de riego de 8 l·planta⁻¹·día⁻¹ registró la mayor altura de planta (93,0 cm), el mayor diámetro del tallo (53,4 mm) y el mayor rendimiento con 27.843 kg·ha⁻¹; el coeficiente de cultivo (Kc) fue de 0,25 en la etapa vegetativa, 1,65 en la de floración, 1,41 en la de fructificación y 1,72 en la de cosecha. Se concluyó que el requerimiento hídrico de los genotipos de berenjena Morada y Lila gris es de 841 mm durante el ciclo del cultivo (138 días después del trasplante) en el valle del Sinú medio, en época seca. Igualmente, el análisis económico mostró como mejor dosis de riego la de 8 l·planta⁻¹·día⁻¹, presentando un ingreso neto mayor.

Palabras clave: Diámetro tallo, altura planta, coeficiente de cultivo (Kc), rendimientos, ingresos netos.

Abstract: The object of this investigation was to determine two eggplant (*Solanum melongena* L.) genotypes' water requirements when subjected to five types of drip-irrigation in the middle Sinu Valley during the dry season. The study was carried out at Corpoica's Turipaná Agricultural Research Centre located in Cereté in the Córdoba department. The soil was classified as Eutropept. A complete random block design was adopted, having factorial split-plot arrangement. Two eggplant genotypes were used: Purple and Gray lilac. Five irrigation schemes were employed and evaluated: 1, 2, 4, 6 and 8 l·plant⁻¹·day⁻¹. The results showed that both genotypes had similar development (i.e. not statistically different). Treatments did produce statistical differences for the following variables: plant height, stem diameter and yield. 8 l·plant⁻¹·day⁻¹ treatment produced the highest yield, having 27,843 kg·ha⁻¹; crop coefficient (Kc) was 0.25 during the vegetative stage, 1.65 during the flowering stage, 1.41 during fruit filling stage and 1.72 during the harvesting stage. It was concluded that 841 mm represented optimum water requirement during the crop cycle (138 days after transplanting for both eggplant genotypes in the middle Sinu Valley during the dry season). Economic analysis showed that highest net income was obtained when using 8 l·plant⁻¹·day⁻¹ drip-irrigation.

Key Words: Stem diameter, plant height, crop coefficient (Kc), yield, net income.

Introducción

DE LAS HORTALIZAS SEMBRADAS en el departamento de Córdoba, la berenjena (*Solanum melongena* L.), es una de las

más cultivadas y apetecidas; sin embargo, la producción es estacional, con una mayor oferta de frutos en época de lluvias. En la época seca, los rendimientos son bajos y generan pérdidas para los productores de la zona del valle

Fecha de recepción: 22 de julio de 2004.

Aceptado para publicación: 01 de diciembre de 2004.

1 Investigador, Programa de Investigación Agrícola, CORPOICA C.I. Turipaná, Cereté, Córdoba. e-mail: csanchez@turipana.org.co

2 Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Montería.

3 Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Montería.

4 Economista, CORPOICA C.I. Turipaná, Cereté, Córdoba. e-mail: antoniomarti40@hotmail.com

medio del río Sinú porque se cultiva dependiendo únicamente de las lluvias o, eventualmente, con aplicación manual de agua en las etapas de crecimiento temprano.

El riego por goteo es uno de los sistemas más eficientes para garantizar la buena producción de hortalizas y suplir las necesidades hídricas del cultivo; al obtener los requerimientos hídricos de dos genotipos de berenjena (*Solanum melongena* L.) en términos de evapotranspiración durante la época seca, los técnicos y agricultores pueden tener como base la lámina de agua requerida por la planta de berenjena para su aplicación, logrando así mayor rendimiento y mejor calidad de frutos para la comercialización, al igual que un uso eficiente del agua de riego.

Al mantenerse constante en el suelo una humedad elevada, la absorción de agua por las raíces exige un esfuerzo menor a la planta y la producción se desarrolla en mejores condiciones, aumentando los rendimientos (Pizarro, 1996). La planta no soporta la falta de agua ni el exceso de ella. Este determina la falta de aireación, que interfiere con la respiración de la raíz; ya que una planta puede vivir perfectamente en solución nutritiva siempre que se burbujee aire en ella. Por esta razón los máximos rendimientos se tendrán manteniendo una humedad óptima en el suelo (Rojas, 1999).

Aunque la evapotranspiración es el parámetro hídrico que se puede asociar más directamente con la producción en el campo, el volumen de agua aplicado mediante el riego es la variable independiente por la que más se interesan los ingenieros, los regantes y los economistas agrarios. El conocimiento de la naturaleza de la correlación entre la producción y el agua aplicada con el riego, y de la expresión de dicha correlación, sirve para establecer el consumo óptimo desde el punto de vista económico. Por otra parte, el conocimiento del reparto del volumen estacional del agua de riego a lo largo del ciclo biológico es indispensable en el diseño y manejo del riego (De Santa y De Juan, 1993).

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial en aquellas zonas en las que se disponga de datos medidos sobre la temperatura, la humedad, el viento y las horas de fuerte insolación o la radiación, se sugiere el método de Penman – Monteith, ya que se considera que proporciona resultados más satisfactorios para predecir los efectos del clima sobre las necesidades de agua de los cultivos.

La ecuación de la evapotranspiración de referencia, según Quiñones (1996), es la siguiente:

$$E_{To} = \frac{\Delta \cdot R_n}{\lambda(\Delta + \gamma)} + \frac{\gamma M_w (e_s - e_d)}{R K_{rv}(\Delta + \gamma)}$$

donde:

- E_{To} = Evapotranspiración de referencia ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ó $\text{mm} \cdot \text{s}^{-2}$)
- R_n = Radiación neta ($\text{KW} \cdot \text{m}^{-2}$)
- M_w = Masa molecular del agua ($0,018 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$)
- R = Constante universal de los gases ($8,3 \times 10^{-3} \text{ KJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
- T = Temperatura, Kelvin (273° C)
- $e_s - e_d$ = Déficit de presión vapor del aire (KPa)
- λ = Calor latente de vaporización del agua ($2450 \text{ KJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)
- r_v = Resistencia del flujo de vapor de la cubierta vegetal ($2,36 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)
- Δ = Pendiente de la función de presión del vapor de saturación ($\text{Pa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)
- γ = Constante sicrométrica aparente ($\text{Pa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)

La berenjena es un cultivo con pocas necesidades hídricas al comienzo de su desarrollo, pero posteriormente aumenta su demanda; es más exigente que el tomate y algo menos que el pimiento, con consumos

medios que oscilan entre $1,5 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$, recién plantado en agosto, y $6 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$, según datos del Centro Experimental de Almería (España) en el mes de junio.

Tabla 1. Consumos medios ($l \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$) del cultivo de berenjena en invernadero.

Mes	Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Quincenas																					
A	1,08	1,97	2,29	2,66	3,16	2,82	2,00	1,87	1,61	1,16	1,13	1,17	1,19	1,41	2,27	2,88	3,39	3,39	3,23	3,23	
B		0,98	1,83	1,90	2,46	2,54	2,00	1,70	1,61	1,16	1,13	1,17	1,19	1,41	2,27	2,88	3,39	3,39	3,23	3,23	

A: trasplante 1ra. quincena de agosto; B: trasplante 2da. quincena de agosto.

Fuente: Documentos Técnicos Agrícolas. Estación Experimental "Las Palmerillas". Caja Rural de Almería. www.infoagro.com/hortalizas/berenjena3.a.

En estudios hechos en Barcelona (España), para la berenjena *Solanum melongena* L., se obtuvo en la fase inicial del cultivo un Kc de 0,35, durante el desarrollo 0,67, a mediados del cultivo 0,95 y en la fase de cosecha 0,80, con humedad relativa mayor a 70% y velocidad del viento de $0-5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Doorenbos y Pruitt, 1990).

El objetivo general de esta investigación fue determinar el requerimiento hídrico y rendimiento de dos genotipos de berenjena a través de riego por goteo en el valle del Sinú medio, y como objetivos específicos determinar el coeficiente del cultivo (Kc) a partir de la etapa vegetativa bajo condiciones de la zona, hacer curvas que relacionen producción vs dosis de riego y analizar económicamente los rendimientos de los dos genotipos de berenjena.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones Agropecuarias Turipaná, de Corpoica, ubicado en el municipio de Cereté, Córdoba, a $8^{\circ}51'$ de latitud Norte y $75^{\circ}49'$ de longitud Oeste, con una altura de 13 m.s.n.m., con formación ecológica bosque húmedo tropical, una temperatura promedio de 28° C , humedad relativa promedio de 83% y precipitación promedio anual de 1.200 mm.

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco tratamientos de riego (1, 2, 4, 6 y 8 l de agua \cdot planta $^{-1} \cdot$ día $^{-1}$) y cuatro repeticiones, en arreglo factorial en parcelas divididas, donde la parcela principal fue la lámina de riego y la subparcela fue el genotipo. La siembra de los dos genotipos, Morada y Lila gris, se hizo a nivel de campo trasplantando 48 plantas por genotipo, a 0,8 m entre plantas con distancia entre surcos de 1,2 m. Se midieron las siguientes variables en los dos genotipos: altura de la planta, diámetro del tallo, número de frutos por planta, número de frutos comerciales, peso promedio de frutos comerciales, rendimiento, humedad del suelo y se elaboró un análisis económico.

Para el análisis de la información se colectaron los datos de cada parcela, desde el trasplante del cultivo hasta el inicio de las precipitaciones, con posterior análisis de las muestras en el laboratorio, consignando los datos en medios electrónicos (Excel) y se les aplicaron pruebas estadísticas como análisis de varianza, la prueba DMS (Diferencia Mínima Significativa) y análisis económico.

La información climática fue suministrada por la Estación Climatológica del C.I. Turipaná, ubicada en el área de influencia del cultivo. Los factores climáticos estudiados (precipitación, temperatura, brillo solar, humedad relativa, evaporación y velocidad del viento) correspondieron a los meses de diciembre de 2000 a mayo de 2001.

Para la elaboración del balance teórico se tomaron valores de Kc teóricos del cultivo de berenjena usados por la FAO. Para los balances reales, el cálculo del Kc del cultivo de berenjena, se utilizó la siguiente ecuación:

$$U_{so} = K_c * E_v$$

Donde: Uso = dosis de agua aplicada en mm (tratamientos); Kc = coeficiente del cultivo y Ev = evaporación promedio diario del tanque clase "A" acumulada en cada etapa fenológica del cultivo, en mm.

Resultados y discusión

Duración de las etapas fenológicas del cultivo de berenjena

El ciclo total del cultivo desde el trasplante hasta inicios de las lluvias fue de 138 días, para todos los tratamientos; para la dosis de 8 l \cdot planta $^{-1} \cdot$ día $^{-1}$ el desarrollo vegetativo duró 37 días, la etapa de floración 11 días, la fructificación 15 días y la cosecha 75 días. En general, las etapas fenológicas con la aplicación de las demás dosis de riego fueron muy similares a esta; sin embargo, la floración se presentó primero con las dosis más altas.

Análisis del coeficiente del cultivo K_c y evapotranspiración E_t

En el análisis del coeficiente del cultivo K_c en berenjena, se observan diferentes valores para cada dosis de riego aplicada durante las etapas de floración, fructificación, y cosecha. Durante la etapa vegetativa, el coeficiente del cultivo fue semejante en todos los tratamientos, ya que en esta etapa se aplicó la misma dosis para todo el cultivo con el fin de garantizar su establecimiento.

Los valores más altos de K_c se dan con la dosis de 8 l·planta⁻¹·día⁻¹ en la etapa de cosecha (1,72); y los valores más bajos se presentan con las dosis de 1 y 2 l·planta⁻¹·día⁻¹ en la etapa de fructificación (0,19 y 0,35, respectivamente) debido posiblemente a que representan mayor escasez de agua en el suelo (Figura 1).

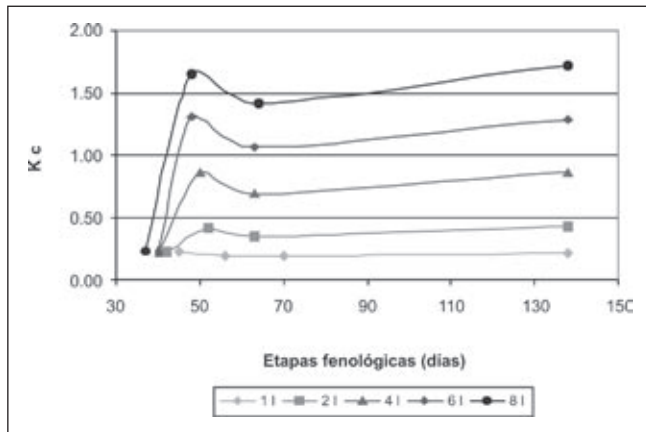


Figura 1. Curvas de K_c para cada tratamiento de riego (1 a 8 l·planta⁻¹·día⁻¹).

Dooerenbos y Pruitt (1990), reportaron K_c más altos para berenjena en las etapas de floración y fructificación (0,95) y los más bajos en la etapa vegetativa (0,67), en la zona de Barcelona, que los K_c obtenidos en la zona del valle medio del Sinú y, además, se dieron en etapas diferentes del cultivo; indicando que el K_c está influenciado por las condiciones climáticas predominantes en la zona de estudio.

Los mayores valores de evapotranspiración se dieron con las dosis más altas de agua aplicada. En la etapa vegetativa se presentaron valores de evapotranspiración de 1 mm·día⁻¹ para todos los tratamientos, ya que se aplicó 1 l·planta⁻¹·día⁻¹ como riego de establecimiento. En las etapas de floración, fructificación y cosecha se obtuvieron valores de evapotranspiración

de acuerdo con la cantidad de agua aplicada en los tratamientos (1, 2, 4, 6 y 8 l·planta⁻¹·día⁻¹), 1, 2, 4, 6 y 8 mm·día⁻¹ (Figura 2).

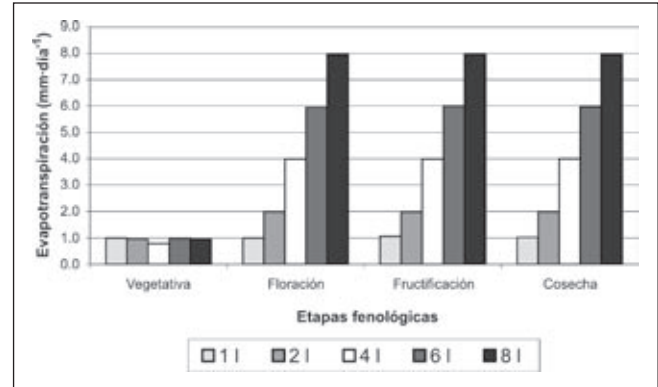


Figura 2. Evapotranspiración del cultivo de berenjena según dosis de agua aplicada.

Los valores de requerimiento hídrico total del cultivo de berenjena en un ciclo de 138 días, para las condiciones de la zona, se encuentran en la Tabla 2. Al comparar estos valores con los obtenidos por la Estación Experimental “Las Palmerillas” en España, bajo condiciones de invernadero (6 l·m²·día⁻¹), se nota que estos coinciden con la dosis de 6 l·planta⁻¹·día⁻¹ en 1 m².

Tabla 2. Requerimientos hídricos para el cultivo de berenjena bajo cinco dosis de riego por goteo en el valle del Sinú medio.

Duración del ciclo y requerimientos hídricos	Tratamiento (l·planta ⁻¹ ·día ⁻¹)	Etapa del cultivo				Total
		Vegetativa	Floración	Fructificación	Cosecha	
Duración del ciclo (días)	1	45	11	14	68	138
Requerimiento hídrico (mm)		45	11	15	69	140
Duración del ciclo (días)	2	42	10	11	75	138
Requerimiento hídrico (mm)		40	20	22	149	231
Duración del ciclo (días)	4	40	10	13	75	138
Requerimiento hídrico (mm)		31	40	52	299	422
Duración del ciclo (días)	6	40	8	15	75	138
Requerimiento hídrico (mm)		39	48	90	448	625
Duración del ciclo (días)	8	37	11	15	75	138
Requerimiento hídrico (mm)		36	88	120	598	841

Los valores más altos de requerimientos hídricos se presentaron en la etapa de cosecha para todas las dosis de riego, ya que esta es la etapa más prolongada y en la cual la planta continúa floreciendo y fructificando, lo que indica que el cultivo necesitó altos consumos de agua para el llenado de frutos, que fueron cosechados semanalmente.

Altura de plantas

El análisis de varianza de esta variable mostró un efecto significativo entre bloques y entre tratamientos. No hubo diferencia entre genotipos y entre las interacciones bloque/tratamiento, genotipos/tratamiento para la altura de plantas hasta los 51 ddt; pero a los 79 ddt hay diferencias altamente significativas entre bloques y entre tratamientos (Tabla 3). Esto indica que los tratamientos de riego influyeron en el crecimiento de las plantas durante todas las etapas fenológicas. De acuerdo con Malaver y Hernández (1994), a menudo se encuentra una correlación significativa entre la disminución de agua en el suelo y el crecimiento de las plantas.

Tabla 3. Análisis de varianza y comparación de medias para altura de plantas de dos genotipos de berenjena bajo cinco tratamientos de riego por goteo. Valores con igual letra son estadísticamente iguales.

Fuente de variación	GL	51 ddt	79 ddt	93 ddt	113 ddt
Bloque	3				
ANAVA		*	**	**	**
Dosis (l·planta ⁻¹ ·día ⁻¹)	4				
1		340.5 b	590.0 b	646.5 c	745.4 d
2		356.7 b	575.8 b	686.3 bc	776.7 cd
4		380.4 ab	627.5 b	728.8 b	848.3 bc
6		353.9 b	630.0 b	719.2 bc	860.4 ab
8		415.0 a	722.9 a	833.5 a	930.4 a
ANAVA		*	**	**	**
Variedad	1				
Morada		369.8 a	629.0 a	730.3 a	824.0 a
Lila gris		368.8 a	629.5 a	715.3 a	840.5 a
ANAVA		ns	ns	ns	ns
Dosis/Variedad	4				
ANAVA		ns	ns	*	ns
CV		12.85	10.39	7.07	7.72

ns: no significativo, *significativo al 5%, ** significativo al 1%.

La mayor altura de plantas se presentó en el tratamiento 5 (8 l·planta⁻¹·día⁻¹), y la menor en el tratamiento 1, en ambos genotipos. Aunque la berenjena Morada tiende a crecer más que la Lila gris, no hubo diferencias estadísticas entre los dos genotipos (Figura 3).

La altura de plantas mostró diferencia estadística entre el tratamiento 5 y los demás tratamientos, (excepto el tratamiento 3) a partir de los 51 ddt, hasta los 113 después

del trasplante, pero a los 113 ddt el tratamiento 4 resultó igual al tratamiento 5 (Tabla 3). Según Denisen (1991), el agua es necesaria en abundancia, ya que la elongación celular depende principalmente de ésta para dilatar la pared celular y las membranas celulares.

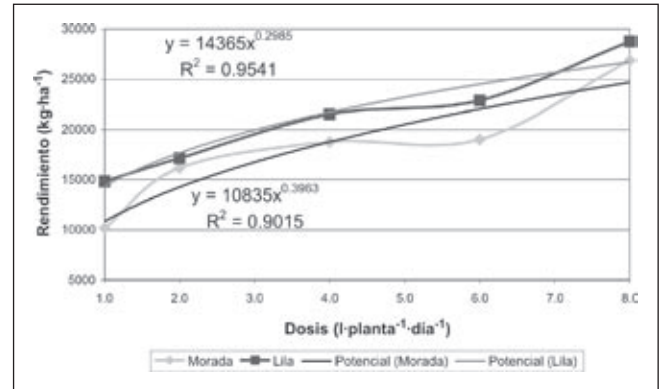


Figura 3. Rendimiento de frutos comerciales de dos genotipos de berenjena (Morada y Lila gris) en función del agua aplicada.

Análisis del rendimiento

La variable rendimiento presentó diferencias altamente significativas entre bloques y entre tratamientos, mostrando que el rendimiento del cultivo dependió directamente de las dosis de riego aplicadas. Pero no hubo diferencia entre genotipos, ni en las interacciones bloque/tratamiento y genotipo/tratamiento (Tabla 4).

El análisis del rendimiento comercial de frutos mostró que el mejor tratamiento fue el T5 con 28.790 kg·ha⁻¹ para el genotipo Lila gris y 26.894 kg·ha⁻¹ para el genotipo de berenjena Morada (dosis 8 l·planta⁻¹·día⁻¹), y el tratamiento que presentó el menor rendimiento fue el 1 con 14.838 kg·ha⁻¹ para el genotipo Lila gris y 10.167 kg·ha⁻¹ para el genotipo de berenjena Morada (Dosis 1 l·planta⁻¹·día⁻¹) (Figura 3). Esto significa que para los genotipos de berenjena Lila gris y Morada en el valle del Sinú medio, durante la época seca, la dosis de riego aplicada debe ser de 8 l·planta⁻¹·día⁻¹.

El rendimiento promedio del tratamiento con 8 l·planta⁻¹·día⁻¹ fue 27.843 kg·ha⁻¹, y resultó estadísticamente diferente y superior al de los demás tratamientos. Al mantenerse en el suelo una elevada humedad, la absorción del agua por la raíz exige un esfuerzo menor a la planta y la producción se desarrolla en mejores condiciones, aumentando los rendimientos (Pizarro, 1996).

Tabla 4. Análisis de varianza y separación de medias para el rendimiento comercial de dos genotipos de berenjena bajo cinco tratamientos de riego por goteo en el Valle del Sinú medio.

Fuente de variación	GL	Rendimiento (kg·ha ⁻¹)
Bloque	3	
ANAVA		**
Dosis (l·planta ⁻¹ ·día ⁻¹)	4	
1		12.503 c
2		16.658 bc
4		19.658 b
6		20.960 b
8		27.843 a
ANAVA		**
Variedad	1	
Morada		18.204 a
Lila gris		20.843 a
ANAVA		ns
Dosis/Variedad	4	
ANAVA		ns
CV		30,6

ns: no significativo, *significativo al 5%, ** significativo al 1%.

El ajuste de las curvas de rendimiento versus dosis de agua aplicada mostró una relación exponencial de la forma $y=ax^b$. Las ecuaciones encontradas fueron: $y=10835x^{0.3963}$ ($R^2=0.90$) para el genotipo Morada y, $y=14365x^{0.2985}$ ($R^2=0.95$) para el genotipo Lila gris (Figura 3).

Contenido de humedad del suelo

El contenido de humedad del suelo a las profundidades de 0 –15, 15 – 30 y 30 – 45 cm fue similar durante el ciclo del cultivo para los dos genotipos; sin embargo, varió con las dosis más altas (Figura 4). La fluctuación de la humedad en el tiempo se debe al consumo de la planta y a las características anisotrópicas del suelo.

Con la dosis de 8 y 6 l·planta⁻¹·día⁻¹ se presentó el mayor contenido de humedad del suelo en la mayoría de las etapas del cultivo, cercano a la capacidad de campo hecha en campo (28,4%), lo que indicó que las plantas no estuvieron sometidas a estrés hídrico; y los porcentajes menores de humedad los presentaron las dosis de 1 y 2 l·planta⁻¹·día⁻¹. Al final de la cosecha la humedad tendió a ser constante para todos los tratamientos, debido al inicio de la temporada de lluvias.

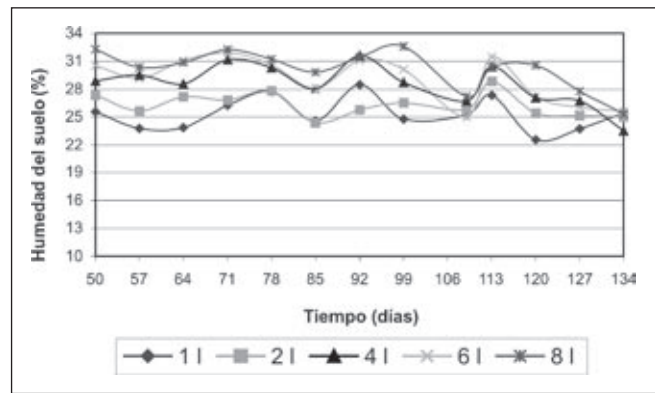


Figura 4. Comportamiento de la humedad del suelo a la profundidad durante el ciclo del cultivo de berenjena, regando cinco dosis diferentes de agua.

Análisis económico

Se hace análisis económico para la producción de berenjena morada porque es la que tiene mayor demanda. Para este caso, se observa que todos los tratamientos tienen un ingreso neto positivo, lo que significa que los ingresos son superiores a los costos. Sin embargo, al aplicar el análisis marginal se encuentra que el tratamiento de 6 l·planta⁻¹·día⁻¹ no presenta ventajas económicas. El tratamiento que mejores ventajas económicas presenta es el de 8 l·planta⁻¹·día⁻¹ con un incremento en el ingreso neto de \$3.641.400 por ha, superior al aumento del costo variable (\$103.500). Por su parte, la tasa de retorno marginal (TRM) alcanza 3,518%, lo que significa que por cada unidad monetaria invertida en el tratamiento se recuperan y generan adicionalmente 35,18 unidades más.

La relación Beneficio/Costo indicó que la inversión hecha en los cuatro primeros tratamientos no generó ingresos favorables y resultan no rentables; sin embargo, para el tratamiento de 8 l·planta⁻¹·día⁻¹ esta relación fue de 1.29, lo cual indica que el valor de los ingresos es superior al valor de los costos y genera una rentabilidad de 29,2% (Tabla 5).

El VNA de \$11.733.376 (>0) indica que los ingresos son superiores a los egresos en esa cuantía en valor actual a una tasa de 14% (Tabla 6). La TIR de 82% muestra que por cada unidad invertida se generan 82 adicionales.

De acuerdo con los indicadores analizados, la aplicación de riego por goteo a una dosis de 8 l·planta⁻¹·día⁻¹ para los genotipos de berenjena Morada y Lila gris es rentable y se confirma que durante la época seca en el

Tabla 5. Análisis económico de riego por goteo para una ha del genotipo de berenjena Morada en el Valle medio del Sinú, 2001.

Tratamientos	Costo variable (\$)	Ingreso neto (\$)	Inc. Ing. neto (\$)	Inc. costo (\$)	Retornos	TRM (%)	Costo total (\$)	Ingreso bruto (\$)	B/C	Rentabilidad (%)
1 l·planta ⁻¹ ·día ⁻¹	721.050	4.108.275					9.504.488	4.829.325	0,51	-49,19
2 l·planta ⁻¹ ·día ⁻¹	793.500	6.887.725	2.779.450	72.450	38.364	3,836	9.576.938	7.681.225	0,80	-19,79
4 l·planta ⁻¹ ·día ⁻¹	897.000	8.022.550	1.134.825	103.500	10.964	1,096	9.680.438	8.919.550	0,92	-7,86
6 l·planta ⁻¹ ·día ⁻¹	1.000.500	8.029.250	6.700	103.500	0.065	0,006	9.783.938	9.029.750	0,92	-7,71
8 l·planta ⁻¹ ·día ⁻¹	1.104.000	11.670.650	3.641.400	103.500	35.183	3,518	9.887.438	12.774.650	1,29	29,20

Tabla 6. Flujo de caja para una ha del tratamiento 8 l·planta⁻¹·día⁻¹ del genotipo de berenjena Morada.

Año	Costo total (\$)	Ingreso total (\$)	Ingreso neto (\$)
0	3.506.843		-3.506.843
1	9.887.438	12.774.650	2.887.212
2	9.887.438	12.774.650	2.887.212
3	9.887.438	12.774.650	2.887.212
4	9.887.438	12.774.650	2.887.212
5	6.380.595	12.774.650	6.394.055

Tasa de descuento 14%
VNA = \$11.733.376
TIR = 82%
VPN = \$8.226.533

valle medio de Sinú los mejores resultados técnicos y económicos se obtienen con esta dosis de riego.

Conclusiones

- Los genotipos de berenjena Morada y Lila gris se comportaron de forma similar con las aplicaciones de riego por goteo, en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo, durante la época seca.
- La evapotranspiración del cultivo de berenjena presentó valores de 1, 2, 4, 6 y 8 mm·día⁻¹ durante las épocas de floración, fructificación y cosecha, resultando proporcional a las dosis de riego aplicadas.
- El requerimiento hídrico total del cultivo de berenjena en época seca fue de 625 mm para la dosis de 6 l·planta⁻¹·día⁻¹ y 841 mm para la dosis de 8 l·planta⁻¹·día⁻¹.
- El tratamiento con 8 l·planta⁻¹·día⁻¹ mostró la mejor respuesta a la aplicación de riego, presentando el mayor diámetro de tallo (53,4 mm), la mayor altura de planta (93,0 cm) y el mayor rendimiento (27.843

kg·ha⁻¹). Estas variables no presentaron diferencias significativas entre los dos genotipos.

- La humedad del suelo presenta diferencia altamente significativa entre las dosis de riego aplicadas; el tratamiento 5 (8 l·planta⁻¹·día⁻¹) presentó el mayor contenido de humedad del suelo (31%) para las tres profundidades a lo largo de todo el ciclo del cultivo, estando esta humedad cercana a la capacidad de campo.
- El análisis económico mostró que la mejor dosis de riego es 8 l·planta⁻¹·día⁻¹ con un ingreso neto de \$11.670.650·ha⁻¹ para el genotipo Morada.

Bibliografía

- De Santa, F. y J. De Juan. 1993.** Agronomía del riego. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Denisen, E. 1991.** Fundamentos de horticultura. Editorial Limusa, México. 604 p.
- Doorenbos, J. y W. Pruitt. 1990.** Necesidades de agua de los cultivos. Estudio de la FAO sobre riego y drenaje, Roma.
- Malaver, L. y E. Hernández. 1991.** Relaciones fisiológicas del agua en las plantas. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 175 p.
- Pizarro, F. 1996.** Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF), goteo – microaspersión – exudación. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 513 p.
- Quiñones, H. 1996.** Necesidades hídricas de los cultivos. En: Manual de diseño de riego en pequeñas áreas. IMTA. Morelos, México.
- Rojas, M. 1999.** Fisiología vegetal aplicada. Segunda edición. McGraw-Hill, México.