

REQUERIMIENTOS HIDRICOS DEL AJI DULCE (*Capsicum annum* L.) BAJO RIEGO POR GOTEO EN EL VALLE DEL SINU MEDIO

WATER REQUIREMENTS OF SWEET PEPPER (*Capsicum annum* L.) USING DRIP IRRIGATION AT THE MIDDLE VALLEY OF SINU

Carlos Sánchez¹, Diosana Jaraba², Javier Medina², Judith Martínez¹ y Antonio Martínez¹

RESUMEN

Esta investigación se realizó en el Centro de Investigación Turipaná de CORPOICA, ubicado en Cereté - Córdoba, con el objetivo de determinar los requerimientos hídricos del cultivo de ají dulce (*Capsicum annum* L.) bajo cuatro dosis de riego por goteo en el Valle del Sinú Medio, en época seca, en un suelo clasificado como Eutopett. Se utilizó un diseño de bloques al azar, con cuatro tratamientos o dosis de riego de 1.32, 2.64, 4.00, 5.32 L planta⁻¹ día⁻¹. No hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos para las variables altura de plantas, profundidad de raíces y biomasa. Con la dosis de riego de 5.32 L planta⁻¹ día⁻¹ (tratamiento 4) se obtuvo la mayor producción de frutos comerciales, con 12,884 Kg Ha⁻¹. El coeficiente del cultivo, Kc, para este tratamiento fue de 0.65 durante la etapa vegetativa, 0.97 en floración, 1.06 para fructificación y 1.13 en la etapa de cosecha. La evapotranspiración fue de 714 mm durante el ciclo del cultivo el cual tuvo una duración de 160 días después del transplante. Se concluyó que la dosis de riego de 5.32 L planta⁻¹ día⁻¹ es la mejor para aplicar en la zona durante época seca, resultando además, económicamente rentable.

Palabras claves: Requerimientos hídricos, dosis de riego, *Capsicum annum*, ají dulce, coeficiente del cultivo.

ABSTRACT

This investigation was carried out at Turipaná Agricultural Research Center of Corpoica located in Cereté - Córdoba, with the objective of determining the hydric requirements of the cultivation of Sweet Pepper under four drip irrigation frequencies in the middle of Sinú valley, during dry season. The soil was classified as Eutopett. A complete blocks design was used, with four treatments of 1.32, 2.64, 4.00, 5.32 L plant⁻¹ day⁻¹. The coefficient of cultivation Kc for treatment 4 was of 0.65 during the vegetative stage, 0.97 at flowering, 1.06 during fruiting and 1.13 at the harvest. The evapotranspiration was of 714 mm during the cultivation cycle which had a duration of 160 days after the transplanting. The statistical analysis showed no significant differences among the treatments for the variables plant height, depth of roots and biomass. As for the variable of commercial yield, the treatment 4 registered the highest production, 12,884 Kg Ha⁻¹, with the watering frequency of 5.32 Liter plant⁻¹ day⁻¹. It was concluded

¹Investigadores, CORPOICA, C.I. Turipaná, Cereté, Córdoba. Apartado Aéreo 602 Montería

²Estudiante Ingeniería Agrícola, Universidad de Sucre, Sincelejo

that a watering of 5.32 L planta⁻¹ día⁻¹ is the best to apply in the area during dry season, also becoming with economic profits.

Key Words: Hydric requirements, watering dose, *Capsicum annum*, coefficient of the cultivation.

INTRODUCCION

El ají dulce (*Capsicum annum* L.) es un cultivo tradicional y de gran demanda en el mercado de Córdoba. Sin embargo, la producción es estacional, con mayor oferta de frutos durante la época de lluvias. En la época seca, los rendimientos son muy bajos y generan pérdidas para los productores, porque los cultivos dependen solo de las lluvias. Solo se aplica agua manualmente, ocasionalmente durante las primeras etapas de crecimiento de las plantas.

Se necesita implementar sistemas de riego eficientes que contribuyan a mejorar la producción y romper la estacionalidad de las cosechas, marcada por la época de lluvias. El riego por goteo ha sido considerado el sistema más eficiente para garantizar la buena producción de hortalizas porque suministra los volúmenes de agua requeridos por el cultivo, le da seguridad a la producción en el período de lluvias y permite la obtención de cosechas durante la época seca; además, se puede hacer la aplicación de fertilizantes con el riego.

Para obtener una exitosa planificación de riego es necesario tener en cuenta parámetros como cantidad de agua requerida por el cultivo durante su ciclo vegetativo, etapa de máxima demanda, relación entre el contenido de humedad y producción, influencia de las propiedades químicas y físicas del suelo; además del coeficiente del cultivo (Kc).

El control adecuado de la humedad del suelo en el campo es la clave del éxito en la agricultura bajo riego. Puesto que el agua de

riego resulta costosa, las personas dedicadas al campo deben aprender a usarla eficientemente para obtener los máximos rendimientos.

Con esta investigación se buscó establecer los requerimientos hídricos y el rendimiento del ají dulce (*Capsicum annum* L.) en términos de evapotranspiración, en las etapas fenológicas del cultivo, obtener el coeficiente Kc, y determinar la mejor lámina de riego por goteo, durante la época seca.

De esta manera, tanto técnicos como agricultores pueden tener como base la lámina de agua requerida por la planta de ají dulce para su aplicación, logrando así una mejora en los rendimientos y por supuesto una mejor calidad de frutos para la comercialización, al igual que un uso eficiente del recurso hídrico.

MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se realizó en el Centro de Investigaciones Turipaná de Corpoica, localizado en el municipio de Cereté departamento de Córdoba; a 8°51' de latitud Norte y 75°49' longitud Oeste respecto al meridiano de Greenwich; a una altura de 18 m.s.n.m., con precipitación promedio de 1,200 mm, temperatura promedio de 28°C y humedad relativa promedio del 83%.

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron cuatro dosis de agua de 1.32, 2.64, 4.00 y 5.32 L planta⁻¹ día⁻¹ respectivamente, aplicadas con un sistema de riego por goteo.

Las plantas fueron establecidas previamente en un semillero. El trasplante se realizó 30 días después de la germinación, trasplantando 72 plantas por tratamiento distribuidas en tres surcos, a una distancia de 1.20 m entre surcos y 0.8 m entre plantas.

Se midieron las variables humedad del suelo, altura de planta, profundidad de raíces, producción de biomasa aérea, días a floración, número de frutos por planta, número de frutos comerciales, peso promedio, longitud y diámetro de frutos comerciales y rendimiento de la parcela. También se tomaron los datos necesarios para hacer el análisis económico.

Los datos de cada parcela se colectaron desde el trasplante del cultivo hasta el inicio de las lluvias. Las muestras se analizaron en laboratorio y los datos se consignaron en hoja electrónica (Excel) para aplicarles 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 la zona de influencia del cultivo. Los factores climáticos estudiados (precipitación, temperatura, humedad relativa y evaporación del tanque tipo A) correspondieron a los meses de Diciembre del 2000 a mayo del 2001.

Para la elaboración del balance teórico se tomaron valores de Kc teóricos del cultivo de Pimentón *California wonder* (Gómez y Marco, 1997). Para el cálculo del Kc del cultivo de ají dulce en esta investigación se usó la siguiente ecuación:

$$Kc = \frac{\text{Uso}}{\text{Ev}}$$

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

RESULTADOS Y DISCUSION

Etapas fenológicas del cultivo

El ciclo total del cultivo desde el trasplante hasta inicio de las lluvias fue de 160 días, para todos los tratamientos. Con la dosis de riego de 5.32 L planta⁻¹ día⁻¹ la germinación tardó 7 días, el desarrollo vegetativo duró 46 días, la etapa de floración 11 días, la fructificación 14 días y la cosecha 82 días. No hubo diferencias estadísticas entre tratamientos para las etapas fenológicas, pero la fructificación se dio primero en las plantas que recibieron la menor dosis de riego.

Análisis del coeficiente del cultivo Kc y Evapotranspiración Et

Los valores de coeficiente de cultivo Kc para el ají dulce, fueron diferentes para cada dosis de riego aplicadas durante cada una de las etapas fenológicas del ciclo del cultivo. Durante la etapa vegetativa, el Kc fue de 0.16, 0.32, 0.49, 0.65, para cada tratamiento.

En la etapa de floración, se notó un aumento en los valores de Kc debido a que en esta transición las plantas aumentan el volumen de raíces y sus funciones fisiológicas, por lo tanto su captación de agua se hace mayor; estos valores fueron de 0.24, 0.50, 0.73 y 0.97. Los valores de Kc se mantuvieron casi constantes en las etapas de floración, fructificación y cosecha. El mayor valor del Kc fue de 1.13, en la cosecha, con la dosis de agua aplicada de 5.32 L planta⁻¹ día⁻¹, (Figura 1).

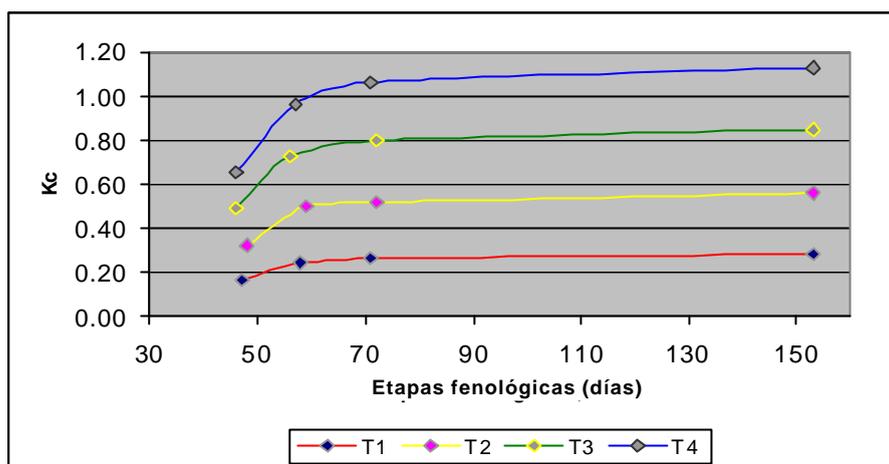


Figura 1. Curvas de Kc del ají dulce para cada tratamiento de riego.

Los valores de evapotranspiración real del cultivo son directamente proporcionales a las dosis de riego aplicadas. Desde el inicio de la floración hasta el final de la fructificación se presentó un aumento progresivo en la evapotranspiración real del cultivo en todos

los tratamientos. Los mayores valores de Et se obtuvieron con la dosis de riego de 5.32 L planta⁻¹ día⁻¹, y fueron de 2.5, 5.3, 5.3 y 5.2 mm día⁻¹, durante las etapas fenológicas del cultivo, (Figura 2).

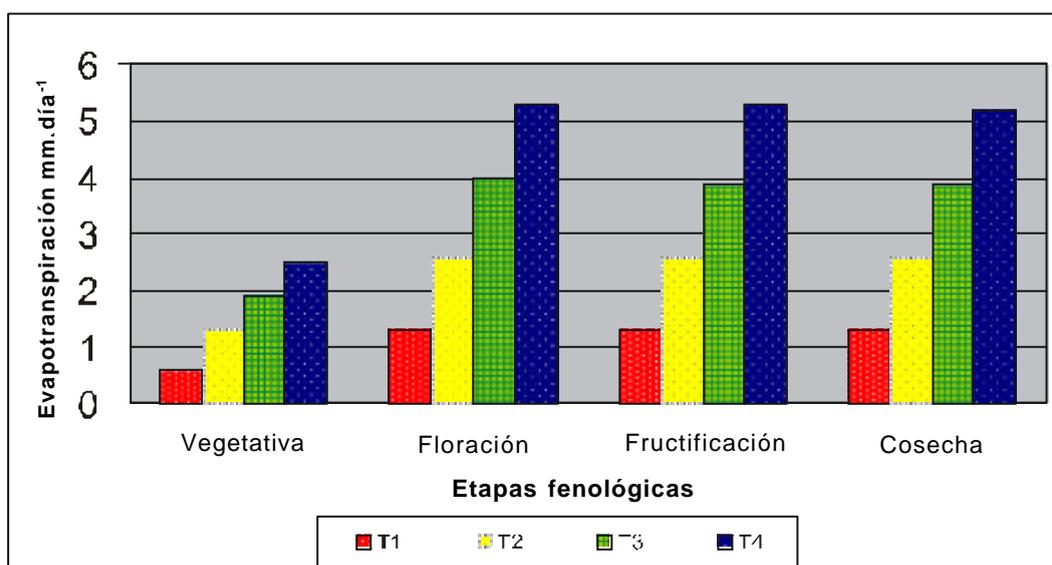


Figura 2. Evapotranspiración del cultivo de ají dulce (mm. día⁻¹). C.I. Turipaná.

Los valores de requerimiento hídrico total del cultivo en un ciclo de 160 días fueron: 176 mm para la dosis de 1.32 L planta⁻¹ día⁻¹; 353 mm para la dosis de 2.64 L planta⁻¹ día⁻¹; 539 mm para al dosis de 4.00 L planta⁻¹ día⁻¹ y 714 mm para la dosis de 5.32 L planta⁻¹ día⁻¹ (Tabla 1).

Los valores más altos de requerimiento hídrico se presentaron en la etapa de cosecha para todas las dosis de riego, debido a que esta es la etapa más prolongada y en la cual la planta continúa floreciendo y fructificando.

Tabla 1. Requerimientos hídricos del cultivo de ají dulce bajo cuatro dosis de riego por goteo en el Valle Medio del río Sinú.

Duración del Ciclo y Requerimiento Hídrico	Tratamiento L planta ⁻¹ día ⁻¹	ETAPA DEL CULTIVO				Total
		Vegetativa	Floración	Fructificación	Cosecha	
Duración del Ciclo (días)		47	11	13	82	160
Requerimiento Hídrico (mm)	1.32	29.9	14.3	16.9	115.5	176.6
Duración del Ciclo (días)		48	11	13	81	160
Requerimiento Hídrico (mm)	2.64	61.1	29.1	34.7	228.2	353.1
Duración del Ciclo (días)		46	10	16	81	160
Requerimiento Hídrico (mm)	4.00	88.2	40.2	64.6	346	539.0
Duración del Ciclo (días)		46	11	14	82	160
Requerimiento Hídrico (mm)	5.32	115.7	58.8	74.2	465.6	714.3

Rendimiento del cultivo

La variable rendimiento mostró diferencias significativas entre tratamientos, de acuerdo con el análisis de varianza, lo que significa que las dosis de riego influyeron en los rendimientos del cultivo de ají dulce. Los tratamientos T1, T2, T3 son estadísticamente iguales pero diferentes del T4 (Tabla 2).

El tratamiento con mayor producción fue el T4 con 12,884 Kg Ha⁻¹, (dosis de riego de 5.32 L planta⁻¹ día⁻¹); T3 presentó rendimientos de 9,856 Kg Ha⁻¹, T2 produjo 8,414 Kg Ha⁻¹ y T1 produjo 9,231 Kg Ha⁻¹ con dosis de 1.32 L planta⁻¹ día⁻¹ (Tabla 2). Al mantenerse en el suelo una humedad adecuada, la absorción

del agua por la raíz le exige un menor esfuerzo a la planta y la producción se desarrolla en mejores condiciones, aumentando los rendimientos (Pizarro, 1996).

El ajuste de la curva de rendimiento comercial corresponde a la ecuación polinómica ($R^2 = 0.99$). Con la lámina de 5.32 L planta⁻¹ día⁻¹ la curva de rendimiento comercial se encuentra en ascenso, por lo tanto es posible aumentar las dosis de riego para llegar al punto de máximo rendimiento (Figura 3). Aunque la dosis de 5.32 L planta⁻¹ día⁻¹ aún no es la óptima se puede recomendar como la dosis a ser utilizada en la zona y debe ser el punto de partida para futuras investigaciones.

Tabla 2. Rendimiento del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el Valle del Sinú Medio. C.I. Turipaná, 2001.

TRAT.	Dosis L planta ⁻¹ día ⁻¹ .	Rendimiento Kg Ha ⁻¹ .
1	1.32	9231 b
2	2.64	8414 b
3	4.00	9856 b
4	5.32	12884 a
CV%		29.64

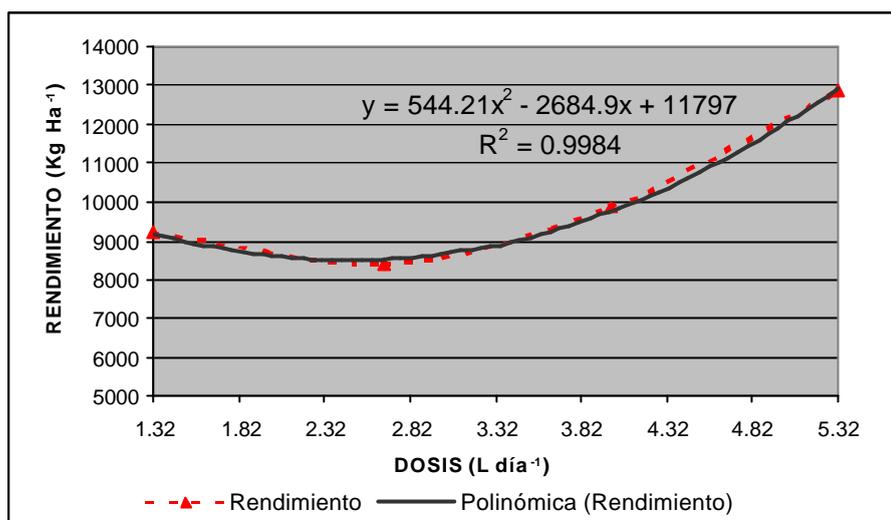


Figura 3. Rendimiento de frutos comerciales de ají dulce (Kg Ha⁻¹) en función del agua aplicada. C.I. Turipaná, 2001.

Altura de plantas

No se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos para el parámetro altura de plantas. El crecimiento del cultivo fue

parejo y los tratamientos no influyeron. La altura alcanzada por las plantas fue de 77 cm. (Tabla 3).

Tabla 3. Altura de plantas (cm) de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el Valle del Sinú Medio. C.I. Turipaná, 2001.

TRT	Dosis L planta ⁻¹ día ⁻¹	ALTURA DE PLANTAS				
		74 ddt	94 ddt	114 ddt	134 ddt	154 ddt
1	1.32	19 a	41 a	58 a	69 a	75 a
2	2.64	17 a	38 a	50 a	68 a	80 a
3	4.00	17 a	38 a	55 a	68 a	77 a
4	5.32	17 a	39 a	61 a	68 a	77 a
CV%		5.51	9.03	9.84	5.57	7.20

ddt: Días después del transplante

Profundidad de raíces

Este parámetro no mostró diferencias estadísticas entre tratamientos en ninguna de las fechas de muestreo, que fueron los días 74, 94, 114, 134 y 154 días después del transplante (Figura 4). La falta de respuesta del crecimiento de raíces a las diferentes

láminas de riego aplicadas, podría explicarse por su crecimiento y distribución no uniforme y por las condiciones del medio ambiente que existen en ellas. Habría que investigar las condiciones alrededor de la raíz para determinar las posibles causas que alteran el patrón de crecimiento (Gavande, 1976).

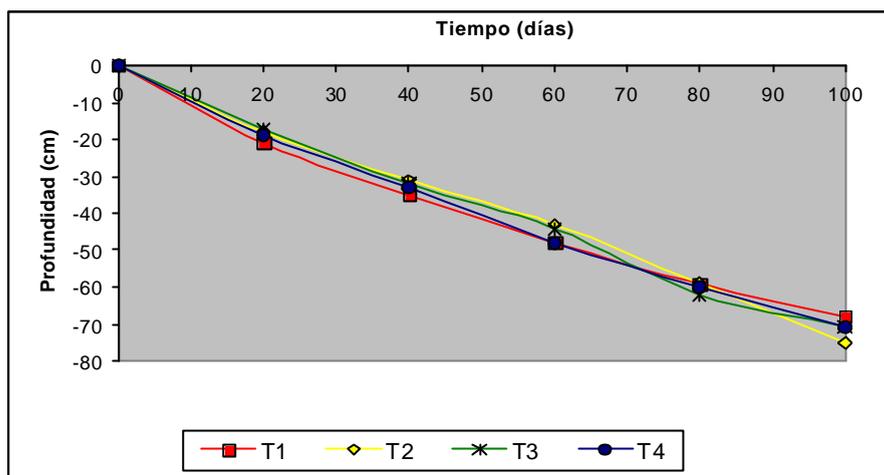


Figura 4. Profundidad de raíces del cultivo de ají dulce C.I. Turipaná, 2001.

Biomasa

De acuerdo con el análisis de varianza, no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos para la variable biomasa de plantas

(Tabla 4), mostrando que las dosis de riego aplicadas no influyeron en la producción de materia seca.

Tabla 4. Biomasa (gr), de plantas de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el Valle del Sinú Medio. C.I. Turipaná, 2001.

TRT	Dosis L planta ⁻¹ día ⁻¹	Biomasa				
		74 ddt	94 ddt	114 ddt	134 ddt	154 ddt
1	1.32	12.7 a	59.7 a	148.3 a	281.9 a	334.9 a
2	2.64	8.7 a	66.7 a	116.8 a	285.5 a	316.3 a
3	4.00	8.2 a	55.6 a	149.3 a	369.5 a	359.3 a
4	5.32	11.43 a	71.5 a	183.3 a	369.8 a	383.7 a
CV%		32.6	16.9	26.4	18.9	19.8

Análisis de la humedad del suelo

El contenido de humedad del suelo fue estadísticamente igual entre los tratamientos T1 y T2 y entre los T3 y T4 a lo largo de las fechas analizadas (Figura 5). Pero la humedad fue decreciente con la profundidad y presentó diferencias estadísticas, siendo el suelo más húmedo en la capa de 0 - 15 cm que en las otras profundidades (Figura 6). Como era de esperarse, los mayores valores de humedad se presentaron con la dosis de riego más alta (5.32 L planta⁻¹ día⁻¹) y los menores con la dosis más baja (1.32 L planta⁻¹ día⁻¹).

Los valores de humedad del suelo a capacidad de campo (CC) y en punto de marchitamiento permanente (PMP) determinados en el laboratorio a las tres profundidades medidas, fueron más altos que los obtenidos en campo, pero el agua aprovechable obtenida con las mediciones de laboratorio fue menor (Tabla 5). Esto podría evidenciar que la planta de ají dulce puede tomar agua del suelo aún a humedades muy bajas, mostrando cierta tolerancia al estrés hídrico por sequía y ello explicaría los "buenos rendimientos" obtenidos con las dosis de riego más bajas.

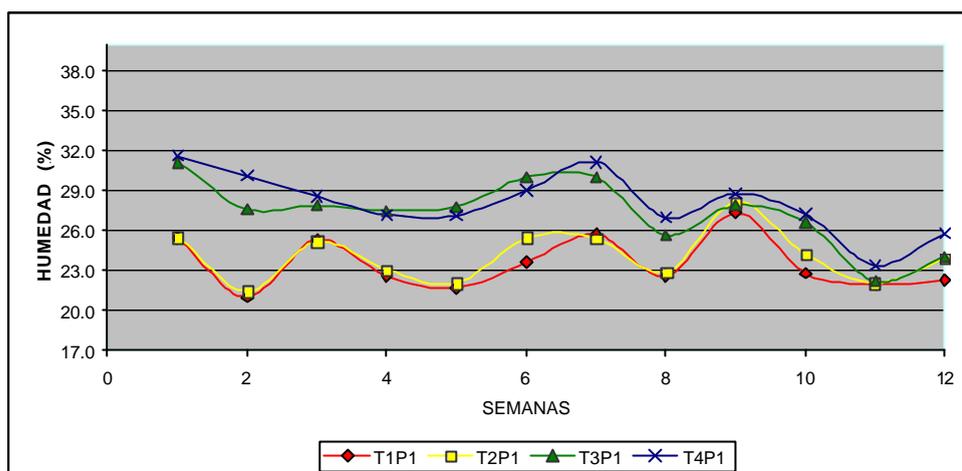


Figura 5. Humedad del suelo en el cultivo de ají dulce a la profundidad de 0 - 15 cm C.I. Turipaná, 2001.

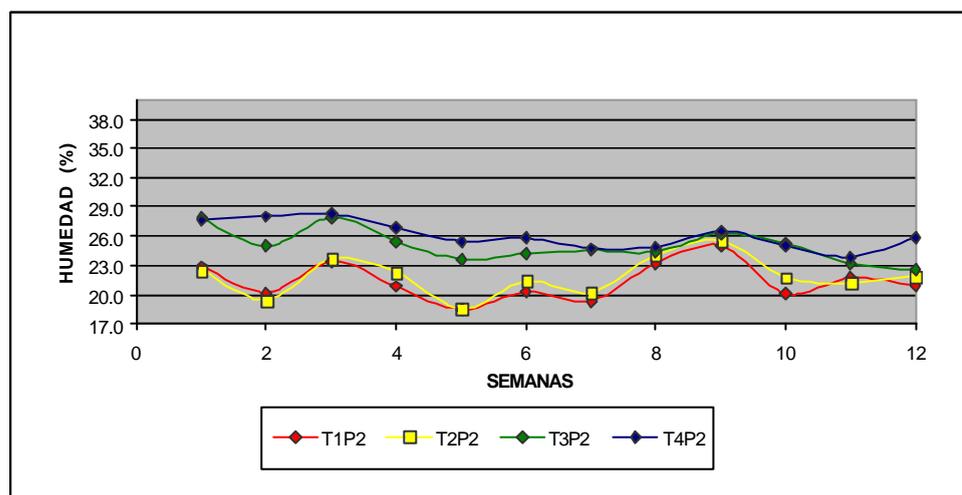


Figura 6. Humedad del suelo en el cultivo de ají dulce a la profundidad de 15 - 30 cm. C.I. Turipaná, 2001.

Tabla 5. Valores de Capacidad de Campo (C.C), Punto de Marchitamiento Permanente (PMP) y Agua Aprovechable (mm) obtenidos en laboratorio y en campo a las profundidades de 0 - 15, 15 - 30 y 30 - 45 cm, en el Valle del Sinú Medio C.I. Turipaná, 2001.

Profundidad (cm)	LABORATORIO			CAMPO		
	C.C(%)	PMP(%)	Agua A. (mm)	C.C(%)	PMP(%)	Agua A. (mm)
0 - 15	34.8	26.3	16.7	25.1	14.4	21.0
15 - 30	37.5	29.6	15.5	25.4	14.9	20.6
30 - 45	35.4	26.8	16.9	24.7	10.8	27.3
Total agua aprov.			49.1			68.9

Análisis económico

Todos los tratamientos mostraron ingresos totales superiores a los costos. Sin embargo, al aplicar el análisis marginal, el tratamiento cuatro presenta las mejores ventajas económicas con un incremento en el ingreso total de \$3'406,500, superior al aumento del

costo variable de \$140,000. Por su parte la tasa de retorno marginal (TRM%) alcanza el 24,33%, lo que significa que por cada unidad monetaria invertida el tratamiento se recupera y genera adicionalmente 24.3 unidades más (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis económico (\$) de riego por goteo para el cultivo de ají dulce en el Valle Medio del Sinú, C.I. Turipaná, 2001.

TRATAMIENTO	Costo Variable	Ingreso Total	Incremento Costo Variable	Incremento Ingreso Total	TRM(%)
1	940,000	10'384,875			
2	1'080,000	9'465,750	140,000	-919,125	-656.5
3	1'227,000	11'088,000	147,000	1'622,250	1,103.5
4	1'367,000	14'494,500	140,000	3'406,500	2,433.2

La relación beneficio/costo (B/C) indicó que la inversión hecha en los tres primeros tratamientos no genera ingresos favorables y no son rentables; sin embargo para el

tratamiento 4, la relación B/C fue de 1.19, lo cual indica que el valor de los ingresos es superior al valor de los costos (Tabla 7).

Tabla 7. Relación beneficio/costo (B/C) (\$)

TRATAMIENTO	Costo Total	Ingreso Neto	B/C	Rentabilidad (%)
1	11'659,940	-1'275,065	0.89	-10.9
2	11'799,940	-2'334,190	0.80	-19.7
3	11'946,940	-858,940	0.92	-7.18
4	12'086,940	2'407,560	1.19	19.91

Tabla 8. Flujo de caja para el tratamiento 5.32 L planta⁻¹día⁻¹

Año	Costos Totales	Ingresos Totales	Ingreso Neto
0	6'920,350		-6,920.350
1	6'920,350	14'494,500	7,574.150
2	6'920,350	14'494,500	7,574.150
3	6'920,350	14'494,500	7,574.150
4	6'920,350	14'494,500	7,574.150
5	4'790,612	14'494,500	9,703.888

Tasa de descuento 14% VNA = \$27'108,789 TIR = 107% VPN = \$20'188,439

Teniendo en cuenta los resultados de los indicadores anteriores, el Valor Actual Neto VNA que es de \$27'108,789 (>0) indica que los ingresos son superiores a los egresos en esa cuantía en valor actual a una tasa del 14%, es decir, que el dinero rinde a una tasa mayor del 14%. La TIR presentó un valor de 107%, lo que significa que por cada \$100 invertidos se generan \$107 adicionales.

Como el tratamiento T4 (5.32 L planta⁻¹ día⁻¹) ofrece buena rentabilidad, debe recomendarse para ser usado durante la época seca en el Valle Medio del Sinú.

CONCLUSIONES

- Los valores del coeficiente del cultivo Kc, fueron de 0.65 en la etapa vegetativa (46 días), 0.97 en la floración (11 días), 1.06 en fructificación (14 días) y 1.13 en cosecha (82 días), cuando se aplicó la dosis de riego de 5,32 L planta⁻¹ día⁻¹.

- La evapotranspiración del cultivo de ají dulce presentó valores promedios 5.2 mm día⁻¹ con dosis de riego de 5.32 L planta⁻¹ día⁻¹.
- El requerimiento hídrico del cultivo de ají dulce en el período de verano fue de 714 mm cuando la dosis de riego fue de 5.32 L planta⁻¹ día⁻¹.
- El tratamiento con dosis de riego de 5.32 L planta⁻¹ día⁻¹ mostró el mayor rendimiento comercial con una producción de 12,884 kg Ha⁻¹.
- Según el análisis económico, el tratamiento con ventajas económicas es el de 5.32 L planta⁻¹ día⁻¹, con un ingreso total de \$14,494.500 Ha⁻¹ y una rentabilidad de 19.8%. Además los indicadores económicos (VNA y TIR) muestran que esta dosis es rentable para el cultivo.

BIBLIOGRAFIA

Gavande, S. 1976. Física de Suelos. Editorial Limusa, México, p.XX

Gómez, R. y Marco, A. 1997. Determinación de las necesidades del cultivo de pimentón *California Wonder*. Tesis de Ingeniero Agrícola, Universidad de Sucre, Sincelejo.

Pizarro, F. 1996. Riego localizado de alta frecuencia, goteo-microaspersión-exudación. Mundiprensa, Madrid, 531 p.