

MANEJO DEL AGUA EN EL CULTIVO DEL AJÍ (*Capsicum cheninse jacq*) A TRAVES DE TENSIOMETRO Y TINA DE EVAPORACIÓN, UTILIZANDO RIEGO LOCALIZADO

Water management through localized irrigation, tensiometer and evaporator pan at sweet pepper (*Capsicum cheninse jacq*) farming

Luis Rázuri Ramírez¹, Ana Teresa Pérez.², José D. Hernández¹, José G. Rosales¹

¹CIDIAT-ULA, Apartado postal 219 Mérida.e-mail: razuri@ula.ve;

²IMDERURAL Mérida-Venezuela.

Recibido: 01/04/09

Aprobado: 04/06/09

Autor Principal: Luis Rázuri Ramírez

Resumen

La investigación se realizó en terrenos de la estación experimental del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad de Los Andes (IIAPULA), ubicada en San Juan de Lagunillas en el estado Mérida-Venezuela. Se evaluó el comportamiento del cultivo de ají (*Capsicum cheninse jacq.*), a través del manejo del agua de riego con lecturas de tensiómetro y tina de evaporación, mediante riego localizado. El diseño de la investigación es de tipo experimental, de campo. En cuanto a la parte experimental, ésta se ejecutó en bloques al azar con arreglos de tratamientos factoriales, considerando dos factores: Forma de reposición de agua (tina de evaporación y tensiómetro) y frecuencia de riego de uno y dos días. Las lecturas diarias de evaporación y tensiómetro fueron utilizadas para definir la cantidad de riego, determinándose para cada uno de ellos los tiempos de riego en función de los parámetros que considera cada método. Se evaluaron tres (03) plantas por tratamiento, para las características morfológicas; durante el desarrollo experimental las características vegetativas monitoreadas fueron: número de hojas, número de flores, diámetro del tallo, altura de la planta. Los resultados permitieron establecer diferencias significativas en la lámina de agua aplicada, siendo el método de reposición de agua mediante lecturas de tensiómetro el que originó mayor producción del cultivo, utilizando una menor cantidad de agua con respecto a la tina de evaporación.

Palabras clave: Riego, manejo del agua, ají, tensiómetro, tina evaporación, riego localizado.

Abstract

This experimental-based study was carried out in farmlands at the Agricultural Experimental Station from *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, University of Los Andes, (IIAPULA, Institute for Agriculture and Livestock Research, in English),

located in San Juan de Lagunillas, State of Mérida, Venezuela. Sweet pepper farming (*Capsicum chinense Jacq.*) was monitored through localized irrigated water management, tensiometer measurements, and evaporator pan. Experimental methodology was as follows: Randomly-selected blocks with factorial arrangement were used considering two factors, namely, water renewal (evaporator pan and tensiometer) and irrigation frequency at one or two day intervals. Evaporation and tensiometer daily readings were used to define irrigation quantity. Irrigation intervals were considered according to methodological parameters. Three treatment plants were tested morphologically. Vegetative features were number of leaves, number of flowers, stalk diameter, and plant height. Results indicate significant differences in water level. Likewise, water renewal based on tensiometer indicators resulted in the most effective farming method because it uses less water quantity than pan evaporator method.

Key words: irrigation, water management, sweet pepper, tensiometer, evaporator pan, localized irrigation..

Introducción

El agua de riego, que debe aportarse a un cultivo para asegurar que recibe la totalidad de sus necesidades hídricas durante las etapas fenológicas, puede llevarse a cabo a través de la programación de riego; siendo imprescindible conocer las características del cultivo, las propiedades físicas del suelo y las condiciones climáticas de la zona. Se ha desarrollado un gran número de métodos para estimar la cantidad de agua que se requiere para una producción óptima de los cultivos.

Entre estos se puede mencionar los que consideran la medición del potencial del agua en el suelo y los que utilizan medidas climáticas. La selección del mejor criterio será el que considere el mayor número de factores dentro del sistema continuo suelo – planta – atmósfera, Azevedo, J., Silva, E. (1995). Los métodos que comprenden factores

climáticos como la velocidad del viento, temperatura, humedad relativa del aire, radiación solar y la evaporación; permiten evaluar la evapotranspiración diaria de un cultivo, haciendo uso de fórmulas empíricas y semi empíricas, o a través de la evaporación de una superficie libre de agua (tina de evaporación). En el manejo del agua a través de tina de evaporación se involucran coeficientes que consideran la variación e influencia del clima en cuanto a las necesidades de agua del cultivo (E_{To}) y las características del mismo (K_c), Allen, R.(1998); permitiendo determinar la demanda de agua del cultivo a lo largo de su ciclo de desarrollo. No obstante, la medida de tensión de agua en el suelo, para la aplicación de riego, se puede inferir mediante el uso del tensiómetro, Gurovich, L. (1985), el cual aporta información del contenido de agua en el suelo, estableciendo el

momento y la cantidad de agua requerida por el cultivo, a fin de reponer el déficit hídrico en el suelo, Goyal, M. (2005). En consecuencia la adecuada programación de riego permite estimar el agua que consumen los cultivos o su evapotranspiración y la cantidad de agua que puede almacenar un suelo explorado por las raíces de los mismos, Doorenbos, J y W. Pruitt (1976).

Con base a lo anterior, este trabajo de investigación, considera las estrategias de manejo del agua a través de los métodos de tina de evaporación y tensiómetro en el cultivo de ají (*Capsicum chinense* Jacq L.), donde se evalúa su comportamiento (características vegetativas) en función de las frecuencias establecidas.

El cultivo del ají es muy importante por formar parte de la dieta básica de los países del trópico. Para su establecimiento, desarrollo y producción se hace necesario considerar el manejo del agua de riego, con el propósito de optimizar el uso del recurso hídrico, maximizar la producción y obtener cosechas de calidad. No obstante la falta de información en el país sobre el manejo del agua en este cultivo, conllevó a evaluar al mismo, a través de los métodos de tina de evaporación y tensiómetro, con el propósito de obtener información, que permita ser aplicada en la agricultura del país.

METODOLOGÍA

Tipo de investigación

La investigación es del tipo experimental de campo, de nivel explicativo. El diseño de tratamientos es unifactorial con 4 niveles (cuatro

tratamientos). El diseño experimental de campo es de bloques completos al azar con cinco repeticiones.

Parcela experimental

La investigación se realizó en condiciones de campo en terrenos de la estación experimental del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad de Los Andes (IIAPULA), ubicada en San Juan de Lagunillas en el estado Mérida-Venezuela. Su ubicación geográfica está comprendida entre los 8° 31' de latitud N y los 71° 22' de longitud W.

Determinación de los parámetros de suelo y clima

Capacidad de campo. Para la determinación de la capacidad de campo se escogió un lugar del área de estudio libre de vegetación, se colocó un cajón de madera de forma rectangular con dimensiones de 1m x 1m x 0,45m, sobre el terreno profundizando entre 5 y 10 cm, luego se procedió a llenarlo con aproximadamente 250 litros de agua, asegurándose de que el cajón no tuviese filtraciones o fugas en los puntos de contacto con el terreno. La parte superior del cajón se cubrió con un plástico, para evitar la pérdida de agua por evaporación. Después que el agua se infiltró completamente, se colocaron dos tensiómetros, con la finalidad de determinar las tensiones al momento de tomar las muestras de suelo.

Las muestras de suelo se tomaron a dos profundidades, con la ayuda de un barreno y posteriormente se llevaron a la estufa con la finalidad de determinar su contenido de humedad, una vez que este contenido de humedad se estabilizó o permaneció constante en el tiempo; se establece este contenido como el

porcentaje de humedad a capacidad de campo y se relaciona con la lectura tomada por los tensiómetros.

Densidad aparente. Para la determinación la densidad aparente se utilizó muestras de suelo sin disturbar que se secaron en un horno a 105 ° C, a las cuales se les determinó su peso, porcentaje de humedad, para conocer la densidad aparente. La prueba de densidad aparente se realizó para una profundidad de 0 – 20 cm.

Análisis de suelo. Se realizó el análisis físico y químico del suelo con el propósito de tener una estimación de la fertilidad del mismo es decir la cantidad de nutrientes disponible para el crecimiento del cultivo de ají. Para ello se tomaron muestras de suelo aleatorias con el fin de obtener una mejor representatividad en los resultados y enviaron al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro de Investigación Agropecuarias del Estado Táchira.

Retención de humedad. Los valores de retención de humedad del suelo, para las diferentes tensiones se determinaron mediante los métodos: uso de la olla de presión y columna de agua para baja tensiones. Los contenidos de humedad del suelo para cada valor de tensión, se ajustaron con el modelo matemático de Van Genuthen.

Información climática. La estación meteorológica ubicada en San Juan de Lagunilla, adyacente al área experimental, permitió cuantificar los eventos climáticos. La estación meteorológica estaba constituida por una tina de evaporación, pluviómetro, heliofanógrafo, anemómetro, los cuales permitieron realizar el registro de los factores climáticos que

influyeron en la magnitud de la demanda de agua del cultivo de ají.

Diseño experimental

El diseño experimental permitió establecer, a partir de una secuencia de pasos programados previamente, asegurar la obtención de datos apropiados a los cuales se les realizará un análisis objetivo que conducirán a deducciones validas con respecto a lo planteado. En el presente trabajo de investigación se evaluó al cultivo de ají bajo determinadas condiciones según lo siguiente: manejo del agua de riego a través de los métodos tina de evaporación y tensiómetro; frecuencias de riego establecidas de uno y dos días; esto con la finalidad de observar los efecto que se produce en la producción del cultivo de ají. El diseño experimental se realizó con tratamientos factoriales (bloques al azar) donde se consideró:

Factor A = Forma de reposición del agua de riego

ao= Se instalaron cuatros tensiómetros en total: dos en el bloque tres tratamiento dos y dos en bloque cuatro tratamiento uno, localizados a una profundidad de 10 a 25 cm. Los tratamientos evaluados a través de este método fueron T1 y T2

a1 = Tina de evaporación La tina de evaporación estaba ubicada en la estación meteorológica adyacencia al área experimental, los tratamientos evaluados a través de este método de reposición de agua de

riego fueron T3 y T4

Factor B = Frecuencia

bo = Frecuencia Para los
de un día tratamientos T1 y
T3

b1 = Frecuencia Para los
de dos días tratamientos T2 y
T4

Cada unidad experimental (tratamiento) tenía dimensiones de 3,0 m de ancho y 17 m de largo (51 m²) las cuales contenían 3 hileras de plantas separadas a un 1,0 m, y la separación entre plantas se estableció en 0,5 m. Los bloques se demarcaron de 3,6 m de ancho y 72 m de largo (255 m²). La separación entre tratamiento era de 1 m y el área total del terreno tenía un ancho de 23 m y largo de 72 m para un total de 1.656 m². Las observaciones se fundaron en la hilera central de cada tratamiento en donde se localizaron tres plantas de ají ubicadas en la parte media de la hilera tomando los extremos como bordura, el total de plantas para muestrear era de 60 a las cuales se les realizaron las observaciones correspondientes. La distribución de tratamiento se presenta en la Figura 1.

Sistema de riego

Se utilizaron cintas de riego marca Netafim de 0,8 l/h para una presión de trabajo de 1,4 bar.

Parámetros de riego

Lámina de riego. La aplicación del agua de riego en el cultivo de ají, se realizó determinándose en campo las necesidades de agua del mismo en función de la frecuencia de uno y dos días, utilizando para ello la tina de evaporación y el tensiómetro.

Para el manejo del agua con medida de evaporación se consideró la evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto) empleando el coeficiente de tina (kp), Allen, R. (1998); para la obtención de este factor se consideró la velocidad media del viento, la humedad relativa de la zona en estudio y la ubicación de la tina; los datos se registraban diariamente. Otro factor considerado fue el Kc del cultivo; estos factores permitieron convertir las lecturas de evaporación de la tina en consumo de agua del cultivo a lo largo de su ciclo de desarrollo, Allen, R. (1998). Para el caso de reponer el déficit de agua del cultivo a través de medidas de tensión, se registraros lecturas diarias de tensiómetro, convirtiendo estas en láminas brutas, obtenidas a partir de la optimización del modelo de van Genutchen.

Tiempo de riego. Los tiempos de riego fueron calculados en función de los métodos de reposición de agua de riego, Rázuri, L. (1998); se consideró el área por tratamiento de 255 m², el caudal total por tratamiento (1.165,55 l/h) y una eficiencia de aplicación de 90%.

Fertirrigación

La aplicación de los fertilizantes en el cultivo de ají, se realizó con base a las etapas fenológicas, Moya J. (2002). La solución fertilizante constituida por agua y fertilizante se disponía en un recipiente y posteriormente se inyectada al sistema de riego mediante una bomba de inyección, para ser localizada en el suelo muy cerca de las raíces.

Cosecha

Esta actividad se realizó removiendo el fruto de las ramas, seleccionando los ajíes que obtuviesen el color y el tamaño requerido.

Análisis estadístico

Durante el desarrollo experimental se evaluaron las láminas de riego aplicadas y la cosecha; los registros de las mediciones fueron procesados con una adecuada técnica de estadística matemática, Programa Statistic Análisis System (SAS) que condujeron a deducciones válidas con respecto a lo establecido en el trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Retención de humedad

Para realizar la prueba de retención de humedad se recolectaron muestras de suelo, tomadas de forma aleatoria a dos profundidades.

Curva de retención

Para realizar la curva de retención de humedad se tomaron varias muestras de suelo no disturbadas o inalteradas es decir, muestras que mantuvieran o conservarán las mismas condiciones de estructura y textura de suelo en el campo, a dos profundidades, las muestras herméticamente cerradas se llevaron al laboratorio de Suelos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de los Andes. Los valores de contenido de agua en el suelo para la curva de retención fueron ajustados con el modelo matemático de van Genutchen, 1980, siendo éste uno de los métodos más adecuados para representar la retención de agua en el suelo.

Condiciones climáticas

Las variables climáticas consideradas durante la investigación fueron precipitación, evaporación y

velocidad de viento, estas definidas en función de verificar los requerimientos de riego en el área bajo estudio, partiendo del comportamiento particular de cada variable durante el tiempo establecido para la cosecha. El comportamiento de la precipitación en el área de estudio se corresponde con valores que oscilan mayormente entre los 14mm y 16mm lo que refleja que las precipitaciones son de poca intensidad; los valores máximos se registraron durante el mes de mayo con 28 mm para comienzo del mes, y otro en el mes de septiembre con 18mm de precipitación. El comportamiento de la evaporación a nivel diario osciló mayormente en un rango entre 5 mm y 10 mm; a nivel mensual la evaporación se mantiene en un promedio no mayor a 6 mm/d, los valores mínimos leídos a nivel diario se corresponden con 3,18 mm en el mes de mayo y 1,16 mm en el mes de agosto. Los valores máximos alcanzados se registraron en el mes de mayo con 9,68 mm y en el mes de septiembre con 10,86 mm. La medición de esta variable en comparación con la precipitación, permite evidenciar que en el área la cantidad de agua evaporada durante el periodo de cultivo fue mucho mayor que la cantidad de agua precipitada.

La consideración del viento fue fundamental, puesto que estos son los portadores de humedad o agentes climáticos que al desplazarse se cargan de humedad y la precipitan en un lugar determinado. De acuerdo a las mediciones registradas los vientos se caracterizan por tener un comportamiento muy variable, su velocidad en el área llegó a alcanzar los 1,56 m/s como valor máximo registrado y 0,27 m/s como valor mínimo. El cambio de velocidad del viento se observó con mayor variación en los meses de mayo, junio y julio y

su mayor incidencia tuvo lugar a comienzos del mes de junio y en el mes de septiembre.

Evaporación (Ev), evapotranspiración de referencia (Eto) y evapotranspiración del cultivo (Etc)

El promedio de la evapotranspiración fue 2,14 mm/día. El valor de ETC se fue incrementando desde el día 31 hasta 63 DDT debido principalmente al intenso uso del agua por parte de las plantas, para la formación de hojas, obteniendo un valor promedio de 3,34 mm/día, posteriormente la evapotranspiración alcanzó un valor máximo de 4,42 mm/día durante la floración y fructificación.

Coefficiente del cultivo (Kc)

El coeficiente del cultivo (Kc), adoptó un valor de Kc de 0,60 desde 15/05/2005 hasta 14/06/2005. Posterior a esta fecha el desarrollo del cultivo asumió un crecimiento dinámico caracterizado por el aumento del volumen de raíces y sus funciones fisiológicas donde la demanda del agua fue en ascenso junto con el desarrollo, incrementándose el valor de Kc de 0,63 hasta 1,01. El valor de Kc se mantiene constante en las etapas de floración, fructificación y cosecha el mayor valor del Kc fue de 1.05. Estos valores de coeficiente de cultivo fueron calculados a partir de los datos climáticos históricos de la estación climática ubicada en la Estación Experimental de San Juan de Lagunillas.

Lámina de riego aplicada

En la aplicación del agua de riego para el cultivo ají se consideraron factores climáticos y de tensión de

humedad del suelo, que permitieron establecer los tiempos de riego con las frecuencias establecidas:

- En la reposición de la lámina de agua a través del método de tina de evaporación se consideró, la evapotranspiración del cultivo partiendo de las lecturas diarias de evaporación del tanque y haciendo uso del coeficiente del cultivo, lo que permitió establecer el consumo de agua durante las etapas de desarrollo, considerando en cada reposición la precipitación efectiva.
- Para la aplicación del agua de riego a través de tensiómetro, se ubicaron estos dispositivos cerca del cultivo a una profundidad de 10 y 25 cm con respecto a la superficie del suelo. Considerando las frecuencias de uno y dos días se registraban las lecturas de los tensiómetros, estas se convertían a las láminas brutas, determinadas a partir de la curva de retención y optimizadas por el modelo de van Genuchten y se calculaban los tiempos de riego.

Caudal de los goteros

En la Tabla 1, se indica el caudal del gotero; para su determinación se consideró el área de cada tratamiento, el número total de goteros, la longitud de la cinta y el caudal de los goteros.

Riego del cultivo

El riego se inició el 16-05-2005, a partir de esta fecha hasta el 17-07-2005, a los 64 DDT, las labores de riego para los tratamientos T1, T2, T3, T4, se realizaron única y exclusivamente con tina de evaporación. A partir 17/07/2005 y hasta el 09/10/2005, a los 148 DDT y con base a lo establecido en este

trabajo de investigación, relacionado con el manejo del agua, el riego se realizó utilizando el tensiómetro y la tina de evaporación. El manejo del agua de riego se ejecutó con los métodos establecidos para frecuencias de uno y dos días según se indica en la Tabla 2.

La cantidad de agua de riego a reponer en cada tratamiento se basó en lo siguiente:

- El riego aplicado en los tratamientos T3 y T4 se estableció haciendo uso del concepto de evapotranspiración, a través de las lecturas diarias de evaporación de la tina, el Kc del cultivo según la etapa fenológica, la precipitación efectiva y el porcentaje de humedecimiento a lo largo del ciclo. Esto permitió establecer el tiempo de riego y la cantidad de agua a reponer según la frecuencia de uno y dos días.
- Las lecturas diarias del tensiómetro y las láminas brutas determinadas a partir del modelo de van Genutchen, permitió calcular la cantidad de agua de riego de los tratamientos T1 y T2. El tiempo de riego se determinó considerando las frecuencias de uno y dos días.

Volumen y láminas de riego

Las necesidades de riego para el cultivo de ají, estuvieron influenciadas por las etapas de desarrollo, temperatura y las condiciones atmosféricas, ya que en ciertas ocasiones las precipitaciones suplían la demanda hídrica del cultivo ($P_e > ET_c$). Al observar los volúmenes de riego diario por tratamiento, se observa que el mayor volumen de agua diario aplicado en el tratamiento T4 fue de 98,00 m³/ha y el mínimo de 1,74 m³/ha; el tratamiento T2 reportó como máximo volumen diario 58,10

m³/ha correspondiente a los 125, 128, 136 DDT, el promedio de volumen diario para este tratamiento desde los 63 DDT hasta 148 DDT, correspondiente a la etapa de floración y fructificación, fue de 18,49 m³/ha. El tratamiento T1 utilizó un promedio de volumen diario desde 1 DDT hasta 30 DDT de 3,07 m³/ha, acrecentando este valor durante el periodo de crecimiento desde los 31 DDT hasta 62 DDT a 11, 27 m³/ha, posteriormente el volumen diario promedio aplicado durante la etapa de floración y fructificación, desde los 63 DDT hasta 148 DDT, fue de 24,48 m³/ha; no obstante el tratamiento T3 reportó como máximo volumen diario aplicado durante las etapas del cultivo 72,67 m³/ha y como mínimo 1,74 m³/ha.

Para la etapa de establecimiento desde el día 1 hasta los 30 DDT, a los tratamientos T1, T2, T3, T4 se le aplicaron un volumen acumulado de agua de riego de 92,11 m³/ha, utilizando como método de reposición de agua la tina de evaporación, como se muestra en la Tabla 3.

A partir de los 31 días hasta 62 DDT lapso correspondiente a la etapa de crecimiento, las necesidades acumuladas de agua por cada tratamiento fue de 349,48 m³/ha. Durante la etapa de floración y fructificación, desde los 63 días hasta 148 DDT, se aplicaron, para los tratamientos T1 y T3 un volumen acumulado de agua de 2.032,17 m³/ha y 2.077,52 m³/ha respectivamente. El menor volumen acumulado de agua aplicado durante esta etapa lo reportó el tratamiento T2 con 1.534,99 m³/ha y el mayor volumen aplicado fue en el tratamiento T4 con 2.135,29 m³/ha. La lámina bruta aplicada en los tratamientos consideró las frecuencias

y los métodos de reposición; el tratamiento T2, reposición de agua de riego con tensiómetro y frecuencia de 2 días, obtuvo la menor lámina aplicada durante la fase experimental con 396,45 mm y en mayor cuantía el T4, tina de evaporación y frecuencia de dos días, reportó 521,30 mm. Los tratamientos evaluados con frecuencia de un día, T1 y T3, monitoreados con los métodos de aplicación de agua tina de evaporación y tensiómetro respectivamente, reportaron para T1: 500,55 mm y T3: 517,01 mm, como se presenta en la Tabla 4.

Tiempos de riego

El mayor tiempo de riego diario aplicado en los tratamientos fue de 27,0 min y de 2,0 min como el menor valor. A partir del 16/07/2005, a los 63 DDT, se establecieron tiempos de riego diferentes entre el manejo del agua con tensiómetro y tina de evaporación y las frecuencias de riego establecida. El tratamiento T4, evaluado con tina de evaporación y frecuencia de dos días, reportó un tiempo promedio de riego diario de 33,77 min; no obstante el tratamiento T2 con el método de tensiómetro y frecuencia de dos días, utilizó un tiempo promedio de aplicación de 20,28 min y los tratamientos T1 y T3, manejo con tensiómetro y tina respectivamente, con frecuencia de un día, tienen un tiempo de riego promedio de 32,14 min y 32,43 min respectivamente.

Los tratamientos T3 y T4 presentaron un mayor tiempo de riego acumulado con 3.271,42 min y 3.382,63 min respectivamente, siendo el tratamiento T4 el que mayor tiempo de riego ejerció sobre el cultivo. Los tiempos de riego calculados a partir de la lámina bruta, donde se consideraron lecturas de tensiómetro, adoptaron valores más bajos en

cuanto a tiempo de riego acumulado, con 3.247,26 min para el T1 y 2.594,63 min para T2, siendo éste el tratamiento que menor tiempo de riego utilizó durante las etapas de desarrollo del cultivo; valores presentados en la Tabla 5.

Fertirrigación

El riego localizado brinda la oportunidad óptima para la aplicación de fertilizante a través del sistema de riego. Las raíces se desarrollan intensivamente en un volumen reducido de suelo, en donde el agua y los nutrientes se encuentran fácilmente permitiendo altas producciones de cultivo.

El manejo adecuado de la fertirrigación comienza con un correcto conocimiento del suelo, para determinar las necesidades de fertilizante del área de estudio se realizó un análisis físico – químico indicado anteriormente; todos los tratamientos recibieron la misma cantidad de fertilizantes.

Cosecha

Se realizaron cuatro (4) cosechas Esta actividad se realizó a los 104, 126,149 y 182 días después del transplante.

La reposición de la lámina de riego con tensiómetro (tratamientos T1 y T2) reportan una cosecha total de 15.232 kg/ha; para los tratamientos T3 y T4 utilizando tina de evaporación, la producción fue de 10.736 kg/ha; para la frecuencia de dos días la cosecha total fue mayor con respecto a la de 1 día, siendo éstas de 13.278 kg/ha y 12.690 kg/ha respectivamente.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El diseño experimental permitió realizar una secuencia de pasos establecidos previamente, con el propósito de asegurar durante el desarrollo experimental datos apropiados de cosecha; los cuales fueron procesados mediante el Programa Statistic Análisis System (SAS) que condujeron a deducciones válidas con respecto al problema planteado. Para procesamientos de datos se considero las evaluaciones de las láminas de agua (mm) aplicada a través de los métodos de reposición, las frecuencia de riego y cosecha kg/planta. No obstante con el propósito de valorar las categorías de los efectos reposición y frecuencia, se realizó la prueba del rango múltiple de Duncan.

Análisis estadístico, lámina de riego aplicada (mm)

Los resultados del análisis estadístico para la lámina de riego aplicada con los métodos reposición y frecuencias descritas anteriormente se indican en la Tabla 6, la cual refleja diferencias altamente significativas (**) para los efectos simple y combinado. La mayor lámina aplicada durante el avance experimental se obtuvo por tina de evaporación con 342,63 mm para los tratamientos T3 y T4 y en menor cuantía con tensiómetro se aplicaron 286,14 mm para los tratamientos T1 y T2. Para el efecto frecuencia de 1 y 2 días se obtuvo una lámina de riego de 332,44 mm y 296,30 mm respectivamente. Los resultados del análisis de varianza del efecto combinado reposición y frecuencia (R*F) para la lámina aplicada se indican en la Tabla 7.

Cosecha (kg /planta)

Los resultados indican, que con la frecuencia de dos días y utilizando la técnica de tensiómetro, se obtuvo una cosecha de 0,8506 kg/planta y de 0,4772 kg/planta con tina de evaporación. Para el efecto frecuencia de 1 día la producción fue comparativamente similar para el método de tensiómetro, 0,6726 kg/planta, y tina de evaporación con 0,5964 kg/planta; los resultados del análisis estadístico indican diferencia significativas (*) para el efecto combinado (R*F) los resultados se exponen en la Tabla 8.

Tabla.8. Cosecha total (kg/planta), efectos combinados (R*F)

CONCLUSIONES

La utilización del riego localizado (cinta de goteo) durante el desarrollo experimental permitió el ajuste de las cantidades de agua a aplicar, y el tiempo apropiado para cada método de reposición (tina, tensiómetro); además facilitó las labores culturales.

El manejo del agua a través del riego por goteo permitió que toda el área cultivada recibiera aproximadamente la misma cantidad de agua (uniformidad) y que quedará almacenada en la zona del suelo para el aprovechamiento del sistema radicular.

El análisis de varianza reportó que a través de la técnica de tensiómetro se utilizó una menor lámina de agua con respecto a la tina de evaporación, 286,14 mm y de 342,66 mm respectivamente. No obstante el factor frecuencia determinó, para un día una mayor lámina aplicada, 332,44 mm con respecto a la de dos días, 296,30 mm.

En la evaluación del efecto frecuencia de riego para 1 día y 2 días sobre el desarrollo y la producción cultivo se concluye que: bajo las condiciones de la zona de estudio, la frecuencia de dos días favorece el crecimiento y la producción, dado que con esta se obtuvieron el mayor número de hojas, flores y producción total.

La frecuencia de 1 día no favoreció el desarrollo del cultivo, posiblemente el exceso de humedad afectó la fisiología del mismo reflejando una disminución significativa del crecimiento de hojas, flores y por ende de la producción.

La producción total para el efecto combinado reposición vs frecuencia fue significativo, con la técnica con tensiómetro se originó una producción total de 15.232 kg/ha, y de 10.736 kg/ha con el método de la tina.

La reposición de la lámina de agua por tina evaporación requirió de un mayor volumen de riego concluyéndose que en el área de estudio donde la evaporación es mayor que la precipitación y existe limitante de agua, es conveniente la selección de método de reposición que conduzcan a un ahorro de la misma, como por ejemplo el tensiómetro.

El método de reposición de agua con tensiómetro utilizó un menor volumen acumulado de riego de 1.976,58 m³/ha, con respecto a la tina de evaporación que demandó un mayor volumen aculado de riego con 2.576,88 m³/ha.

BIBLIOGRAFIA

AZEVEDO, J.A. de; SILVA, E.M. 1995 da. Tensiômetro: Dispositivo prático para controle da irrigação. [S.l.: s.n.], 26p. **Contribuição da EMBRAPA/CPAC ao Curso sobre Manejo de Pivô Central: Otimização do Uso de Energia e Água, realizado na EMBRAPA/CNPAF, Goiânia, 06 a 17/03/95.**

ALLEN, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith. (1998). **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements** -FAO Irrigation and drainage paper 56 FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome

GUROVICH, Luis A (1985). **Fundamentos y diseño de sistemas de riego.** Editorial IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura): San José de Costa Rica.

GOYAL, Megh R (2005). **Manejo de riego por goteo.** Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. Colegio de Ingeniería.

DOORENBOS, J. y W.O. Pruitt. (1976). Estudio FAO riego y drenaje 24. **Las necesidades de agua de los cultivos.** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Nación. Roma.

RÁZURI, Luis. (1988). **Diseño de riego por goteo.** C.I.D.I.A.T (Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierra): Mérida – Venezuela.

MOYA, Jesús Antonio. (2002). **Riego localizado y fertirrigación.** Editorial Mundi Prensa: Madrid – Barcelona – México.

GENUTCHEN, M.T. van. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.44, p. 892-898.

Figura 1. Distribución de tratamientos en el área experimental

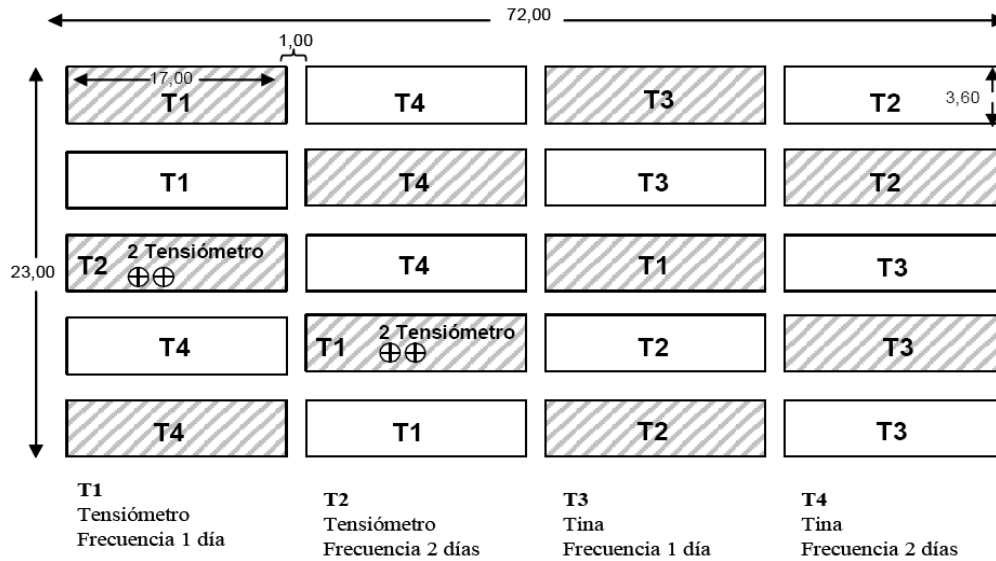


Tabla 1. Caudal promedio del gotero (l/h)

TRATAMIENTO	AREA [m ²]	CAUDAL GOTERO [l/h]	LONGITUD CINTAS [m]	GOTEROS POR TRAT.	CAUDAL TRAT. [l/h]
1	255.00	0.91	255.00	1275.00	1165.55
2	255.00	0.91	255.00	1275.00	1165.55
3	255.00	0.91	255.00	1275.00	1165.55
4	255.00	0.91	255.00	1275.00	1165.55
TOTAL	1020.00		1020.00	5100.00	4662.20
AFORO DEL GOTERO	TOTAL GOTEROS	VOLUMEN [l]	TIEMPO [h]	CAUDAL [l/h]	
	5100.00	1000	0.214	0.914	

Tabla 2. Tratamientos

Tratamientos	Frecuencia	Manejo
T-1	1 día	Tensiómetro
T-2	2 días	Tensiómetro
T-3	1 día	Tina de evaporación
T-4	2 días	Tina de evaporación

Tabla 3. Volúmenes de riego acumulados por etapa del cultivo y total en m³/ha

Etapa	T1 Fr1 (Tensióm.)	T2 Fr2 (Tensióm.)	T3 Fr1 (Tina)	T4 Fr2 (Tina)
Establecimiento	92,11	92,11	92,11	92,11
Crecimiento	349,48	349,48	349,48	349,48
Floración y Fructificación	2.032,17	1.534,99	2.077,52	2.135,29
Total	2.473,76	1976,58	2.519,11	2.576,88

Tabla 4. Láminas brutas acumuladas por etapa del cultivo y total en mm.

Etapa	T1 Fr1 (Tensióm.)	T2 Fr2 (Tensióm.)	T3 Fr1 (Tina)	T4 Fr2 (Tina)
Establecimiento	56,00	56,00	56,00	56,00
Crecimiento	105,00	105,00	105,00	105,00
Floración y Fructificación	339,55	235,45	356,01	360,30
Total	500,55	396,45	517,01	521,30

Tabla 5. Tiempos de riego acumulados por etapa del cultivo y total en minutos.

Etapa	T1 Fr1 (Tensióm.)	T2 Fr2 (Tensióm.)	T3 Fr1 (Tina)	T4 Fr2 (Tina)
Establecimiento	120,91	120,91	120,91	120,91
Crecimiento	458,76	458,76	458,76	458,76
Floración y Fructificación	2.667,60	2.014,96	2.691,75	2.802,96
Total	3.247,26	2.594,63	3.271,42	3.382,63

Tabla 6. Significación y medias, lámina aplicada (mm)

Significación y medias lámina aplicada (mm)							
Lámina	Frecuencia	Reposición	R * F	Medias			
	Significación			F 1 Día	F 2 Días	Tensiómetro	Tina
	**	**	**	332,44 A	296,33 A	286,14 B	342,63 A

Tabla 7. Análisis de varianza de la lámina aplicada, efecto combinado (R*F)

Lámina efectos combinados R*F							
F 1 Día	Tensiómetro	F 2 Días	Tensiómetro	F 1 Día	Tina	F 2 Días	Tina
T1		T2		T3		T4	
327,94 (mm)		244,34(mm)		336,94 (mm)		348,328 (mm)	

Tabla.8. Cosecha total (kg/planta), efectos combinados (R*F)

Efectos Combinados R*F = Significativo *			
Frecuencia (F)		1 Día	2 Días
Reposición	Tensiómetro (R1)	0,6726	0,8506
	Tina (R 2)	0,5964	0,4772