

# Efecto del riego deficitario controlado en la producción del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo riego localizado

*The effect of controlled deficient irrigation on tomato crop (*Lycopersicon esculentum* Mill.) production under localized irrigation method*

Luis Rázuri<sup>1</sup>, Gisela Romero D.<sup>2</sup>, Edgar R. Romero C.<sup>3</sup>, José D. Hernández<sup>1</sup> y José G. Rosales<sup>1</sup>

Fecha de investigación: abril 2005 - agosto 2005

Recibido: 04-09-08 / Aceptado: 10-10-08

<sup>1</sup> CIDIAT-ULA, apartado postal 219 Mérida. E-mail: razuri@ula.ve;

<sup>2</sup> IMDERURAL Mérida;

<sup>3</sup> IIAP-ULA, apartado postal 77. E-mail: edroca@ula.ve

## Resumen

Se realizó una investigación para evaluar el efecto del riego deficitario controlado a través de la aplicación de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y características morfológicas del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Presto, durante los meses de abril a agosto de 2005, producido en condiciones de campo en terrenos de la estación experimental del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad de Los Andes (IIAP ULA), ubicado en San Juan de Lagunillas en el estado Mérida, Venezuela. Los tratamientos consistieron en aplicar cuatro láminas de reposición de agua 100% ETc, 80% ETc, 70% ETc, 60% ETc., calculados a partir de los registros diarios de evaporación en un tanque evaporímetro tipo A y afectados por el coeficientes Kp (Coeficiente de tina, método FAO 33,1980). Para la determinación de la evapotranspiración del tomate se usó el coeficiente Kc por etapa de cultivo, siguiendo el método de la FAO 56, y se consideraron las precipitaciones efectivas en el cálculo de las necesidades de agua. Aunque las diferencias por rendimiento, tamaño y peso de fruto entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas, los resultados indicaron que el rendimiento más elevado de tomate en las categorías total y comercial se logró con el tratamiento "T2" es decir afectando la ETc por el coeficiente de 0,80 con 62,71 Tn ha<sup>-1</sup> y 53,16 Tn ha<sup>-1</sup> respectivamente. La cantidad de agua aplicada por hectárea osciló entre 3.602 m<sup>3</sup>/ha y 2.530 m<sup>3</sup>/ha para los coeficientes de 1 y 0,6 respectivamente. En la comparación de los volúmenes de agua aplicados por hectárea se observó que el coeficiente 0,8 con que se obtuvo mayor producción, represento un ahorro del 22% con relación al coeficiente 1, que vendría a representar el requerimiento total de la evapotranspiración.

**Palabras clave:** Tomate, riego deficitario, riego localizado.

## Abstract

A research was made to evaluate the effect of controlled deficient irrigation by applying four sheet layers of water over the yield and morphometric characteristics of tomato crop (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Presto, produced on open field conditions at the Experimental Station of the Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad de Los Andes (IIAP ULA) since April to August, 2005 in San Juan de Lagunillas, Mérida State, Venezuela. The treatments consisted on applying four sheet layers of water replacements at 100% ETC, 80%ETC, 70%ETC, and 60% Etc, all calculated from daily evaporation records on an evapotranspirative type **A** pan and each one affected by the Kp coefficients (pan coefficient, FAO 33, 1980 method). To determine the evapotranspiration of tomato; it was used the Kc coefficient at each stage of the crop, following FAO 56 method, and there were considered the effective precipitations to calculate the water needs. Although the differences of yielding, size and weight of the fruit among the treatments were not statistically significant, the results showed that the higher yielding of tomato in the total and commercial categories was achieved with the "T2" treatment, that is affecting the Etc by the 0,80 coefficient with 62,71 Ton hec<sup>-1</sup> and 53,16 Ton hec<sup>-1</sup> respectively. The amount of water applied per hectare oscillated between 3.602 m<sup>3</sup>/ha and 2.530 m<sup>3</sup>/ha for the coefficient 1 and 0, 6 respectively. At the comparison of water volumes applied per hectares, it was observed that the 0, 8 coefficient which it obtained the higher production, it represented a 22% of savings in relation to the 1 coefficient, so it would become and represent the total evapotranspiration requirement.

**Key words:** Tomato, defficiting irrigation, localized irrigation.

## Introducción

La escasez generalizada de agua para la agricultura ha generado una fuerte necesidad de crear estrategias orientadas a mejorar la eficiencia de su uso. Un primer paso fue el desarrollo del riego localizado, que permitió aumentar la eficiencia de aplicación del agua hasta un valor cercano al 90% (Rázuri, 1986). Ante esta situación se han desarrollado técnicas de manejo del riego en cultivos, como es el denominado Riego Deficitario Controlado (RDC) para situaciones de disponibilidad limitada de agua. Esta técnica consiste en regar a intervalos temporales con menos agua de la que se utiliza en una dosis considerada óptima, sin que se provoque daños al cultivo; es necesario por lo tanto obtener información confiable que permita calcular el nivel óptimo de riego para cada cultivo y cada una de las zonas donde se desea establecer un régimen de riego deficitario (FAO, 1979).

Consecuentemente, en Venezuela es un hecho el desconocimiento de la cantidad de agua que debe ser aplicada al cultivo para su mejor rendimiento, y la respuesta fisiológica del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) a la apli-

cación de distintas láminas o volúmenes de agua (Guzmán, 1985). Una de las técnicas más simples y económicas para estimar la evapotranspiración de los cultivos es el método de la tina de evaporación. La idea de este método es, medir la cantidad de agua evaporada desde la tina y correlacionarla a la evapotranspiración de los cultivos.

Con los resultados de la aplicación de este método se espera evaluar el efecto de cuatro láminas de agua que genere los rendimientos más elevados en el cultivo del tomate, logrando una mayor eficiencia en el uso del agua, producido en condiciones de campo bajo riego localizado, y regado por cintas durante los meses abril a agosto del 2005, en la zona de San Juan de Lagunillas, estado Mérida. Las características climatológicas de Lagunillas y San Juan de Lagunillas, municipio Sucre del estado Mérida de amplia tradición agrícola, en donde el agua aparece como un recurso precioso y escaso, merece un esfuerzo capaz de mejorar el aprovechamiento de los recursos hídricos para optimizar su rendimiento en cultivos tradicionales y en la expansión de nuevas áreas a ser regadas.

Con los resultados de la aplicación del riego deficitario controlado (RDC) se espera demostrar que al afectar la cantidad de agua evaporada, desde la tina, multiplicándola por un determinado coeficiente, generará diferencias en el rendimiento del cultivo del tomate, logrando una mayor eficiencia en el uso del agua.

## Metodología

### Tipo y diseño de investigación

La evaluación del efecto del riego deficitario controlado bajo la modalidad de riego localizado en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), se desarrolló en el marco conceptual de una investigación de tipo experimental de campo, a través de la aplicación de cuatro láminas de agua y su efecto sobre el rendimiento y características morfológicas del cultivo de tomate.

### Población y muestra

La parcela de ensayo de 31m de ancho y 45 m de largo (1.395 m<sup>2</sup>) se dividió en 5 bloques, subdivididos estos a su vez en 4 unidades experimentales. Cada

unidad experimental se replanteó y estableció de 5 m de ancho y 10 m de largo, (separadas estas por pasillos de 1 m) para un área individual de 50 m<sup>2</sup>, la cual contenía 5 hileras distanciadas a 1,0 m. con una separación entre plantas de 0,4 m. Esto hizo 125 plantas por unidad experimental y una población total de 2500 plantas. En los muestreos se evaluaron tres plantas del hilo central por parcela por tratamiento.

## **Materiales y métodos de investigación**

La investigación se realizó en la Estación Experimental del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad de Los Andes (IIAP-ULA), ubicada en San Juan de Lagunillas, municipio Sucre del estado Mérida, Venezuela, la cual tiene una superficie de 35.300,37 m<sup>2</sup>, está a 1.050 m.s.n.m., enmarcada entre las coordenadas U.T.M 240946E – 941369N, 240737E 94369N, 240737E 941754 N, 240946 E-941759 N. Se destinó para el ensayo de investigación un área de 1395 m<sup>2</sup>.

## **Fuente y calidad del agua para riego**

El agua utilizada para el riego proviene de un tanque de almacenamiento de 1.220.000 l, el cual es alimentado por el sistema de riego El Estanquillo, cuya fuente hídrica Miraflores, se encuentra ubicada a una distancia aproximada de 20 Km.

El análisis de agua, indicó que la muestra de agua se clasificó en la categoría C<sub>1</sub>S<sub>1</sub>, según el Manual de Agricultura No 60 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA). El agua presentó bajos niveles de salinidad y concentraciones de sodio, la cual puede usarse en la mayoría de los cultivos y en casi cualquier tipo de suelo.

## **Suelo**

Según Cortés (1981) el suelo de San Juan de Lagunillas se formó a partir de lavas torrenciales de la formación La Quinta. Es de muy superficial a sub-superficial, limitado por capas de fragmentos gruesos que aparecen con menor frecuencia a lo largo del perfil y en la superficie. El horizonte A siempre delgado, descansa sobre un B de alteración (Bs) y éste sobre un horizonte C. Las texturas varían desde gruesas en la superficie a medias en la profundidad, cuya clasificación taxonómica sería Camborthid Típico, franco fino micáceo, isohipertérmico.

La Estación Experimental del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la ULA, ubicada en los suelos de las características, origen y clasificación anteriormente descritos, presenta pendientes que van del 7 al 12%, no siendo esto una limitante para la producción agrícola de la zona; la profundidad efectiva no sobrepasa los 21cm; drenaje moderado; ausencia de nivel freático y marcas visibles de una clara erosión laminar y en surcos. Por el tipo de vegetación presente en la zona se clasifica como monte espinosos tropical-bosque seco premontano, en una altitud aproximada de 1050-1100 msnm

Con base al estudio realizado por Cortés (1981), las limitantes para el uso agropecuario son el clima, pedregosidad, profundidad efectiva y la erodabilidad, en tal sentido este autor da como recomendaciones prácticas para el manejo agrícola: el riego, despedregar, incorporar materia orgánica, prácticas intensivas de conservación tales como construcción terrazas y una conducción cuidadosa del agua. En cuanto a los cultivos recomienda aquellos de raíces cortas, hortalizas, pastos.

### Parámetros climáticos

Para el análisis del clima, se utilizaron los registros de la Estación Climática de San Juan de Lagunillas, ubicada en la estación experimental del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad de Los Andes (IIAP-ULA). Dicha estación consta de un anemómetro ubicado a 2 m de altura, tina estándar (tipo A) de evaporación, pluviómetro de cántaro, termómetros de registros de máxima y mínima temperatura, un dispositivo electrónico de registro de humedad relativa, heliógrafo y actinógrafo.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, facilitando el manejo de la investigación de campo; con cinco repeticiones, permitiendo estudiar con suficiente precisión el comportamiento de los tratamientos evaluados.

Se probaron cuatro tratamientos, que consistieron en la aplicación de diferentes volúmenes de agua (láminas de agua), las cuales correspondieron a una reposición de 100 % (T1), 80 % (T2), 70 % (T3) y 60 % (T4) de la evapotranspiración del cultivo, ETC, calculados a partir de los registros diarios de evaporación en un tanque evaporímetro tipo A y afectados por diferentes coefi-

cientes. Para la determinación de la evapotranspiración del tomate se usaron coeficientes  $K_c$  por etapa de cultivo, indicados en la publicación FAO 56, y se tomaron en consideración las precipitaciones efectivas diarias.

La parcela experimental se dividió en 20 módulos de 50 m<sup>2</sup> de superficie, correspondiente a los 4 tratamientos y cinco repeticiones consideradas en el diseño experimental. Cada unidad experimental (tratamiento o parcela) de 5 m de ancho y 10 m de largo (50 m<sup>2</sup>), contenía 5 hileras separadas a 1,0 m. La separación entre plantas fue de 0,4 m. Los hilos 1, 2, 4, y 5 correspondieron a las borduras; los hilos 3 a los muestreos y medición del rendimiento final.

### Operación y manejo del sistema de riego

El propósito de este trabajo es presentar una estrategia de manejo de aplicación de agua en los volúmenes adecuados para cultivos hortícolas como el tomate, sustentado en una base tecnológica resultante de trabajos de investigación.

La estrategia de operación y manejo adoptada para el presente trabajo de investigación se basó en medidas climáticas por el método del tanque evaporimétrico tipo A.

#### *Cálculo de la evapotranspiración real del tomate, "ETc" (mm d<sup>-1</sup>)*

La utilización de la metodología aplicada requirió suministrar información relativa a la ubicación geográfica y a las características físicas de la zona en estudio, referentes a clima, cultivo y suelo. Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo ETc, se procesaron datos diarios del período comprendido entre el 23/04/05 al 12/08/05. Estos datos fueron: precipitación y evaporación de tina. En la determinación de los parámetros  $K_p$  y  $P_e$ , se utilizaron los registros del período 1970-2004, correspondientes a evaporación, precipitación, velocidad del viento a 2m, y humedad relativa media.

La ETc del tomate fue calculada utilizando la siguiente expresión:

$$ETc = Ev * Kp * Kc \quad (1)$$

**Ev**, corresponde a la lectura diaria de evaporación de la tina, **Kp**, coeficiente de tina se consideró 0,75, **Kc**, coeficiente único del cultivo diario, se siguió el procedimiento indicado en la publicación de la FAO N° 56 "Evapotranspiración

del Cultivo" (2006), en la rutina de cálculo se emplearon los valores de  $K_c$  ini = 0,60;  $K_c$  int = 1,20 y  $K_c$  fin = 0,80; y longitudes de etapa de desarrollo de 30 días, 40 días, 40 días y 25 días correspondiente a la etapa inicial, intermedia, de desarrollo y final respectivamente del cultivo de tomate.

### *Cálculo de la Precipitación efectiva, "Pe" (mm d<sup>-1</sup>)*

El análisis del período 1970-2004 de la estación San Juan de Lagunillas; permitió determinar el factor de ajuste para el cálculo de la precipitación efectiva, expresada en unidades de mm d<sup>-1</sup>, basado en los datos de precipitación media mensual y lámina neta de riego, mediante la metodología de Servicio de Conservación de suelos de los Estados Unidos. La precipitación efectiva se obtuvo a partir de la Ecuación 2.

$$Pe = 0,80 p \quad (2)$$

donde

$p$ : Precipitación diaria medida del cántaro de agua, de la estación climática.

### **Componentes del sistema de riego**

La red de riego consistió de tuberías de PEAD-63 mm, 50 mm, y 32 mm, cabezal de riego ubicado a la entrada del área donde se emplazó el diseño experimental; contentivo de un regulador de presión Netafim para 1,1 bar, una ventosa de 1", válvula de bola, toma manométrica, y la cinta de goteo. De la tubería secundaria se derivaron 10 tramos de tubería terciaria de PEAD-32 mm, a la cual se conectaron 10 válvulas de bola de 32 mm, y diez tomas manométricas en cada una de las válvulas de bola para medir la presión; correspondiente a los respectivos tratamientos.

En cada uno de estos tramos se conectaron a la tubería terciaria las cintas de goteo marca Netafim, cinco (05) por cada tratamiento de 10 m de largo, para un total de 1000 m; la cinta de goteo utilizada fue de 10 mm de diámetro con 5 emisores por metro, separadas a 100 cm, que entregaban cada una un caudal de 4,56 l/h/m, por metro lineal (0,91 l h<sup>-1</sup> por emisor), valores estos obtenidos de la evaluación hidráulica.

## Riego del cultivo

El 23 de abril de 2005 día del transplante se iniciaron las labores de riego, las lecturas diarias de evaporación en el tanque evaporímetro tipo A, permitieron calcular la cantidad de agua requerida para reponer el déficit hídrico y determinar el tiempo de riego.

El aporte de agua por riego se mantuvo constante en el área de investigación desde 23 de abril hasta el 31 de mayo del 2005 a los 38 D.D.T, fecha en la que se dió inicio a la restricción del riego o aplicación de los diferentes tratamientos "DAT", el cual fue durante la fase de floración F-II de desarrollo del cultivo, esto de acuerdo a la estrategia de operación y manejo adoptada para el presente trabajo de investigación, en la que todas las plantas tuvieran la misma oportunidad de desarrollo inicial.

A partir de este momento y durante el resto del ciclo vegetativo se realizó una dotación deficitaria de riego en las unidades experimentales correspondientes a tratamientos T2, T3 y T4.

## Fertirrigación

El plan de fertirrigación diaria, fue basado en el análisis inicial de suelos, el cual incluyó dosis de nutrientes, eficiencia del fertilizante y demandas del cultivo.

La fertirrigación permitió la dotación diaria de nutrientes requerida en cada una de las fases del desarrollo del cultivo en el área de investigación, esta no se vio afectada por la restricción de riego ya que la misma se aplicó durante los primeros 5 minutos de iniciado el mismo.

## Cosecha

Para fines de cálculo del rendimiento de cosecha en el área experimental, se recolectó lo producido, frutos comerciales y no comerciales, de las tres plantas que ocupaban el hilo central destinado para los muestreos, de cada uno de los cuatro tratamientos y las cinco replicas. Posterior a la recolección de los frutos de las plantas destinadas a los muestreos, la cosecha se realizó para toda el área, todos los frutos se encestaron por tamaño, siendo contados y pesados nuevamente.



Los cosechas o recolección de los frutos fueron seis (6) y se realizaron semanalmente a los 88, 93, 97, 102, 105 y 111 DDT, fecha en que se elimino el cultivo, la cosecha se llevó a cabo seleccionando los tomates pintones (frutos de color rosado en toda su superficie), los tomates pintones rosados (frutos de color rojo pálido en toda su superficie) y los tomates rojos (frutos de color rojo intenso). Para el caso del rendimiento comercial y no comercial los frutos fueron separados por peso en calidades de comerciales: grande (> 90 g), medianos (90-50 g), y pequeños (< 50 g), y en no comerciales en: frutos de desecho los cuales presentaban daños por pájaros y por enfermedades de Tizón temprana (candelilla), *Alternaria solana*, Mosaico Amarillo.

### Técnicas de análisis y procesamiento de datos

El análisis estadístico se contempló en el proyecto con la finalidad de indicar, dentro de un marco razonable de probabilidad, el efecto que tiene una dotación deficitaria de riego con el rendimiento del cultivo.

En el presente estudio se aplicó un Modelo Lineal General (GLM) para evaluar el efecto de la lámina de agua sobre la productividad de tomates. Estos modelos comprenden una serie de procedimientos que tienen como característica común el estudio de variables dependientes que cumplen una serie de supuestos paramétricos, a través de los factores que las controlan y de la interacción entre ellos. Entre los supuestos que deben evaluarse al ajustar GLM, se encuentra la independencia de las observaciones, la igualdad de variancia y que los residuos del modelo son independientes y se distribuyen en forma normal.

En la base de datos seleccionada para este estudio se indica la cantidad de tomates producidos por tres plantas seleccionadas aleatoriamente en cada una de las 20 parcelas de cultivo establecidas en el diseño experimental de bloques completamente aleatorizado. Para cada uno de los cuatro períodos de cosecha, se proporciona el número y masa de tomates grandes, medianos, pequeños y dañados. Debe resaltarse que la variable tamaño –expresada en una escala ordinal– es independiente de la calidad –expresada en escala binaria– razón por la que se debe analizar en forma independiente, a pesar de la pérdida de potencia que este esquema provoca sobre el análisis estadístico.

## Resultados y discusión

### Condiciones climáticas

El cultivo de tomate se desarrolló en los meses de marzo a agosto, durante este periodo la evaporación fue mucho mayor que la precipitación. En el primer mes la relación precipitación / evaporación fue de 0,45, aumentando en el mes de mayo a 0,63, para luego disminuir fuertemente en los meses de junio, julio y agosto desde 0,42; 0,12 hasta 0,02 respectivamente.

### Lámina, tiempos y volúmenes de riego

A efecto del presente estudio se tomaron datos diarios de evaporación (Ev) y precipitación (pp); desde el 23 de abril al 12 de agosto del 2005, fecha en la que se concluyeron las evaluaciones por haber llegado al término del cultivo a los 111 DDT.

La lámina bruta promedio por riego aplicada durante el ciclo vegetativo fue de 3,31 mm, con una lámina diaria promedio de precipitación de 1,98 mm y una evaporación de tina promedio de 5,65 mm en el período considerado.

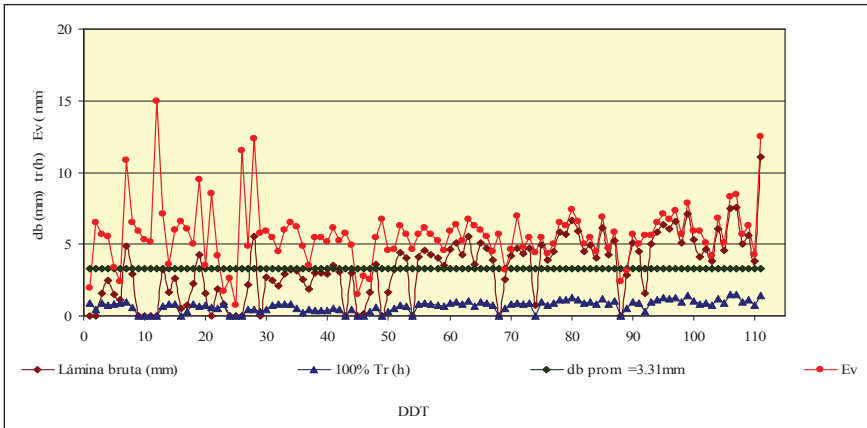
Las cuatro láminas de reposición de agua ó tratamientos de 100 % tr, 80 % tr, 70 % tr, y 60 % tr se corresponden a 100 % ETc, 80 % ETc, 70 % ETc y 60 % ETc respectivamente. La lámina de riego del tratamiento "T1" se aplicó en el tiempo total de riego, es decir 100% tr, la cual cumplía con los requerimientos del proceso evapotranspiratorio del cultivo como se observa en la Figura 1, donde existe una gran correspondencia entre estos dos valores.

Las láminas de riego de los tratamientos T2, T3 y T4, tan sólo satisfacen en un 80%, 70% y 60% el requerimiento del proceso evapotranspiratorio del cultivo, ya que el tiempo de riego "tr" necesario para la aplicación de la lámina se afectó por los coeficientes 0,80; 0,70 y 0,60 respectivamente.

El volumen total de agua medido con el contador ara el período de la investigación, fue de 299,9 m<sup>3</sup>, correspondiente a 90,04 m<sup>3</sup> para T1, 76,65 m<sup>3</sup> para T2, 69,95 m<sup>3</sup> para T3 y 63,25 m<sup>3</sup> para T4.

La cantidad de agua aplicada para el tratamiento 1, fue de 3.602 m<sup>3</sup>/ha; 3.066 m<sup>3</sup>/ha para el tratamiento 2; 2.798 m<sup>3</sup>/ha para el tratamiento 3 y 2.530 m<sup>3</sup>/ha para el tratamiento 4.

Considerando que el área por tratamiento fue de 0,025 ha; el caudal promedio por riego fue de 3,94 m<sup>3</sup>/h. El volumen promedio de agua aplicada



**Figura 1.** Valores diarios de evaporación en tina, lámina bruta y tiempo de riego.

por riego y por tratamiento fue de 807,35 litros para T1; 687,46 litros para T2; 627,51 litros para T3 y 567,57 litros para T4.

El coeficiente del cultivo se calculó con base a la metodología presentada en el Documento 56 de la (FAO 2006); la evapotranspiración real promedio en el ciclo del cultivo fue de  $ET_c = 3,99$  mm/día; con un valor mínimo de  $ET_{c_{min}} = 0,34$  mm/día y un valor máximo de  $ET_{c_{max}} = 11,08$  mm/día.

## Fertirrigación

La fertilización total utilizada en todos los tratamientos fue de 31,59 kg de N; 10,39 kg de P y 49,49 kg de K, aplicada en forma soluble durante el riego, para un área total de 1000 m<sup>2</sup>, correspondiente a 315 kg/ha de N; 104 kg/ha de P; y 495 kg/ha de potasio, con una relación total de fertilización durante el ciclo vegetativo del cultivo de 1: 0,33: 1,6. Esta fertilización está entre los márgenes de fertilización recomendados para suelos de niveles de fertilidad medio.

## Cosecha

El análisis de la producción del cultivo de tomate se realizó a partir de los valores obtenidos de las plantas destinadas a los muestreos ubicadas en la hilera central de cada replica, para un total de 12 plantas por tratamiento.

La cosecha se llevó a cabo seleccionando los tomates pintones, tomates pintones rosados y tomates rojos. A su vez se realizó el peso de los frutos de desecho los cuales presentaban daños en la superficie y su selección fue realizada en forma visual.

El peso total de cosecha, en el área total del ensayo fue de 5.938,54 kg, en las siguientes presentaciones 1.972,73 kg de frutos grandes; 1.929,51kg de frutos medianos; 1.127,70 kg de frutos pequeños o “golillas” y 908,61 kg de fruto en mal estado.

La producción total en el T1 fue de 62,35 Tn/ha, en T2 de 62,71 Tn/ha, en T3 de 58,74 Tn/ha y 53,75 Tn/ha para el T4; esto equivale a 99,43 %; 93,67% y 85,71% de los tratamientos T1, T3 y T4 de la mayor producción que se obtuvo con el T2.

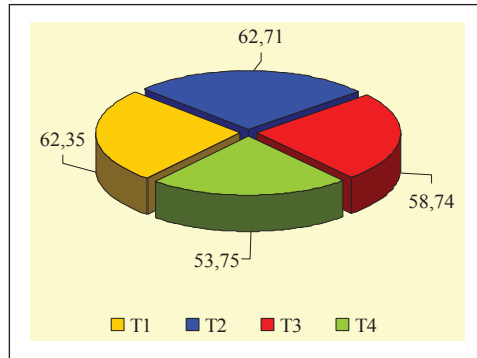
La producción total es equivalente a 59,39 Tn/ha en 6 cosechas, desde el 20/07/05 (88 DDT y 51 DAT) hasta el 12/08/05 (111 DDT y 74 DAT). n.

La producción total por hectárea en el área efectiva de investigación, para cada tratamiento se presenta en la Tabla 1. El rendimiento total por tratamiento y el rendimiento total por cosecha y tratamiento se ilustran en las Figuras 2 y 3.

La producción total estaba compuesta por frutos comerciales y no comerciales; este último es aquel que presentaba daños por pájaros, quemaduras, pudrición, plagas y enfermedades. La producción promedio de frutos comerciales fue de 50,30 Tn/ha y 9,09 Tn/ha para los no comerciales. Los valores por tratamiento y réplica se presentan en la Tabla 2, y se ilustran en la en la Figura 4; los frutos no comerciales representaron el 15 % de la producción total.

**Tabla 1.** Rendimiento del cultivo tomate según tratamiento de riego en Tn/ha.

T RAT	N° COSECHA (DDT/DAT)												TOTAL	
	I 88/51		II 93/56		III 97/160		IV 102/65		V 105/68		VI 111/74			
	Kg/250 m <sup>2</sup>	Tn/ha	Kg/250 m <sup>2</sup>	Tn/ha	Kg/250 m <sup>2</sup>	Tn/ha	Kg/250 m <sup>2</sup>	Tn/ha	Kg/250 m <sup>2</sup>	Tn/ha	Kg/250 m <sup>2</sup>	Tn/ha	Kg/250 m <sup>2</sup>	Tn/ha
T1	215,68	8,63	357,98	14,32	330,90	13,24	285,22	11,41	206,12	8,24	162,79	6,51	1.558,7	62,35
T2	305,55	12,22	353,91	14,16	294,22	11,77	285,46	11,42	182,93	7,32	145,58	5,82	1.567,6	62,71
T3	379,34	15,17	294,60	11,78	245,29	9,81	229,07	9,16	185,37	7,41	134,74	5,39	1.468,4	58,74
T4	277,26	11,09	282,13	11,29	264,72	10,59	217,75	8,71	171,38	6,86	130,55	5,22	1.343,7	53,75
<b>TOTAL</b>													5.938,5	59,39



**Figura 2.** Rendimiento del cultivo tomate según tratamiento de riego en Tn/ha.

**Tabla 2.** Producción comercial y no comercial del cultivo de tomate.

Tratamientos	PRODUCCIÓN COMERCIAL		PRODUCCIÓN NO COMERCIAL	
	Total Prom de 5 rept.		Total Prom de 5 rept.	
	kg/250 m <sup>2</sup>	Tn/ha	kg/250 m <sup>2</sup>	Tn/ha
<b>T1</b>	1.288,94	51,56	269,76	10,79
<b>T2</b>	1.329,11	53,16	238,54	9,54
<b>T3</b>	1.257,18	50,29	211,23	8,45
<b>T4</b>	1.154,71	46,19	189,08	7,56
<b>TOTAL</b>	5.029,94	50,30	908,61	9,09

La producción comercial por tratamiento lo constituyen 51,56 Tn/ha para el tratamiento 1, 53,16 Tn/ha para el tratamiento 2; 50,29 Tn/ha para el Tratamiento 3 y 46,19 Tn/ha para el tratamiento 4.

Tal como se indicó anteriormente la producción no comercial representa el fruto en mal estado, el rendimiento por tratamiento se corresponde a 10,79 Tn/ha para el tratamiento 1; 9,54 Tn/ha para el tratamiento 2; 8,45 Tn/ha en Tratamiento 3 y 7,56 Tn/ha para el tratamiento 4, existiendo una correspondencia con la cantidad de agua aplicada, a mayor lámina, existe un mayor porcentaje de frutos dañados no comerciales.

Los frutos comerciales se clasificaron de acuerdo a su tamaño en: grandes, medianos y pequeños; estos frutos agrupan los tomates pintones, pintones rosados y los tomates rojos.

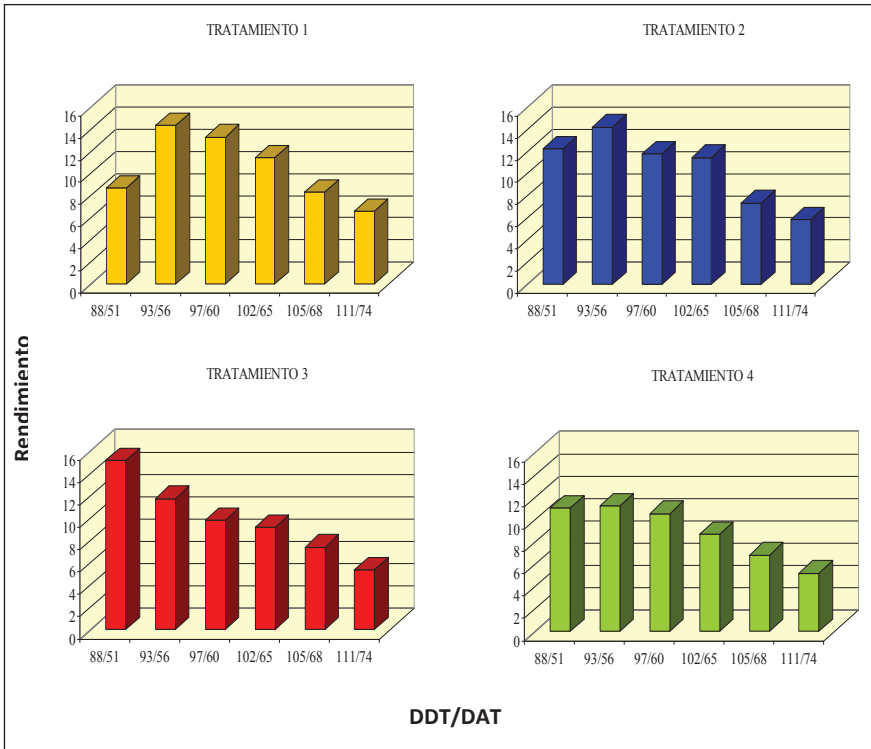


Figura 3. Rendimiento del cultivo tomate según tratamiento de riego por cosecha en Tn/ha.

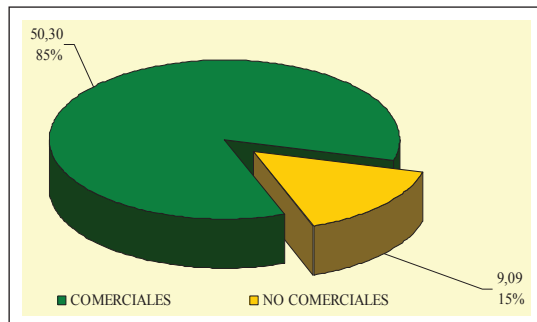
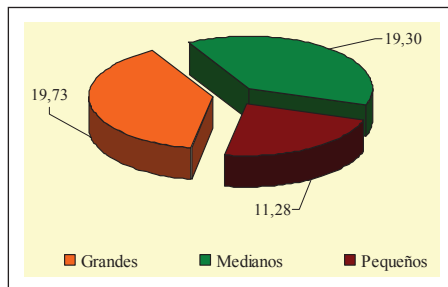


Figura 4. Producción comercial y no comercial del cultivo de tomate.

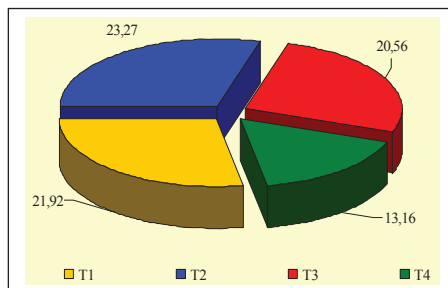
El promedio de frutos grandes fue de 19,73 Tn/ha, equivalente a 39,22 %; frutos medianos 19,30 Tn/ha con 38,36% y 11,28 Tn/ha de frutos pequeños los cuales representaron el 22,42%. Los resultados se presentan en la Tabla 3, en la Figura 5 se muestra la producción comercial porcentual por tamaño; en la Figura 6 se ilustran las actividades correspondientes a las evaluaciones de los frutos de muestreo por tamaño.

**Tabla 3.** Producción comercial por tamaño de frutos del cultivo de tomate en Tn/ha.

TRAT.	Frutos grandes		Frutos medianos		Frutos pequeños	
	Total Prom de 5 rept.		Total Prom de 5 rept.		Total Prom de 5 rept.	
	kg/250 m <sup>2</sup>	Tn/ha	kg/250 m <sup>2</sup>	Tn/ha	kg/250 m <sup>2</sup>	Tn/ha
T1	547,96	21,92	508,90	20,36	232,08	9,28
T2	581,81	23,27	495,22	19,81	252,08	10,08
T3	514,00	20,56	469,41	18,78	273,78	10,95
T4	328,96	13,16	455,98	18,24	369,76	14,79
<b>TOTAL</b>	<b>1,972,73</b>	<b>19,73</b>	<b>1,929,51</b>	<b>19,30</b>	<b>1,127,70</b>	<b>11,28</b>



**Figura 5.** Producción comercial promedio por tamaño del cultivo de tomate en Tn/ha



**Figura 6.** Producción comercial frutos grandes e por tratamiento en Tn/ha.

## Conclusiones

Los tratamientos de riego aplicados correspondieron a una reposición de 60(T4), 70(T3), 80 (T2) y 100 % (T1) de la Evapotranspiración del cultivo "ETc". Los mayores rendimientos comerciales fueron observados en los tratamientos T2 y T1 los cuales correspondieron a 53,16 y 51,56 Tn ha<sup>-1</sup> respectivamente. Aunque las diferencias por rendimiento entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas, los resultados indicaron que el rendimiento más elevado de tomate en las categorías total y comercial se logró con el tratamiento "T2" es decir afectando la Etc por el coeficiente de 0,80 con 62,71 Tn ha<sup>-1</sup> y 53,16 Tn ha<sup>-1</sup> correspondientemente.

La lámina bruta promedio por riego aplicada durante el ciclo vegetativo fue de 3,31 mm, para una Fr =1 día, con una lámina diaria promedio de precipitación de 1,98 mm y una evaporación de tina promedio de 5,65 mm en el período considerado.

La cantidad de agua aplicada por hectárea para los diferentes tratamientos osciló entre 3.602 m<sup>3</sup>/ha y 2.530 m<sup>3</sup>/ha para los coeficientes de 1 y 0,6 respectivamente.

En la comparación de los volúmenes de agua aplicados por hectárea se observó que el coeficiente 0,8, con el que más se produjo, representó un ahorro del 22% con relación al coeficiente 1, que vendría a representar el manejo de agua común. Los resultados derivados de esta investigación coinciden con los reportados por (González y Hernández, 2000), así como los resultados citados por este mismo autor obtenidos por Obreza *et al.* (1996) y Jones *et al.* (1984).

Por otro lado, no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la producción comercial por tamaño de frutos grandes, medianos y pequeños. Sin embargo la mayor proporción de frutos en estos tamaños se correspondió con los tratamientos T2, T1 y T4 respectivamente, de igual manera se pudo observar que el mayor rendimiento y la mayor cantidad de frutos dañados se obtuvo con el tratamiento T1 de mayor cantidad de agua. Este resultado concuerda con Ortega y Leyton (2003), quienes indicaron que a medida que aumenta la aplicación de agua se produce un incremento de frutos dañados o no comerciales.

La utilización del riego localizado, en la modalidad de cinta de goteo en San Juan de Lagunillas, no tiene ningún tipo de restricción siempre y cuando esta se adapte a las características del suelo, clima, cultivo y manejo



de agua. Se evidenció que el riego localizado al crear un ambiente adecuado para el desarrollo del cultivo, potencializa sus características genéticas; pues independientemente del tratamiento de riego, se evidenció que con este método de riego comparado con otros métodos de aplicación, un incremento en la producción, pues la producción media obtenida fue de 59.39 Tn ha<sup>-1</sup>, superior a las medias referenciales en el país, con otros sistemas de riego la cual oscila entre las 20 y 40 Tn/ha.

El cultivo del tomate mostró un adecuado desarrollo y adaptabilidad al manejo del agua con aplicaciones diarias mediante el riego localizado.

La reposición diaria del agua conjuntamente con los elementos minerales requeridos por la planta, además de favorecer la producción del cultivo, permitió obtener beneficios ambientales como la disminución de la permanencia del agua en superficie, lo cual, produce una reducción de las pérdidas por evaporación; al manejar racionalmente la fertirrigación, en función de los requerimientos nutricionales diarios, se hace menos contaminante la actividad agrícola.

La fertilización total utilizada en todos los tratamientos fue de 31,59 kg de N; 10,39 kg de P y 49,49 kg de K, aplicada en forma soluble durante el riego, para un área total de 1000 m<sup>2</sup>, correspondiente a 315 kg/ha de N; 104 kg/ha de P; y 495 kg/ha de potasio, con una relación total de fertilización durante el ciclo vegetativo del cultivo de 1: 0,33: 1,6. Esta fertilización está entre los márgenes de fertilización recomendados para suelos de niveles de fertilidad medio.

## Bibliografía

- CORTÉS, A. 1981. *Levantamiento semidetallado de los suelos del sector Lagunillas-San Juan de Lagunillas*. Serie Suelo y Clima SC-50, CIDIAT, Mérida.
- FAO. 1979. *Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos*. Roma. Departamento Económico y Social. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Documento 33 Serie Riego y Drenaje.
- FAO. 2006. *Evapotranspiración del cultivo*. Roma. Departamento Económico y Social. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Documento 56 Serie Riego y Drenaje.
- GONZÁLEZ, M y B. HERNÁNDEZ. 2000. *Estimación de las necesidades hídricas del tomate*. Campo Experimental Valle de Culiacán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Culiacán, Sinaloa, México.

- GUZMÁN, J. 1985. *El cultivo del tomate*. Caracas. ESPASANDE S.R.L Editores. Venezuela.
- ORTEGA, S y B. LEYTON. 2003. Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomates de invernadero producido en primavera verano Chile. *Agric. Téc.* 63(4): 394-402.
- RÁZURI, L. 1986. *Diseño de riego por goteo*. CIDIAT, Mérida.