

## **EFICIENCIA DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN LA UNIDAD DE PRODUCCION SAN ISIDRO, LOMA DE SAN MIGUEL, EDO. TRUJILLO\***

**Efficiency of drip irrigation system at farm San Isidro loma de San Miguel, Trujillo state**

Rafael España<sup>1</sup>, José Villegas<sup>1</sup> y Francisco Martínez<sup>1</sup>

### **RESUMEN**

Para responder a las interrogantes planteadas por los productores en cuanto a la operación de un sistema de riego por goteo, se planteó la necesidad de evaluar su eficiencia. Se comenzó con una valoración hidráulica del sistema de riego, para el logro de este objetivo se realizó levantamiento topográfico, interpolación de curvas, identificación de red zonas de presión, aforos volumétricos, mediciones de presión en la red y análisis de resultados de evaluación de campo con los valores teóricos calculados. El siguiente objetivo fue evaluar el cronograma de aplicación y uso del sistema de riego, este se llevó a cabo mediante la elaboración del calendario de riego con el software CROPWAT FAO, y se comparó con el calendario propuesto por la empresa fabricante. Se determinó que la aplicación de riego no es uniforme (coeficiente de variación de 127,20 %). Se propuso modificar la frecuencia y tiempo de riego y se determinó que se pueden aplicar 108 riegos y no 479 como recomienda el fabricante, lo cual reduce las pérdidas de 236 a 0 mm, además de reducir los caudales de aplicación, lo que permitirá regar dos módulos a la vez y mejorar la eficiencia del sistema.

**Palabras clave:** riego, evaluación hidráulica, goteo, cronograma de riego.

### **ABSTRACT**

To answer requeries by farmers about operation of leak irrigation system, was necessary evaluating the system efficiency. It began with a hydraulic evaluation of the irrigation system. For the achievement of this objective was carried out topographical survey, interpolation's curves, locate pressure's areas, volumetric capacity, pressure measurement and finally evaluation between field's results Vs. against that one theoretetical calculated values. The following objective was to evaluate the application schedule and use irrigation system, through CROPWAT FAO software, and it was compared with the calendar proposed by the

---

(\*) Recibido: 15-10-2007

Acceptado: 15-05-2008

(1) Programa Ciencias del Agro y del Mar, Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po., Venezuela. E-mail: respansa@reacciun.ve.

manufacturing company. It was determined that application irrigation is not uniform (coefficient of the variation of 127.20 %) it was proposed to modify the frequency and irrigation time and it was determined that 108 irrigations can be applied and not 479 as it recommends the manufacturing company which allow reduce the water losses at 236 to 0 mm, besides reducing there are the flows of the application, that allow to irrigate two modules a the same time and improve the efficiency of the system.

**Key words:** irrigation, hydraulic evaluation, irrigation chronogram.

---

## INTRODUCCIÓN

La UNESCO-WMO (2007) define a los recursos hídricos, como aquellos disponibles o potencialmente disponibles en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un período de tiempo apropiados para satisfacer una demanda identificable. La escasez de estos recursos en el mundo, ha generado la comercialización y aplicación de sistemas de riego por goteo, los cuales se han popularizado en Venezuela.

Cada día llegan equipos con nuevas tecnologías para uso de nuestros productores; sin embargo, en muchos casos no se realiza una correcta transferencia de tecnología, pues los diseños son elaborados sin considerar las condiciones del lugar de aplicación, de acuerdo con lo recomendado por Grassi (1998).

El objetivo planteado fue evaluar desde el punto de vista hidráulico un sistema de riego por goteo, el cronograma de aplicación y su eficiencia, con la intención de proponer mejoras en la operación.

## METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en la parcela San Isidro, ubicada en la Loma de San Miguel, Edo. Trujillo. El área presenta un clima según la clasificación de Holdridge de bosque húmedo con precipitación media anual de 943 mm y temperatura media 13 °C, localizada a una altitud de 2035 msnm.

Para realizar la evaluación hidráulica del sistema se ejecutó un levantamiento topográfico, con una estación total marca LEICA, se interpolaron curvas de nivel cada 10 cm mediante interpolación lineal, se identificaron las zonas de presión, se efectuaron aforos volumétricos de los goteros NAAN Paz 25 y de la bomba, se midieron las presiones en la red y se digitalizó la red de riego.

En los manuales facilitados por el fabricante se establecen algunos parámetros para la operación del sistema de riego, los cuales fueron utilizados para comparar los resultados obtenidos y analizar la eficiencia de uso del sistema de riego.

Se compararon los resultados de la evaluación en campo con los valores teóricos y se propusieron cambios en la operación del sistema, se cuantificaron las variables independientes energía de presión calculada en metros, energía de presión medida en campo en metros, zona de operación continua, para determinar la combinación de zonas de operación, a través del modelamiento de la red con el software EPANET (EPA 2000) y así obtener como resultado valores de presión y gasto para cada zona de riego con los diferentes modelos de operación.

Para evaluar el cronograma de aplicación y uso del sistema de riego por goteo se elaboró un calendario de riego e iteraciones del calendario de riego.

En la elaboración del calendario se utilizaron datos de precipitación mensual (mm), evaporación mensual (mm), cultivo, fecha de siembra y textura de suelo. Se determinaron las variables dependientes fecha de aplicación y láminas de riego (mm/día) a través del balance hídrico con ayuda del software CROPWAT (FAO 2006). Se interpretaron las salidas para obtener el calendario de riego más adecuado, hasta encontrar la mejor combinación de momentos de aplicación y láminas a aplicar.

Para proponer alternativas de mejoramiento a la operación del sistema se efectuó una comparación de los resultados de la evaluación

hidráulica en campo y la simulada con el Software EPANET, igualmente se comparó el calendario propuesto por el fabricante y el calendario de riego propuesto en este trabajo, se identificaron puntos favorables y desfavorables para el eficiente uso del sistema.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Como resultado de la “evaluación hidráulica del sistema de riego” se obtuvo un plano de ubicación de instalaciones con curvas de nivel, a través del levantamiento topográfico.

### **Digitalización de la red**

Del proceso de digitalización, se observó que el lote 11 presentó mayores diferencias de altura con valores entre 4,50 y 7,50 m y pendiente promedio de 4,31 %. Este se dividió en 3 diferentes zonas de presión: alta, media y baja. En el lote 2 se encontró una pendiente de 1,50 %.

### **Aforos Volumétricos**

Del aforo volumétrico de la bomba se determinó un caudal disponible de 8,13 l/s, con el cual se pueden regar dos lotes que requieren 4,016 l/s cada uno.

Los aforos volumétricos de los goteros arrojaron caudales promedios de los laterales representados en los puntos: alto, medio y bajo, de cada sector en estudio (Tabla 1).

La comparación de caudales en los lotes de riego 2 y 11, entre las zonas de presión alta, media y baja, permitió verificar que el lote 11 con pendientes superiores a 4 % presentó

**Tabla 1. Comparación de caudal en los lotes estudiados .**

Ubicación	Lote 2		Lote 11	
	Caudal (l/h)	CV (%)	Caudal (l/h)	CV (%)
Alta	2,02	2,39	2,23	38,45
Media	2,01	2,44	1,75	10,14
Baja	2,04	5,96	1,89	6,52
Promedio General	2,02		1,96	

mayores coeficientes de variación. En general estos caudales difieren de los propuestos por el fabricante (1,7 l/h).

Con respecto al coeficiente de variación, el valor mínimo correspondió a la zona baja (CV= 6,52 %), mientras que en la zona alta los valores de caudal fueron elevados (CV= 38,45 %), lo que representa una variación en cuanto a la descarga propuesta por el fabricante. Se verificó que la descarga no fue uniforme cuando se comparó con los criterios del diseño hidráulico reseñados por Montiel *et al.* (2006).

### **Cálculo del coeficiente de variación del gotero**

En el lote 2, al comparar el valor del coeficiente de variación obtenido (17,18 %) con los criterios de diseño según Castañón (2000), quien informó que la variación de caudal debe ser menor de 10 %, se determinó que la diferencia de gasto entre el primero y el último aplicador, se en-

cuentra por encima de este criterio; pero ésta es pequeña con respecto al valor obtenido para el lote 11 (127,20 %). Se observaron diferencias de gasto entre los laterales de un mismo lote, lo cual sugiere que el riego no es uniforme.

### **Comparación de la propuesta con lo establecido por el fabricante**

Como se puede verificar en la Tabla 2, el calendario indicado por el fabricante generó pérdidas de 236,6 mm en 479 eventos de riego, mientras que con la recomendación generada en este trabajo las pérdidas de agua serán cero en 108 eventos de riego. La desventaja del diseño recomendado radica en que los eventos de riego se realizarían en mayor tiempo y la frecuencia será mayor, en cuanto a la ventaja, no existirá pérdida de agua, ya que se regaría para alcanzar los requerimientos necesarios según FAO (2006). Esto genera mayor eficiencia en cuanto al uso del equipo, dado que se aplicaría solo la cantidad de agua

**Tabla 2. Comparación de los calendarios de riego recomendado por el fabricante y el propuesto en este trabajo.**

Parámetro	Recomendado por el fabricante	Propuesto en este trabajo
Lámina aplicada total anual (mm.)	1781,5	1092,5
Número de riegos	479	108
Tiempo total de riego (h)	479	281
Pérdidas (mm.)	236	0
Frecuencia de riego (días)	2	Variable 5-14
Tasa de aplicación	6,44	6,44

necesaria en menor número de eventos de riego.

### CONCLUSIONES

El lote 11, que presentó mayor diferencia de altura, generó mayor variación en el caudal de descarga de los goteros que el lote 2, que fue más homogéneo en cuanto a la descarga de caudales.

El sistema de riego por goteo de la unidad de producción trabaja mejor en zonas de topografía plana que en aquellas donde se encuentran pendientes mayores al 4 %.

El calendario de riego propuesto establece la frecuencia de riego entre 4 y 15 días, la cual es diferente a los 2 días recomendados por el fabricante, con esta frecuencia de riego y las láminas aplicadas según el calendario propuesto, ocurrirá una reducción de las pérdidas de 236 mm.

El cronograma de riego propuesto no genera pérdidas del recurso agua, aumenta la superficie a regar y se podría efectuar el riego de dos sectores a la vez, esto mejora la utilización del sistema.

### REFERENCIAS

Castañón, G. 2000. Ingeniería del riego utilización racional del agua. Ediciones Paraninfo. Madrid. pp 84-117.

EPA. 2000. US: Environmental Protection EPANET. Users Manual, Agency Water supply

and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory Cincinnati Ohio USA. 206 p.

FAO. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación, Roma. 298 p.

Grassi, C. J. 1998. Fundamento del riego. CIDIAT, Mérida, Venezuela. pp 1-2.

Montiel, M., Peña E. y Anzures R. 2006. Solución numérica al diseño hidráulico de secciones de riego presurizado (Resumen). In: XXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Ciudad de Guayana, Venezuela. p. 12.

UNESCO-WMO. 2007. Glosario Hidrológico Internacional. [Online]. En: <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/ES/GF1376ES.HTM>. [Julio de 2007].