

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE MANGAS DE RIEGO EN EL CULTIVO CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) EN EL ESTADO PORTUGUESA*

Evaluation of the hydraulic efficiency of watering sleeves in sugar cane (*Saccharum officinarum*) cultivation in Portuguesa state

Roberto Durán¹, Miroslaba Gaidos¹ y Rafael España¹

RESUMEN

Se realizó evaluación hidráulica de mangas de riego en el cultivo caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en la finca La Gómera del Central Azucarero MOLIPASA, estado Portuguesa, desde enero 2006 hasta abril 2007. Se determinaron los valores teóricos y en campo del caudal de conducción para las condiciones de operación y se compararon las pérdidas de carga entre la manga de riego y un canal de igual capacidad. Para la determinación de caudales se realizaron dos tipos de aforo, total y parcial. En el primero se consideraron las pérdidas de carga en la manga utilizando la metodología de Darcy-Weisback; para el segundo caso, se muestrearon cuatro boquillas con tres repeticiones cada una, las cuales se aforaron utilizando el método volumétrico. Se determinó el caudal teórico de un canal de tierra convencional de la misma capacidad que las mangas, a través del software Flow Master 2007. Con base en las pérdidas por evaporación e infiltración, se comprobó que la eficiencia hidráulica de las mangas se incrementó en 12 % con respecto a la establecida para canales de tierra convencionales, esto revela que el uso de este sistema de riego por mangas genera beneficio para el productor, debido a que no requiere trabajos de movimiento de tierra.

Palabras clave: eficiencia de riego, mangas, aforo, pérdidas, canales.

(*) Recibido: 15/10/2007

Aceptado: 30/05/2008

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

ABSTRACT

An hydraulic evaluation of irrigation hoses in sugarcane (*Saccharum officinarum*) plantation was conducted. The study took place in the farm La Gomera from the sugar refinery MOLIPASA, Portuguesa state, from January 2006 until April 2007. The theoretical and field values of conducting flow were determined. Water wastage was compared to that of a channel of similar capacity. Flows were measured at two capacities: full and partial. In the first case, losses were determined using the methodology of Darcy-Weisback; in the second case four nozzles were used, with three repetitions each, measured by volume. The volume of the conventional earth channel was determined by the Flow Master 2007 software. Based on the losses through evaporation and infiltration, it was found that the efficiency of hydraulic hoses was increased by 12% more than the established for conventional channels. This reveals that the use of irrigation hoses brings benefit to the producer because it does not require earthmoving work.

Key words: water-efficient, sleeves irrigation, capacity, losses, channels.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es uno de los cultivos más productivos del mundo, pero requiere una aplicación adecuada de agua para que ocurran los procesos fisiológicos que proporcionan crecimiento y desarrollo. De esta manera, Tineo y Viso (1965) encontraron aumentos considerables en la producción de caña en los Valles de Aragua, cuando se aplicaron láminas de riego que fluctuaron entre 700 y 850 mm por ciclo en 15 riegos, con un intervalo de riego promedio de 10 días. Igualmente, Rojas (1977) y Wagner *et al.* (1986) aseveraron que los cultivos perennes, entre los cuales mencionan a la caña de azúcar, reaccionan gradualmente al establecimiento de una sequía; pero una vez que ella causa reducción en el crecimiento el efecto puede considerarse permanente. Para suplir estas demandas hídricas con riego por superficie se generan pérdidas elevadas, hasta un 80 % (Grassi 1988); por esta razón, es conveniente evaluar hidráulicamente el funcionamiento y la eficiencia de mangas de riego para su uso en lotes de caña de azúcar en el

municipio Papelón estado Portuguesa.

Además, se requiere evaluar la tecnología de mangas de riego peruanas para verificar su adaptación a las condiciones de nuestra región, pues estas mangas como estructura hidráulica para la conducción de agua, modifican su sección de flujo en función del caudal y operan como una tubería a presión, lo cual permite adaptarse a diferentes condiciones topográficas. Esta evaluación se realizó mediante la estimación de valores teóricos del caudal según Aguirre *et al.* (1993); en función de las variaciones de longitud, pendiente, área y radio hidráulico se determinaron los caudales totales y parciales en las condiciones de operación de las mangas de riego, con aforos de campo, para compararlos con los valores facilitados por el fabricante. Finalmente se estimaron las pérdidas teóricas de agua y en campo en canales de tierra y se compararon con mangas de riego de la misma capacidad, en la etapa de conducción y distribución.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para conocer los valores teóricos del caudal en función de las variaciones de longitud, pendiente, área y radio hidráulico, en las condiciones de topografía del sector, se efectuó un levantamiento topográfico con el fin de representar gráficamente la topografía del terreno. Mediante levantamiento taquimétrico con estación total marca LEICA modelo TC 305, se realizó interpolación de curvas, con el fin de determinar las pendientes del terreno, por el método interpolación de curvas de nivel con software AUTOCAD 2007.

Para calcular el caudal, se midieron las variables: pendiente expresada en m/m, área en m^2 , radio hidráulico expresado en m^2/m . Se determinó rugosidad y caudal en l/s mediante la ecuación de Manning.

La manga de riego se evaluó hidráulicamente como tubería a presión, se midieron las variables: radio hidráulico (m^2/m), pendiente (m/m), área (m^2) y se estimó rugosidad y caudal (l/seg) por el método la ecuación de Hazen-Williams, mediante software Flow Master de Haestad Methods (2007).

Para calcular los caudales totales y parciales en las condiciones de operación de las mangas de riego, se aforó por pérdidas de carga con el fin de estimar el caudal como tubería a presión. Se midieron las variables: diámetro (m), longitud (m), área (m^2), factor de fricción y se estableció caudal (l/s) por el método sección área-velocidad.

Se realizó un aforo volumétrico con el fin de establecer el caudal de las boquillas (caudales parciales), para ello se midieron las variables: volumen de agua, tiempo y se calculó caudal (l/s) por el método aforo volumétrico.

Para estimar las pérdidas de agua en el riego en canales de tierra y compararlas con las pérdidas ocurridas en las mangas de igual capacidad en las etapas de conducción y distribución, se condujo una prueba de infiltración, en la cual se midieron las variables: velocidad de infiltración a $t = 1$ [mm $\min^{-1}(1+b)$], tiempo de infiltración (\min^{-1}) y se determinó infiltración (cm/hora) por el método curvas de familias de infiltración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinó que el caudal de la manga evaluada como canal fue 44,20 l/s, debido a las condiciones topográficas variables los valores de las pendientes oscilaron entre 0,10 y 1 %. Se calculó el caudal máximo cuyo valor fue 57,50 l/s, lo que implica que el caudal de entrega es variable de acuerdo con la pendiente del terreno (Figura 1). Se observa la proporcionalidad que existe entre la pendiente y la descarga teórica, en la medida que aumentó la pendiente se incrementó de igual manera el gasto teórico de la manga.

La forma de la manga varió de ovalada a circular en función del caudal conducido y la forma adoptada determinó el área y el perímetro húmedo de la sección de flujo.

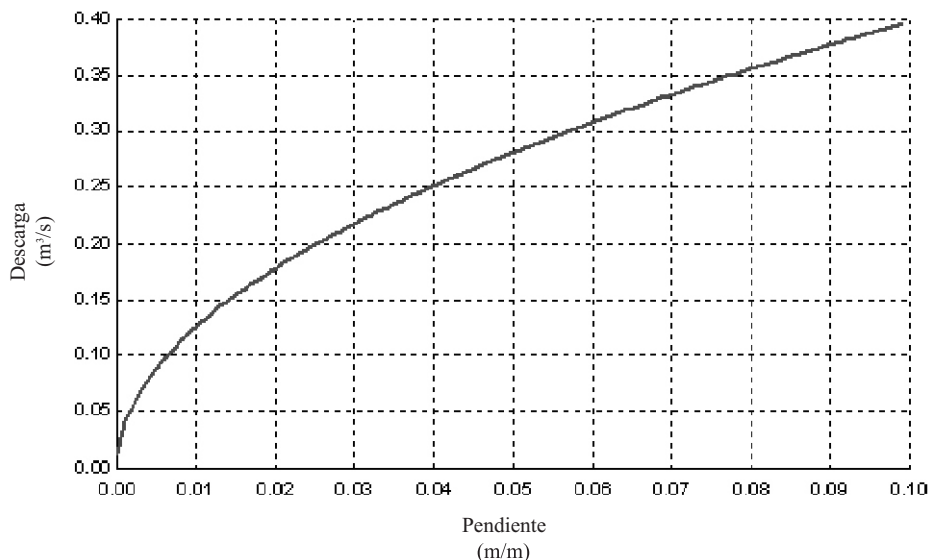


Figura 1. Descarga teórica en función de la pendiente.

Caudal total

La descarga osciló entre 47 y 55,50 l/s, con una variación de la carga aplicada de 10 cm. Para este caso, cuando se consideró un caudal de entrada de 50 l/s, las pérdidas por infiltración diaria para el mes de marzo fueron 0,02 l/s y durante el mes completo 0,60 l/s.

La comparación de las pérdidas de agua calculadas con las ocurridas en las mangas de riego de la misma

capacidad, en la etapa de conducción y distribución (Tabla 1), permite inferir que hubo mayor eficiencia (12 %) en la descarga de agua de las mangas, con respecto a los canales convencionales. Este valor corresponde a una conducción de 1000 m, en longitudes superiores la eficiencia será mayor.

Tabla 1. Pérdidas diarias y totales mensuales de agua en manga y canales convencionales.

Pérdidas	Evaporación (l/s)	Infiltración (l/s)	Uniones (l/s)	Total (l/s)	Eficiencia (l/s)
Canales convencionales	0,18	5,48	0,10	5,76	88,48
Manga	0	0	0	0,01	99,99

CONCLUSIONES

Las pérdidas de carga de la manga fueron menores que las generadas en un canal de tierra convencional.

En la medida que se incrementó la pendiente del terreno aumentó la descarga de las mangas

Las mangas ofrecieron 12 % más de eficiencia hidráulica en la conducción y distribución de agua en comparación con los canales convencionales.

modelo de riego aplicado en plantilla de caña de azúcar (*Saccharum sp*) en condiciones de suelo mollisol. FONAIAP 4 (2): 143-167.

REFERENCIAS

- Aguirre, J., Flores, I. y Macagno E. 1993. Mecánica de fluidos. Consejo de Publicaciones ULA. Mérida-Venezuela. pp 257-258.
- Grassi, Carlos J. 1988. Fundamentos del riego, Mérida, CIDIAT. 409 p.
- Haestad Methods. 2007. Computer applications in hydraulic engineering. 7 ed. Haestad press. pp 14-24.
- Rojas, E. 1977. Efectos del riego y el nitrógeno sobre el crecimiento y la producción de caña de azúcar en el sistema de riego Río Guanare (Resumen). In IX Jornadas Agronómicas. Maracay. pp 44-45.
- Tineo, I. y Viso, A. 1965. Observaciones sobre el riego de la caña de azúcar en los Valles de Aragua. MOP. Div. Edafología. Edo. Aragua. 8 p.
- Wagner, M., Guenni, L., Medina, G. y Mujica M. 1986. Evaluación de un