



<http://opn.to/a/OgmDo>

ARTÍCULO ORIGINAL

Ahorro de agua con empleo de tubería flexible para el riego del arroz

Water saving using flexible pipe for rice irrigation

Héctor Moreno-Guerra¹, Camilo Bonet-Pérez^{II}, Yamila Recio-R.¹, Eduardo Fernández-Chinea^{R*}, Pedro W. Rodríguez-Rómulo^{II}

¹Centro Integrado de Tecnología del Agua, INRH, Camagüey, Cuba.

^{II}Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

RESUMEN. Se presenta el estudio sobre el ahorro de agua mediante el empleo de tubería flexible en condiciones de explotación de un pequeño sistema de riego para el cultivo del arroz. La prueba se desarrolla en una finca del municipio Esmeralda de la provincia Camagüey, realizándose evaluaciones hidráulicas y operacionales con el objetivo de conocer las posibilidades de generalización de esta tecnología como una alternativa para la sustitución de canales y el consiguiente ahorro de agua. Los resultados indican que la tecnología es de fácil aplicación en el sector cooperativo y campesino, obteniéndose un considerable ahorro de agua además de otros aspectos colaterales tales como el mejor aprovechamiento del área y una distribución más eficaz de los fertilizantes.

Palabras clave: eficiencia, riego superficial, uniformidad, calidad del riego, canal.

ABSTRACT. The paper presents the results of the study about water saving using flexible pipe in conditions of exploitation of a small rice irrigation system. The evaluation was carried out in a farm of Esmeralda municipality, in Camagüey province, where hydraulic and operational evaluations were made with the objective of knowing the possibilities of generalization of this technology as an alternative for the substitution of channels and the resulting saving of water. The results suggest that the technology is of easy application by the farmers and in the cooperative sector. As a result was obtained a considerable saving of water, in addition to other aspects such as the best use of the area and a better efficient distribution of the fertilizers.

Keywords: efficiency, superficial irrigation, uniformity, irrigation quality, canal.

INTRODUCCIÓN

El agua constituye un destacado elemento integrante de la riqueza de un país o una región, participando en todos los procesos productivos agrarios, industriales, etc., como un elemento imprescindible pero cada vez más escaso y costoso. La FAO (1998), ha señalado que en la medida en que se desarrolla la población en el mundo aumentan las demandas de agua a un ritmo muy acelerado para suplir las necesidades de abasto humano y animal, riego y usos industriales; siendo imprescindible la evaluación de los recursos hídricos con fines de recomendar la mejor alternativa de explotación, preservar el medio ambiente

y garantizar ese recurso para las futuras generaciones. Señala Alonso (2006), que en la medida en que aumenta la población y crecen las economías, el agua va convirtiéndose en un recurso más escaso y valioso, por lo que resulta cada día más importante hacer un uso eficiente de la que utilizamos para el riego.

Según Bessest (2005), estudios de la FAO el riego insume en la actualidad el 70% del agua a nivel mundial, proporción que debe incrementarse en los próximos años al expandirse las áreas irrigadas como consecuencia natural del incremento de las necesidades alimentarias; la mitad del consumo

* Autor para correspondencia: Eduardo Fernández Chinea, e-mail: chinea@rhcita.co.cu

Recibido: 28/07/2018.

Aceptado: 21/12/2018.

mundial del agua en la agricultura se pierde por evaporación e infiltración (FAO, 2003, citado por Rodríguez (2014). La utilización del riego en Cuba adquiere hoy una importancia vital, pues se trata de lograr los mejores resultados productivos con el uso más eficiente del agua, dentro de los preceptos de una agricultura sostenible.

En el mundo, cada vez toma mayor fuerza la idea de usar en forma racional y adecuada el recurso hídrico, donde se usa en grandes cantidades se producen también grandes pérdidas, sobre todo cuando se utilizan métodos de riego superficial en los cuales el escurrimiento y la percolación profunda son generalmente significativos (Pérez y Cid, 2008).

El arroz es el cultivo mayor consumidor de agua para riego; se han realizado ingentes esfuerzos para mejorar la eficiencia de uso de agua en este cultivo, como es el uso del microcampo y el trazado de los canales terciarios sobre colchón según Alemán (1980), sin embargo, son aún pocas las áreas que disponen de sistemas ingenieros, lográndose eficiencias de conducción inferiores al 50%.

El empleo de tubería flexible con compuertas para la regulación del gasto constituye una tecnología empleada en el mundo para el riego superficial intermitente por surcos en cultivos sembrados en hileras, sin embargo, sus bondades permiten su empleo en sustitución de canales con el consiguiente

ahorro de agua e incremento de la eficiencia de conducción (Nalvate y Huachos, 2007).

Estudios realizados confirman las ventajas del empleo de las tuberías flexibles, entre estas su fácil instalación y operación, control de la erosión, alta productividad y alta eficiencia de aplicación (González, 2007; Polón, 2007; ECORIEGO, 2008; Roqué, 2009; López y Ascencios, 2010; Rodríguez *et al.*, 2011).

Considerando los problemas actuales en cuanto a las grandes pérdidas de agua en el cultivo del arroz, se realiza la evaluación de su empleo sustituyendo el canal terciario para el riego de una parcela de arroz, con el objetivo de valorar su eficiencia técnica y económica como posible alternativa para el ahorro de agua de riego en el sector cooperativo y campesino.

MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la finca La Victoria perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) 26 de Julio, ubicada en el municipio Esmeralda de la provincia Camagüey durante el periodo comprendido desde septiembre 2010 hasta febrero 2011.

El suelo del área se clasifica como Fersialítico Pardo Rojizo; se seleccionó un área de 0,77 ha sembrada de arroz (*Oriza sativa*) variedad Reforma a razón de 180 plantas / m² (Figura 1).



FIGURA 1. Cronograma de preparación de suelo y siembra.

La Figura 1 muestra como en el transcurso de un mes se produce el proceso de preparación y siembra, comenzando por la creación de una lámina de agua que permite el fangeo, actividad que se repite por segunda ocasión y posteriormente luego de un breve periodo de reposo se realiza la siembra; la tecnología de fangeo es inapropiada para la conservación del suelo pero se utiliza de manera tradicional entre los pequeños productores de arroz.

El área es regada por el método de inundación según el manejo que se muestra en la Figura 2.



FIGURA 2. Esquema de manejo del agua seguido de la siembra en el cultivo del arroz en el área de estudio.

El canal terciario utilizado tradicionalmente para el riego se encuentra en mal estado técnico lo que provoca grandes pérdidas de agua, el mismo fue sustituido por una tubería flexible (Figura 3).



FIGURA 3. Tubería flexible y compuertas regulables.

La tubería utilizada posee las siguientes características: longitud (150 m), diámetro (400 mm), compuertas regulables que permiten gastos hasta 6 L/s, presión máxima (50 m.c.a.), temperatura máxima (70°C).

Previamente a la instalación de la tubería se realizó el aforo del canal terciario utilizando la relación:

$$Q = A \times v \quad (1)$$

donde:

Q. Gasto en el canal (m³/s);

A. Área del canal (m²);

v. Velocidad del agua en el canal (m/s).

El área del canal se obtuvo según su forma geométrica, aplicando la ecuación para el área de un trapecio. La velocidad del agua fue determinada utilizando el método del flotador, considerando que este solo permite conocer la velocidad superficial del agua se utiliza un coeficiente de corrección (0,85) para estimar la velocidad media de la corriente; es conocido que este método es recomendable solo en pequeños cauces en los cuales es posible asumir que la velocidad superficial del agua es muy cercana a la velocidad media del agua en toda la corriente según Cun *et al.* (2017), como ocurre en el canal estudiado en este caso el cual solo posee sección de 0,075 m²; se escogió un tramo de 20 m de longitud de sección uniforme y se hicieron 3 repeticiones para medir el tiempo, lo que se hizo mediante un cronómetro. Con el gasto calculado se obtuvo el volumen de agua aplicado al área de riego.

$$V = Q \times t \times 3600 \quad (2)$$

donde:

V. Volumen de agua aplicado (m³);

t. Tiempo de riego (h).

Los mismos cálculos se efectuaron una vez instalada la tubería en sustitución del canal terciario, en este caso se midió el gasto entregado en cada una de las compuertas instaladas utilizando el método volumétrico; se utilizó un recipiente previamente aforado (20 L) y se hicieron en cada compuerta tres repeticiones para precisar el resultado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante el aforo del canal terciario se obtuvieron valores de 16,50 L/s y 11,20 L/s en los puntos inicial y final, lo cual resulta en una eficiencia de conducción de 68% según se muestra en la Tabla 1.

TABLA 1. Datos de eficiencia de conducción del canal entre los puntos 1 y 2

Término	U.M.	Indicador
Distancia evaluada	m	200
Pérdida de agua en el tramo evaluado	L/s	4,30
Eficiencia de conducción en el tramo evaluado	%	68
Pérdida específica	L/s/m	0,021

El volumen de agua utilizado durante la campaña resultó de 13 475 m³, con una norma bruta de 17 500 m³/ha.

Mediante la tubería flexible se logró eliminar las pérdidas de agua en el canal, a la vez que se encontró un mejor control de la entrega de agua al campo.

Al realizar el aforo volumétrico en las cuatro compuertas (Figura 4) se obtuvieron valores de 3,18; 3,00; 2,84 y 2,70 L/s respectivamente, para un total de 11,72 L/s de entrega de agua al campo.



FIGURA 4. Aforo de compuertas.

La norma bruta aplicada fue de 10 090 m³/ha, siendo el volumen de agua aplicado durante la campaña de 7 770 m³. Al comparar el volumen de agua aplicado al campo durante toda la campaña se obtuvo una diferencia de 5 705 m³ favorable a la variante de utilización de la tubería flexible en comparación con el canal abierto.

Se puede observar que mediante el empleo de tubería flexible en sustitución del canal terciario el ahorro de agua es considerable, sin embargo, los beneficios son mayores, e incluyen: se evita la presencia de malezas y plagas que se hospedan en los canales, reduce los costos de la mano de obra y de los materiales que se usan en el riego, permite la medición del agua entregada al campo, facilita una mayor efectividad en las aplicaciones de fertilizantes y mejoradores de suelo, elimina el uso de maquinaria y los gastos de combustibles para la construcción y el mantenimiento del canal, aumenta el área

cultivable y humaniza el trabajo del regador.

Las pérdidas de agua durante la conducción constituyen hoy una gran problemática en los sistemas de riego que utilizan grandes longitudes de canales, por lo cual todo lo que logre hacerse en función de reducir dichas pérdidas adquiere máxima prioridad; a partir de este criterio, las tuberías flexibles pudieran convertirse en una opción factible para la sustitución de canales en pequeños sistemas de riego o en los canales de categoría menor en grandes sistemas de riego.

Evaluación económica de la implementación de la tubería flexible

El costo de la tubería de 200 mm en el momento del estudio fue de 240.00 CUC. La evaluación económica de los resultados indica el beneficio obtenido con el uso de la tubería flexible (Tabla 3).

TABLA 3. Evaluación económica de los resultados obtenidos en el área evaluada

Parámetro	U.M.	Canal terciario			Tubería flexible			Diferencia	
		Cant.	Costo		Cant.	Costo		CUP	CUC
			CUP	CUC		CUP	CUC	CUP	CUC
Tubería	m	200					48.00		(48.00)
Agua	Mm ³	160	800.00	----	114	571.32	-----	228.68	-----
Diesel	L	66,50	-----	65.80	-----	-----	-----	-----	65.80
Salario chapea	m	200	33.20	-----	-----	-----	-----	33.20	-----
Total General			833.20	65.80	114	571.32	48.00	261.88	17.80

La tubería flexible protegida del intemperismo puede tener una duración según el fabricante de hasta 10 años, para los efectos de estos cálculos se consideró un límite de 5 años, de lo cual resultó el costo anual de 48.00 CUC reflejado.

Los resultados indican el beneficio económico obtenido solamente por concepto de ahorro de agua, combustible y salario, lo cual se acrecienta al considerar el resto de los efectos colaterales señalados.

El sector cooperativo y campesino en el país posee una gran cantidad de área de riego de diversos cultivos abastecida por canales, su sustitución por tuberías flexibles constituye una opción viable para el desarrollo de una agricultura sostenible, lo cual tiene una importancia particular en el caso de las áreas de riego de arroz por las bajas eficiencias de conducción que se presentan en los sistemas de riego vinculados a este cultivo, así como por la posibilidad de lograr un mejor control del agua entregada a las parcelas y un trabajo más eficiente del regador.

En el caso de los grandes sistemas de riego de arroz, el canal terciario siempre ha sido un tema muy debatido y el principal obstáculo en la producción en los llamados sistemas tradicionales y semi ingenieros, en los cuales estos canales se construyen generalmente con motoniveladora, tecnología que no permite obtener los parámetros y el mando necesario sobre la superficie del campo (Pla, 1979).

Por lo antes expuesto dichos canales no pueden conducir el gasto suficiente, a lo cual se adiciona que al carecer de obras hidrotécnicas y compuertas el regador se ve obligado a realizar

piquetes adicionales en los hombros del canal y utilizar construcciones aledañas al canal terciario, desviando volúmenes de agua por encima de la entrega necesaria.

En áreas niveladas y construidas con el sistema de terrazas planas se reduce considerablemente toda esta problemática, pero se encarece considerablemente el costo de los sistemas, por lo cual puede valorarse la alternativa de utilizar tubería flexible en sustitución de canales terciarios en los sistemas de riego de las empresas arroceras, lo cual implica la utilización de mayores diámetros y longitudes de tuberías.

CONCLUSIONES

- Las pérdidas de agua por filtración y evaporación son erradicadas por las mangueras flexibles, además ésta tecnología elimina la construcción del canal terciario.
- La utilización de tubería flexible en sustitución de canales terciarios constituye una opción técnica y económicamente viable para el ahorro de agua en pequeños sistemas de riego del arroz del sector cooperativo y campesino.

AGRADECIMIENTOS

A la Empresa Grupo Olefinas por la donación de la tubería utilizada en este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEMÁN, L.: *Diferentes estudios sobre el riego del arroz en Cuba*, Ed. Científico Técnica, La Habana, Cuba, 80 p., 1980.

- REVISTA INGENIERÍA AGRÍCOLA, ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761, Vol. 9, No. 1 (enero-febrero-marzo, pp. 30-34), 2019
- ALONSO, R.: *Uso eficiente del agua en el riego: una tarea esencial, [en línea]*, Inst. Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba, 2006, Disponible en: <http://www.mesaredonda.cu/noticia.asp?id=4044>, [Consulta: 18 de noviembre de 2006].
- BESSEAT, F.: “Centro virtual para agua en la agricultura”, *GRID-Revista de la Red ITPRID (FAO/United Kingdom)*, 23: 17-18, 2005, ISSN: 1021-268X.
- CUN, G.R.; PÉREZ, L.R.; CISNEROS, Z.E.; HERRERA, Z.E.: “La hidrometría de explotación, una herramienta importante para el uso eficiente del agua en una agricultura sostenible”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(2): 66-73, 2017, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- ECORIEGO: *Riego por Caudal Discontinuo, [en línea]*, Inst. Argenpapa, Divulgación técnica, Córdoba, Argentina, 12 de febrero de 2008, Disponible en: <http://www.argenpapa.com.ar>, [Consulta: 24 de mayo de 2014].
- FAO: *Producción de Alimentos: Función Decisiva del Agua*, Inst. FAO, Documentos Técnicos de Referencia, Roma, Italia, 1998.
- GONZÁLEZ, P.: “Introducción al riego y drenaje”, *Ciencia y Técnica en la Agricultura, Riego y Drenaje Instituto de Investigaciones del Riego y Drenaje. Cuba*, 66, 2007, ISSN: 0138-8487.
- LÓPEZ, S.F.J.; ASCENCIOS, D.: *Evaluación de la aplicación del fertirriego a través del riego intermitente, comparando con la fertilización en el riego tradicional en el cultivo pepinillo para encurtido*, Inst. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú). Facultad de Ingeniería, Lima, Perú, 2010.
- NALVATE, R.A.; HUACHOS, R.: “Necesidades de agua y evaluación de los sistemas de riego intermitente y continuo en el cultivo de Brocoli”, *Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola (UNALM), Lima, Perú*, (4), 2007.
- PÉREZ, R.; CID, L.G.: *El Riego Superficial*, Ed. Convenio Bilateral Cuba – Venezuela. IIRD, Primera ed., La Habana, Cuba, 49 p., 2008.
- PLA, A.: *Estudio de diferentes manejos de agua en el cultivo de arroz*, Ed. Científico Técnica, La Habana, Cuba, 85 p., 1979.
- POLÓN, R.: “Estudio de diferentes manejos de agua en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) y su influencia sobre la germinación, la masa seca, la altura de la planta y el rendimiento agrícola”, *Cultivos Tropicales*, 28(2): 101-104, 2007, ISSN: 0258-5936.
- RODRÍGUEZ, M.: *Tecnología para el mejoramiento del riego por surcos, asociado al cultivo de la cebolla (*Allium cepa*, L.), en suelo Ferralítico rojo lixiviado*, Universidad de Sancti Spiritus José Martí, PhD Thesis, Sancti Spiritus, Cuba, 2014.
- RODRÍGUEZ, M.; SANTANA, M.; ALONSO, F.; B DELGADO: “Mejoramiento del riego por surco en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.) con el uso de un Tanque de Descarga de Fondo”, En: *Uniss. I Conferencia Científica Internacional de la Uniss (YAYABOCIENCIA, 2011)*, pp. 28-30, 2011.
- ROQUÉ, R.: *Caudal discontinuo, la última vanguardia en la técnica del riego, [en línea]*, Argentina, 10 de marzo de 2009, Disponible en: <http://www.prsurge.com/espanol/riego/intermitente.html>, [Consulta: 20 de septiembre de 2013].

Héctor Moreno Guerra, Inv., Centro Integrado de Tecnología del Agua, INRH, Camagüey, e-mail: chinae@rhcita.co.cu

Camilo Bonet Pérez, e-mail: esp.iagric@cmg.minag.cu

Yamila Recio R, e-mail: chinae@rhcita.co.cu

Eduardo Fernández Chinae, e-mail: chinae@rhcita.co.cu

Pedro W. Rodríguez Rómulo, e-mail: esp.iagric@cmg.minag.cu

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.