

**TECNOLOGÍA PARA MAXIMIZAR LA EFECTIVIDAD DEL RIEGO POR SURCOS, CONSTRUIDAS CON RECURSOS LOCALES EN SUELO FERRALÍTICO ROJO LIXIVIADO.**

*Technology to maximize the effectiveness of furrow irrigation, constructed with local resources in Red Leachate Ferralitic.*

**Dr. C. Manuel Rodríguez González<sup>1</sup>, Dr. C. Daisy Deniz Jiménez<sup>1</sup>, MS.c. Maribel Mesa Franco<sup>2</sup>, Ing. Freddy Alonso de la Paz<sup>3</sup>.**

*Manuel Rodríguez González, Dr. en Ciencias Agrícolas, Prof. Titular, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Sancti Spiritus (Cuba), e-mail: [manuelaley@gmail.com](mailto:manuelaley@gmail.com).*

*Daisy Deniz Jiménez, Dra. en Ciencias Pedagógicas, Prof. Titular, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad de Sancti Spiritus (Cuba). e-mail: [daisydeniz1990@gmail.com](mailto:daisydeniz1990@gmail.com).*

*Maribel Mesa Franco, MS. en Ciencias Agrícolas, Prof. Asociada, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad José Eduardo do Santo, Huambo, (Angola), e-mail: [maribelmesa70@hotmail.com](mailto:maribelmesa70@hotmail.com).*

*Freddy Alonso de la Paz, Productor y propietario de la finca la Esperanza (Cuba).*

**RESUMEN**

El objetivo de esta investigación es proponer tecnologías que contribuyan al mejoramiento del sistema de riego por surcos con flujo continuo e intermitente a nivel parcelario, con pendiente de 1,2%. Para lograr las intermitencias de forma automatizada se utilizó la válvula FLUCON DN 150 y se diseñaron tres tecnologías con recursos locales (espitas, tuberías con salidas múltiples con compuertas alternativas y el calcetín anti-erosivo) y la parcela de escurrimiento como instrumento para medir la escorrentía. Se evaluaron los principales parámetros de diseño, manejo, evaluación de la calidad del riego, pérdidas de agua y suelo por escorrentía en diez riegos imitando prácticas comunes de la zona. Los resultados demostraron que el tratamiento donde se utilizó las tecnologías propuestas fue el de mejor comportamiento al reducir en un 24,9% los volúmenes de agua aplicada, mejora la lámina infiltrada en el último cuarto de surco en 1,2 veces, reducir las pérdidas de agua en un 2,75 veces y de suelo en 45,8% por escorrentía en cada riego respecto al riego con flujo continuo. La eficiencia de aplicación alcanzó con la propuesta 81,1% que equivale 17,9 % superior al método de flujo continuo.

Palabra clave: riego por surcos; eficiencia de aplicación

**SUMMARY**

The objective of this research is to propose technologies that contribute to the improvement of the system of irrigation by furrows with continuous and intermittent flow at a parcel level, with slope of 1.2%. The FLUCON DN 150 valve was used to achieve the intermitencies in an automated way and three technologies were designed with local resources (spouts, pipes with multiple outlets with alternative gates and the anti-erosive sock) and the runoff plot as an instrument to measure runoff. The main parameters of design, management, and evaluation of irrigation quality, water losses and soil runoff were evaluated in ten irrigations imitating common practices of the area. The results showed that the treatment where the proposed technologies were used was the one with the best behavior, reducing the volumes of water applied by 24.9%, improving the infiltrated sheet in the last quarter of the furrow by 1.2 times, reducing losses of water in a 2.75 times and

soil in 45.8% by runoff in each irrigation with respect to irrigation with continuous flow. The application efficiency reached 81.1% with the proposal, which is 17.9% higher than the continuous flow method.

Keyword: irrigation by furrows; efficiencies the application

## INTRODUCCIÓN

En la comunidad Banao los ingresos productivos dependen básicamente de la agricultura y especialmente del cultivo de la cebolla (*Allium cepa*. L), a la que los productores dedican los mayores esfuerzos y recursos. Este cultivo existe en la localidad desde finales del siglo XIX y los rendimientos y áreas sembradas en los últimos 20 años, son inestables, debido al deterioro de la producción al incorporarse más productores, sobre tierras más degradadas y con menos recursos para enfrentar la producción. La cultura agrícola del campesino de la zona está íntimamente asociadas a razones hereditarias y tradiciones históricas, al riego superficial (DPSF, 2000; Rodríguez *et al.*, 2012).

El riego superficial es el método de riego más utilizado en el mundo. Cubre alrededor de 250 millones de hectáreas beneficiadas con el riego a escala mundial (Arbat *et al.*, 2009). Por esta razón está necesitado de asimilar las nuevas tecnologías para optimizar el diseño y operación de los sistemas, de tal manera que posibiliten su mecanización, automatización y el uso racional del agua y la energía; o sea, los especialistas están obligados a desarrollar nuevas ideas para la conservación del agua y al mismo tiempo incrementar o mantener la producción agrícola a partir de las condiciones en que se aplica actualmente el riego superficial.

En Cuba hasta el 2014 el riego superficial ocupaba 75 % del área bajo riego (Tornés *et al.*, 2016) con eficiencia del uso del agua del 40 – 50%, estos sistemas presentan, en sentido general, un reconocido atraso tecnológico (Rodríguez *et al.*, 2011). Es evidente que ante este hecho se tenga que contemplar la posibilidad de introducir cambios que impliquen un mejoramiento de este método de riego, con un enfoque científico racional, que permite utilizar el recurso agua con mayor eficiencia, minimizar efectos adversos como la erosión y el drenaje deficiente de los suelos. El objetivo de esta investigación es proponer tecnologías que contribuyan al mejoramiento del sistema de riego por surcos con flujo continuo e intermitente a nivel parcelario, con pendiente de 1,2%.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la finca “La Esperanza” en la comunidad de Banao en un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado (Hernández *et al.*, 1999) con una densidad volumétrica promedio  $1,11 \text{ g cm}^{-3}$  y una capacidad de campo de 32 % ss, asociado al cultivo de la cebolla var. Caribe 71, con una pendiente de 1,2 %. En cada parcela se construyeron 15 surcos de 30 m de largo y un ancho de 0,45 m imitando prácticas comunes de la zona. La magnitud de caudal utilizado entre  $0,49 - 0,52 \text{ L s}^{-1}$ , durante los 10 eventos de riego. Se definieron en el campo dos tratamientos de acuerdo a los diferentes parámetros evaluados para el riego por surcos:

- **Tratamiento A:** riego por surcos con flujo continuo y drenaje libre (método tradicional). La entrega de agua se efectuó a través de las espitas de PET (Polietileno de tereftalato).
- **Tratamiento B:** riego por surcos con caudal intermitente (automatizado). Como criterio de manejo se utilizó *tiempo constante / distancias variables*. En este sistema la distribución del agua se realizó a través de una válvula automática hidráulica de cierre por asiento (FLUCON DN150). Se utilizó la tubería con salidas múltiples y el caletín

anti-erosivo como accesorio de las tuberías de riego. Se programaron tres ciclos de riego de 5,0 min (tiempo *on* de 2,0 min y un tiempo *off* de 3,0 min).

### Diseño de los elementos estructurales para el sistema de riego

Los elementos estructurales diseñados con recursos locales son: espitas de PET (Poliétileno tereftalato), tubería de salidas múltiples con compuertas alternativas y calcetín anti-erosivo

### Indicadores de desempeño del riego por surcos

La determinación de los parámetros del riego se realizó a partir de los resultados experimentales obtenidos en pruebas de campo bajo las condiciones locales. Para determinar los tiempos de riego, previamente se colocaron estacas (estación) equidistancias de 5,0 m sobre la longitud total del surco y se utilizó un cronómetro. En cada evento de riego, para los dos tratamientos, se determinó la lámina escurrida ( $L_e$ ), pérdidas de suelo ( $A_s$ ) y pérdidas promedio de agua por escurrimiento de cada riego, se diseñó una parcela de escurrimiento como se muestre en la figura 1 que colecta el agua y el suelo al final del surco y se evaluaron por el método volumétrico según Betancourt *et al.* (2004) y Carolina *et al.* (2009) para medir la lámina escurrida (1), la producción de sedimento (2) y pérdidas de agua por escurrimiento (3). La influencia del suelo, la pendiente y la vegetación fueron uniformes en la parcela de escurrimiento en cada tratamiento.

$$L_e = \frac{V_e}{A} \quad (1)$$

$$A_s = P_s \cdot V_e \quad (2)$$

$$Pe = \frac{V_e}{V_{Apl}} \cdot 100 \quad (3)$$

Donde.  $L_e$ : lámina escurrida ( $m^3 \text{ ha}^{-1}$ );  $V_e$ : volumen de agua escurrida ( $m^3$ );  $A$ : área del lote de escurrimiento (ha);  $A_s$ : producción del sedimento ( $kg \text{ m}^{-3}$ );  $P_s$ : peso del sedimento (kg).  $Pe$ : pérdida por escurrimiento superficial (%);  $V_{Apl}$ : volumen de agua aplicada (L).

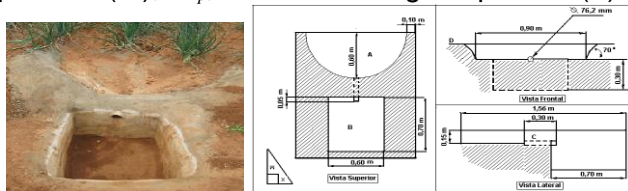


Figura 1: Parcela de escurrimiento

### Eficiencia de aplicación

Para determinar la eficiencia de aplicación ( $EAP$ ) se utilizó la metodología de Morábito *et al.* (2012) que se basa en la medición del hidrógrama de entrada y salida para realizar un balance de volúmenes a partir de la expresión matemática (3). El volumen infiltrado y almacenado se determinó experimentalmente empleando la ecuación de balance de volumen (4) según Schilardi (2010). El volumen aplicado se obtuvo por la expresión (5).

$$EAP = \frac{V_{IAI}}{V_{Apl}} \cdot 100 \quad (3)$$

$$V_{IAI} = V_{Apl} - V_e \quad (4)$$

$$V_{Apl} = Q_0 \cdot ta \quad (5)$$

Donde. *EAP*: eficiencia de aplicación (%); *V<sub>IAL</sub>*: volumen de agua infiltrada y almacenada (L); *V<sub>Apl</sub>*: volumen de agua aplicada (L); *Q<sub>0</sub>*: caudal de diseño, (L min<sup>-1</sup>); *ta*: tiempo de aplicación, (min); *V<sub>e</sub>*: volumen escurrido (L).

Los datos referidos a los indicadores de desempeño estudiadas para los distintos tratamientos se analizaron estadísticamente con el software SPSS 15.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Espitas de PET, como se muestra en la figura 2, son dispositivos de diámetro conocido, esta tecnología permitió controlar el caudal de entrada y se diseñaron a partir de botellas de desecho de refrescos de 1,5 litros de volumen. Cada frasco mantuvo la tapa correspondiente.

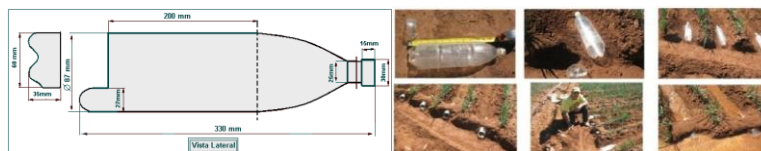


Figura 2: Diseño de las espitas de PET (Polietileno tereftalato).

Las espitas se colocaron al inicio de cada surco en el tratamiento A y se construyó un canal de almacenamiento en el extremo superior de la parcela con pendiente uniforme que permitió garantizar una carga hidráulica de 5,0 a 8,0 cm y controlar los volúmenes de agua entregados del canal a cada surco. Cada lote de espitas se coloca antes de efectuarse el riego de forma horizontal en la entrada del surco, perpendicular al canal de almacenamiento, para que estén en igualdad de condiciones respecto a la carga hidráulica. Se colocan a una distancia que corresponde con el espaciamiento de los surcos.

## Tubería de salidas múltiples con compuertas alternativas

Dadas las características del cultivo se diseñaron y construyeron compuertas alternativas para la entrega del agua en el tratamiento B como un elemento estructural de conducción y distribución, que consiste en compuertas de sección circular para la entrega del caudal al surco (figura 3), a través de un sistema de tuberías simples de riego. Se ubicó la tubería en el extremo superior del surco en un plano referencial lo más horizontal posible con pendiente uniforme.

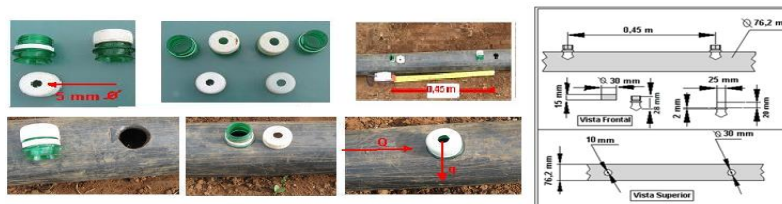


Figura 3: Tubería de salidas múltiples con compuertas alternativas.

Para su diseño se utilizó una tubería de polietileno de alta densidad con diámetro de 76,2 mm, se le realizaron orificios calibrados (23,0 mm) para la conexión de las compuertas, con un espaciamiento entre ello de 0,45 m que corresponde a la distancia de plantación. Las compuertas se obtienen de las tapas de las botellas *PET*, a las cuales se le realizó un orificio con un diámetro de 10,0 mm que permitió un gasto nominal por ventana de 0,21 L s<sup>-1</sup>.

Para el diseño hidráulico de la tubería se tomó en consideración la descarga real de las mismas y su variación espacial. La diferencia de caudal entre las compuertas extremas no superó el 5%, valor aceptado por varios investigadores, entre ellos Falcón y Mújica (2011). En el caso de laterales más largos se propone utilizar el algoritmo propuesto por Brown *et al.* (2003) para determinar el tamaño de las compuertas. El uso de tuberías con salidas múltiples ofrece una alternativa segura para incrementar la eficiencia de riego, eliminar la formación de canales, facilita la operación del riego, y compensa la carga con mayor facilidad. Lo anterior, se traduce en la aplicación de riegos más uniformes, ahorro de la mano de obra y simplicidad en la operación.

**Calcetín anti-erosivo**

Es un accesorio de la tubería de riego (figura 4). Se acoplado a la tubería de salidas múltiples, en cada punto de entrega al surco con la finalidad de reducir la energía cinética del agua. Este accesorio permite disipar la energía del caudal para disminuir su impacto erosivo en el surco.

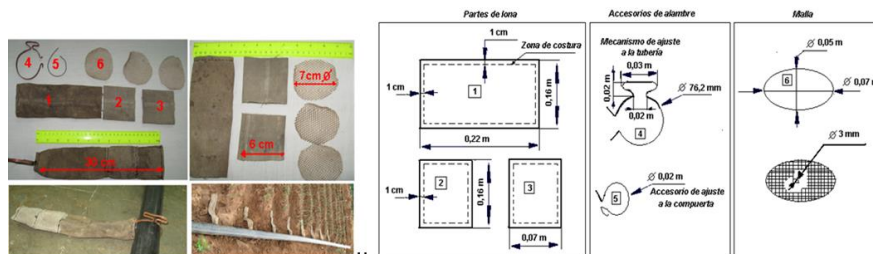


Figura 4: Calcetín anti-erosivo.

Este accesorio diseñado para esta experiencia, tiene 0,30 m de largo y 0,06 m de diámetro. Está compuesto por tres secciones de lona, una de 0,16 x 0,22 m que equivale a un área de 0,035 m<sup>2</sup> y las restantes de 0,08 x 0,07 m (0,006 m<sup>2</sup>). La fabricación de un calcetín requiere de 0,046 m<sup>2</sup> de este material por lo que de un metro cuadrado se pueden confeccionar 21,3 unidades. Consta de tres partes de malla en forma de óvalo que describen un área de 0,07 x 0,05 m (0,004 m<sup>2</sup>) con orificios de 3,0 mm, con 1 m<sup>2</sup> de malla se confeccionan 95,2 calcetines. Éstas se colocan en la inserción de cada una de las partes de lona. También cuenta con dos accesorios de alambre de 3,0 mm de espesor: uno sostiene el calcetín a la tubería y el otro se ajusta a la compuerta de riego. Con un metro de alambre se puede confeccionar 2,5 calcetines para tuberías de 76,2 mm.

Con estas tecnologías de riego con el criterio de manejo de caudal intermitente y la implementación de las tecnologías diseñadas se logra reducir el tiempo de riego como promedio hasta 40 % en una misma unidad de áreas respecto al método tradicional, permite mejorar la hidráulica de la fase de avance, facilitando al regador mojar todo el largo de la parcela de manera más uniforme con menor lámina de aplicada, minimizando la salida de agua al pie (pérdidas por escorrentía) y tributa al mejoramiento del patrón de humedecimiento incrementando el tiempo de oportunidad al final del surco y por consiguiente la lámina infiltrada en este punto es mayor.

Se destacan el tratamiento B que la lámina infiltrada al inicio del surco (Zi) supera a la lámina infiltrada al final del surco (Zf) en 1,59 veces, por el contrario, esta diferencia por el método tradicional alcanza un valor de 2,53 veces, debido a las pérdidas por infiltración al inicio del surco y el déficit al final del mismo. En el análisis de la relación entre la lámina infiltrada promedio (tabla 1), en función de la longitud, se encontró que el modelo que más se ajustó es el lineal, con tendencia negativa para una probabilidad calculada inferior a la

prefijada en la investigación y una significación de 5 %. La ecuación funcional resultante indica una tendencia decreciente en toda la unidad experimental.

En el tratamiento B, la lámina infiltrada disminuye 0,21 cm por cada unidad de longitud recorrida por el frente de agua durante el riego, con un coeficiente de correlación (r) de 0,98. En el caso método tradicional esta relación varía – 0,49 cm linealmente por unidad de distancia recorrida. Es decir, la lámina infiltrada donde se integran las propuestas, disminuye 2,33 veces menos por distancia recorrida por el tratamiento de riego continuo, los que resultan similares a otros estudios realizados en la zona (Santana, 2007). Con estas funciones de regresión lineal se pueden estimar los valores de los diferentes parámetros del modelo de Philip, para cada sitio y período de infiltrometría, tienen en cuenta la magnitud del tiempo de oportunidad de infiltración para el uso más eficiente del agua y la energía.

TABLA 1. Funciones de ajuste entre la lámina infiltrada (Z) y la longitud del surco

Tratamientos	Ajuste lineal ( $Z = a - bx$ )	R <sup>2</sup>	r	Est.	p-valor ANOVA
R. continuo (A)	$Z = 5,6314 - 0,4943x$	0,96	0,98	0,2266	0,0001
R. intermitente (B)	$Z = 3,9029 - 0,2143x$	0,96	0,98	0,0978	0,0001

La parcela de escurrimiento permitió determinar las pérdidas de agua y suelo por escurrimiento. Como se muestra en la tabla 2, la mayor pérdida de la lámina escurrida promedio la alcanzó el tratamiento del método tradicional que difiere significativamente con un valor de 2,78 litros de agua por cada metro cuadrado de superficie regada con respecto al tratamiento B, que es superado en 2,7 veces en este tratamiento las pérdidas son de 1,01 L m<sup>-2</sup> regados.

TABLA 2. Lámina escurrida promedio.

Tratamientos	Lámina escurrida promedio durante los 10 riegos evaluados										Media ± S Le (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
R. continuo (A)	23,1	22,5	22,1	20,6	21,9	23,1	21,0	21,0	18,0	18,1	27,8 ± 1,18 b
R. intermitente (B)	15,8	13,8	10,9	9,1	8,9	8,6	8,8	8,6	8,9	8,9	10,1 ± 1,57a

Letras no comunes difieren según la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Para el caso de riego con flujo continuo una de las principales causas de baja eficiencia son las pérdidas por escurrimiento por unidad. En la tabla 3 se puede observar el porcentaje de pérdidas por escurrimiento durante los diez riegos respecto al volumen aplicado. Se destaca el tratamiento B respecto al método tradicional, donde se puede apreciar que la pérdida de agua es 1,94 veces menor como promedio que equivale a un 48,5% existiendo diferencias significativas bajo las condiciones en que se desarrolló la investigación. Esto comprueba que el calcetín anti-erosivo como accesorio de riego, incide en la reducción de las pérdidas por escurrimiento.

TABLA 3. Pérdidas de agua por escurrimiento

Tratamientos	Pérdidas de agua (%) durante los 10 riegos										Pe % (Media ± S)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
R. continuo (A)	32,3	39,1	32,0	39,3	39,2	35,6	33,5	44,9	34,2	37,4	36,7 ± 4,0 b
R. intermitente (B)	29,1	20,6	17,6	19,1	18,3	19,6	17,6	14,5	14,3	18,4	18,9 ± 4,1 a

Letras no comunes difieren según la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

En la tabla 4 se aprecia que las mayores pérdidas de suelo corresponden al método tradicional que supera 4,9 veces (equivale a 3,9 kg de suelo por cada riego) al tratamiento B que fue el de menos pérdidas (con 1,4 kg de suelo por cada riego), por lo que la propuesta reduce las pérdidas de suelo por lixiviación frontal, existiendo diferencias significativas entre los dos tratamientos. El menor volumen de arrastre de suelo en estas condiciones fue para el riego intermitente de 1,40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de suelo transportado durante el ciclo del cultivo, que difiere significativamente del tratamiento A, que las pérdidas fueron de 3,69 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, con el tratamiento B se logra reducir en 38% los volúmenes de suelo escurridos durante el ciclo del cultivo. Valores similares se reportan en la bibliografía internacional por Schilardi (2010) con sistema de riego superficial tecnificado (riego por pulsos).

TABLA 4. Producción de sedimento.

Tratamientos	Perdidas de suelo promedio durante los 10 riegos										Media ± S (kg m <sup>-3</sup> )
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
R. continuo (A)	0,42	0,39	0,38	0,36	0,34	0,30	0,29	0,30	0,27	0,27	0,33 ± 0,05 b
R. intermitente (B)	0,17	0,14	0,09	0,07	0,08	0,06	0,06	0,04	0,05	0,06	0,08 ± 0,008 a

Letras no comunes difieren según la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

En la tabla 5 se representan, los valores de eficiencia de aplicación (EAP) promedio durante el tiempo de estudio. El mejor tratamiento fue el B que difiere significativamente del tratamiento A, por lo que la probabilidad de obtener valores mayores o como el anterior, es menor que 0,05 con este tamaño de muestra y bajo estas condiciones. Con el tratamiento B se puede incrementar en un 17,9% la EAP, que implica disminuir a 24,9% los volúmenes de agua aplicada, lo que coincide con lo planteado por Brown *et al.*, (2003) al citar: “El riego intermitente es una técnica dentro del riego por surcos revolucionaria, que alcanza mayor eficiencia en el uso del agua, que el riego por surcos con flujo continuo”.

TABLA 5. Eficiencia de aplicación.

Tratamientos	EAP promedio										Media ± S (EAP %)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
R. continuo (A)	67,7	60,9	68,0	60,7	60,8	64,4	66,5	55,1	65,8	62,6	63,2 ± 4,0 b
R. intermitente (B)	70,9	79,4	82,4	80,9	81,7	80,4	82,4	85,5	85,7	81,6	81,1 ± 5,2 a

Letras no comunes difieren según la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

La EAP alcanzada con el tratamiento B llegó a superar el 81%, por encima de los rangos citados para el riego continuo por Morábito (2005), estos consideran que es habitual que la EAP del riego superficial oscile de 40 al 60%. La EAP generalmente, se mide en porcentajes; pero expresada litros de agua útil en el suelo por cada 100 litros aplicados, se puede apreciar que el tratamiento B aporta 81,1 litros de agua útil para la planta y supera al riego continuo en 17,9 litros por cada 100 litros aplicados al tratamiento A.

### Conclusiones

1. El estudio de los parámetros de diseño y manejo del riego superficial en el cultivo de la cebolla, permitió corroborar que el riego por surcos con caudal intermitente es superior al riego con flujo continuo y proporciona incrementos de la EAP que se traducen en ahorro de agua y productividad del riego.

2. Con la integración de la tecnología en esta experiencia, se reducen la lámina escurrida en 2,75 veces, 4,9 veces las pérdidas de suelo, se incrementa la EAP hasta 81,1%, que equivale a un 17,9 % superior al método tradicional y mejorando sustancialmente el patrón de humedecimiento del surco.

#### Bibliografía

1. ARBAT, G.; OLIVÉ, F.; ROSELLÓ, A.; PUIG-BARGUÉS, J. y RAMÍREZ, F. Distribución del agua en el suelo en riego por surcos alternos y no alternos en el cultivo de Maíz. Estudios en la Zona no Saturada del Suelo, noviembre 2009, vol. IX, nº 124, pp. 1-8.
2. BETANCOURT, P.; OROPEZA, J.; FIGUEROA, B.; ORDAZ, V. y ORTIZ, C. Pérdidas de Suelo y Potencial Hidrológico en parcelas con Cobertura Vegetativa de Especies Forrajeras: manejo de agua y suelo. TIERRA Latinoamericana, julio 2004, vol. 18, nº 003, pp. 263-275.
3. BROWN, O.; ARTEAGA, R.; CASTELLANO, A.; ABREÚ, E.; LÓPEZ, I. y RODRÍGUEZ, B. Diseño hidráulicos de tuberías con salidas múltiples utilizadas en los sistemas de riego superficiales. INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL, enero 2003, vol. XXIV, nº 1, pp. 9-13.
4. CAROLINA, M.; CATIGLIONI, M.; PAZ, J.; WILSON, M. y OSZUS, J. Propiedades hidrológicas edáficas bajo diferentes secuencias de cultivos en siembra directa. Barcelona, España: INTA-EEA, Panamá, 2009.
5. DPSF. Programa provincial de conservación y mejoramiento de suelos. Provincia Sancti Spiritus: Instituto Nacional de Suelo, Cuba, 2000, nº 1.
6. FALCÓN, A. y MÚJICA, A. Diseño óptimo de sistemas de tuberías dotados de múltiples salidas mediante el procedimiento de diseño holístico. *Trabajo de Diploma*. Ciego de Ávila, Cuba: Universidad de Ciego de Ávila, Facultad de Ingeniería, Centro de Estudios Hidrotécnicos, 2011. h. 95.
7. HERNÁNDEZ, A.; PÉREZ, J. M.; BOSCH, D.; RIVERO, L.; CAMACHO, E.; RUIZ, J.; JAIMEZ, E.; MARSÁN, R.; OBREGÓN, A.; TORRES, J.; GONZÁLEZ, J. E.; ORELLANA, ROSA.; PANEQUE, J. y MESA, Á.: Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Primera ed. Ciudad de La Habana: AGRINFON Ministerio de la Agricultura, 1999. p. 64. ISBN 959-246-022-1.
8. MORÁBITO, J. A. Desempeño del riego por superficie en el área del río Mendoza, eficiencia actual y potencial. Parámetros de riego y recomendaciones para un mejor aprovechamiento en un marco sustentable. *Tesis de Maestría*. Mendoza, Argentina: Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencia Agrarias (UNCuyo - FCA), 2005. h. 12-28.
9. MORÁBITO, J.; SALATINO, SANTA. y SCHILARDI, C. El desempeño del uso agrícola del agua en los Oasis de los ríos Mendoza y Tunuyán a través de nuevos indicadores. En: Mendoza Irrigación, INTA y INA. VI JORNADAS DE ACTUALIZACIÓN EN RIEGO Y FERTIRRIEGO, Prácticas para incrementar la productividad y asegurar la sostenibilidad del uso del agua y del suelo. Mendoza, Argentina: Universidad Nacional de Cuyo - Facultad de Ciencias Agrarias (UNCuyo - FCA), 2012.
10. RODRÍGUEZ, M.; SANTANA, M.; ALONSO, F. y DELGADO, BETTY. Mejoramiento del riego por surcos en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.) con el uso de un Tanque de Descarga por el Fondo. En: UNISS. I Conferencia Científica Internacional YAYABOCIENCIA, 2011, 28-30 del mes de noviembre, Sancti Spiritus. Cuba, 2011. ISBN: 978-959-250-730-6, Feijoo y la UNISS.
11. RODRÍGUEZ, M.; SANTANA, M.; BROWN, O. y ALONSO, F. Riego por surcos con caudal intermitente asociado al cultivo de la cebolla y su eficiencia en las pérdidas de suelo y agua por escorrentía. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, octubre, noviembre y diciembre 2013, vol. 22, nº 4, pp. 50-54.



12. SANTANA, M. Tecnología sostenible para el mejoramiento del riego por surcos y protección del suelo en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa*, L.) en condiciones de premontaña. *Tesis de Doctorado*. UNICA: Centro de Estudios Hidrotécnicos. Universidad de Ciego de Ávila, 2007. h. 126.
13. SCHIRLARDI, C. Desempeño del riego por superficie en áreas de regadío de la cuenca del Río Tunuyán Superior. Mendoza, Argentina. Tesis de Maestría. Mendoza, Argentina: Universidad Nacional de UNCuyo. Facultad de Ciencias Agrarias, 2010. h. 138.
14. TORNÉS, N.; BROWN, O. y GÓMEZ, Y. Eficiencia de aplicación máxima del agua y longitud del surco en función de los caudales. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, enero 2016, vol. 25, nº 1, pp. 23-27. ISSN: 1010-2760