

SERIE
DIVULGATIVA

No. 13

ISSN 0121-6457

Riego con caudal reducido

CALI, COLOMBIA - DICIEMBRE 2011

Contenido

	pág.
Introducción	2
Antecedentes	2
Condiciones para la instalación	2
Descripción del sistema	5
Beneficios en el piedemonte	9
Nuevos ensayos	10
Conclusiones	11
Agradecimientos	11
Referencias bibliográficas	11



ARMANDO CAMPOS RIVERA, M.Sc.
Asesor en manejo de aguas, Cenicaña
acampos@cenicana.org

DORIS MICAELA CRUZ BERMÚDEZ
Ingeniera Agrícola, Cenicaña
dmcruz@cenicana.org



cenicaña
Centro de Investigación de la
Caña de Azúcar de Colombia



Libertad y Orden
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
República de Colombia

Introducción

El riego con caudal reducido es un sistema de riego por gravedad o superficie de alta frecuencia que ha sido probado con éxito en tierras del piedemonte del valle del río Cauca, en zonas donde el agua es escasa, los suelos son poco profundos y con altos contenidos de piedra y grava, y la pendiente del terreno es mayor de 1%.

Las investigaciones para el uso del sistema en caña de azúcar en el piedemonte han sido cofinanciadas en Colombia por el sector azucarero y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Los costos de instalación del sistema de riego con caudal reducido en caña de azúcar son bajos en comparación con el riego por aspersión usado comúnmente en el piedemonte. La instalación con tubería de PVC de uso agrícola alcanza un valor aproximado de 1,650,000 pesos colombianos por hectárea, incluidos los materiales y la mano de obra.

En las aplicaciones con caudal reducido en el piedemonte se usan caudales por surco muy bajos, entre 0.1 y 0.3 litros por segundo, en tiempos de avance del agua hasta el final del surco de 20-24 horas y frecuencia de riego cada dos semanas.

Las evaluaciones del uso del caudal reducido por surco alterno señalan que es posible conseguir aumentos en productividad del orden de 10% en el tonelaje de caña por hectárea respecto al uso del riego por aspersión.

Así, entre las ventajas del nuevo sistema se cuentan los costos bajos de instalación, la facilidad de operación, el hecho de aplicar caudales por surco no erosivos y la oportunidad de aumentar la productividad de las tierras cultivadas con caña de azúcar en el piedemonte, con una relación beneficio/costo de 1.5 en aplicaciones por surco alterno-alterno.

Nuevas investigaciones adelantadas por Cenicaña en la parte plana del valle del río Cauca, en zonas con pendiente menor de 1%, muestran grandes oportunidades de uso del sistema en el sector azucarero colombiano.

Antecedentes

Bohórquez y García (1985) en Venezuela, en la Estación Experimental Lara-Barquisimeto, ensayaron en hortalizas una técnica denominada “riego por chorrito” con la idea de que los agricultores manejaran eficientemente el agua en zonas donde el recurso es escaso. La técnica es una combinación de riego por goteo y gravedad por surcos: el agua se lleva por tuberías desde la fuente hasta la cabecera del lote y luego se aplica en cada surco mediante salidas con caudales bajos en un tiempo de 24 horas.

En Colombia, Díaz y Prieto (2000) evaluaron el riego con caudal reducido en la hacienda El Reporte, localizada en el municipio de Miranda (Cauca), en un suelo caracterizado por una tasa de infiltración baja, drenaje interno pobre y pendiente entre 2-3%. En este ensayo se evaluaron tres caudales por surco (litros por segundo): 0.025 L/s, 0.05 L/s y 0.1 L/s.

Los resultados mostraron un aumento de las eficiencias de almacenamiento y uso del agua, y disminución de las áreas con déficit de riego. Para el uso de tuberías de polietileno reciclado se determinaron los siguientes coeficientes de descarga de Hazen-Williams: 80 para tuberías con diámetro de 75 mm; 116 para 50 mm y 76 para 12.5 mm.

Condiciones para la instalación

Antes de instalar un sistema de riego con caudal reducido es indispensable realizar las pruebas de avance e infiltración del agua en los surcos previamente aporcados, para definir el caudal por aplicar en cada surco y el tiempo requerido para el efecto.

El método de los anillos infiltrómetros no es adecuado para determinar la infiltración básica en suelos con altos contenidos de piedra, por la dificultad de hincar los anillos, lo cual produce valores muy altos de tasa básica de infiltración.

La adecuada instalación de un sistema de caudal reducido exige un diseño agronómico que tenga en cuenta la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo, la lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA), la frecuencia de riego, el caudal por surco y el caudal del sistema.

También exige un diseño hidráulico previo que considere las condiciones topográficas del terreno para lograr el dimensionamiento y distribución de las tuberías que garanticen un caudal uniforme de acuerdo con el caudal requerido.

En suelos de texturas finas se favorece la aplicación del riego con caudal reducido, mientras que en suelos de texturas gruesas, o de texturas finas con inclusión de texturas gruesas se restringe. La presencia de horizontes de texturas contrastantes en el perfil del suelo favorece el avance del agua y la uniformidad del riego.

El laboreo profundo de suelos con horizontes superficiales de texturas finas que descansan sobre horizontes de texturas gruesas provoca grandes pérdidas por percolación que limitan o anulan el avance del agua a lo largo de los surcos. Se recomienda consultar el estudio detallado de suelos del predio a fin de conocer la textura y demás características descriptivas del perfil del suelo.

Suelos de texturas contrastantes

1. El Alto, Ultic Hapludalf, familia textural arcillosa sobre esquelética arcillosa.
2. San Rafael, Entic Haplustert, francosa fina.
3. Villa Nueva, Typic Haplustoll, arcillosa sobre esquelética arcillosa.



Antes de instalar un sistema de riego con caudal reducido es indispensable hacer pruebas de infiltración y avance del agua en el suelo para definir el caudal por aplicar en cada surco y el tiempo requerido en la labor.



Las plantas que crecen en suelos de texturas finas y en aquellos con horizontes de texturas contrastantes se ven favorecidas por el suministro frecuente de agua en pequeñas cantidades.

El aporque de las plantas debe ser superficial para garantizar una distribución transversal y uniforme de la humedad en el suelo, principalmente en sitios de pendiente alta.



El aporque profundo y una pendiente pronunciada ocasionan un movimiento rápido del agua a lo largo del surco, lo cual limita el humedecimiento transversal y restringe la eficiencia del riego por surcos.



Cenicaña recomienda el riego con caudal reducido por surco alterno en las tierras cultivadas con caña de azúcar en las zonas secas del piedemonte del valle del río Cauca, donde los suelos son poco profundos y poseen contenidos altos de piedra y grava.

Descripción del sistema

La instalación completa de un sistema de riego con caudal reducido se puede hacer con materiales de bajo costo, como tuberías de polietileno reciclado y tuberías de PVC de presión, sanitaria, ducto telefónico y ducto eléctrico, o con tuberías de PVC de uso agrícola, junto con accesorios de aluminio fundido y hierro galvanizado.

Para la aplicación del agua a los surcos se utilizan tubos de polietileno de 12 mm, 16 mm o 18 mm, denominados elevadores, que se conectan directamente a las tuberías de salida múltiple.

En cada sector de riego se instalan llaves de paso o válvulas para controlar la entrada del agua a los elevadores. La tubería de salidas múltiples donde se conectan los elevadores suele ir enterrada. También se puede usar manguera politubular con elevadores o tubería rígida de PVC con compuertas.

El agua llega a las tuberías múltiples por medio de las tuberías de distribución, que a su vez se conectan con las tuberías de conducción que traen el agua desde la fuente.

Aplicación del agua

El riego con caudal reducido ha sido probado con éxito en suelos poco profundos y con altos contenidos de piedra y grava ubicados en zonas agroecológicas secas del piedemonte del valle del río Cauca donde el agua es escasa.

En estos suelos el caudal aplicado por surco oscila entre 0.1 y 0.3 litros por segundo y el tiempo de avance del agua hasta la parte más baja del lote varía entre 20 y 24 horas.

Con volúmenes de agua entre 650 - 950 metros cúbicos por hectárea en aplicaciones por surco alterno, la eficiencia del riego alcanza el 63% (por escorrentía superficial sólo se pierde el 0.05% del volumen aplicado).

La frecuencia de los eventos de riego se basa en el cálculo del balance hídrico del suelo, que indica el momento oportuno del riego, cuando es necesario aplicar agua suplementaria porque se ha agotado la LARA. En las evaluaciones realizadas por Cenicaña en zonas secas del piedemonte, en suelos superficiales y pedregosos, se determinó que es necesario regar la caña de azúcar cada dos semanas en caso de que no se presenten lluvias.

De acuerdo con las investigaciones se recomienda hacer las aplicaciones con caudal reducido por surco alterno-alterno: una calle con agua y otra sin agua, alternando las calles que reciben riego en cada evento. Esta forma de aplicación del agua permite ahorrar el 50% del volumen aplicado por evento de riego en comparación con las aplicaciones por surco continuo.

Para obtener resultados satisfactorios es necesario conocer la cantidad de agua aplicada en cada evento de riego, por lo cual se recomienda hacer el aforo de agua en los surcos que reciben riego.

Ejemplos

Suelos de piedemonte aptos para el riego con caudal reducido

Suelo*	Familia textural	Orden
Pichichí	Esquelética arcillosa	Vertic Argiustoll
Italia	Arcillosa sobre esquelética arcillosa	Typic Argiustoll
Acuario	Esquelética francosa	Typic Haplustoll
Esneda	Arcillosa sobre esquelética arcillosa	Typic Haplustol

* Suelos identificados mediante estudios detallados.

Componentes del sistema con tubería enterrada

Riego con caudal reducido

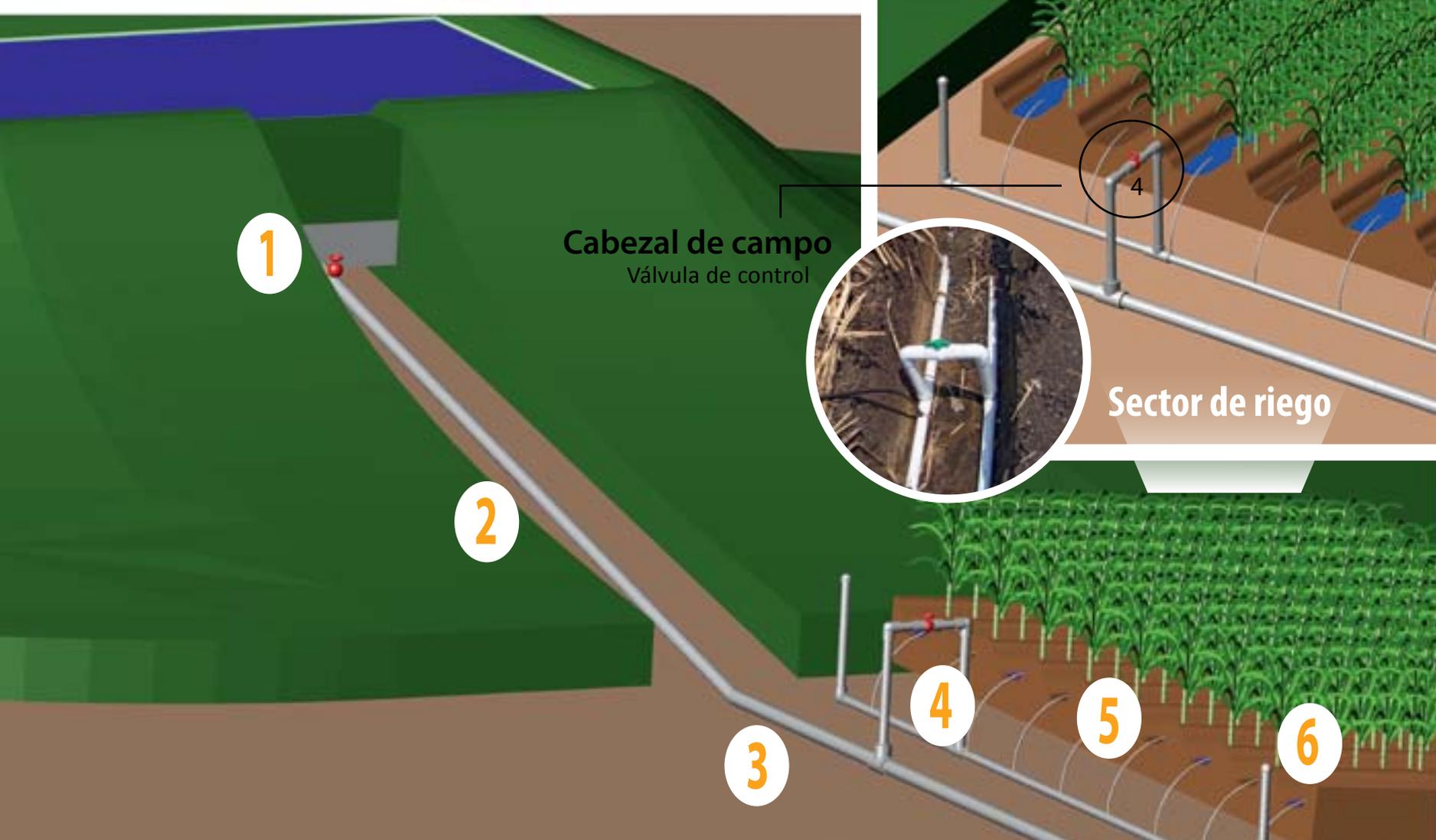
Componentes del sistema con tubería enterrada

Condiciones de operación: Cabeza hidráulica



1 Captación. La toma de agua se realiza desde una fuente ubicada en un reservorio o corriente natural. En el punto de captación es indispensable colocar un filtro para evitar la entrada de materiales gruesos que puedan taponar la tubería.

2 Conducción. El agua es conducida por tubería desde la fuente hasta la cabecera del área de riego.

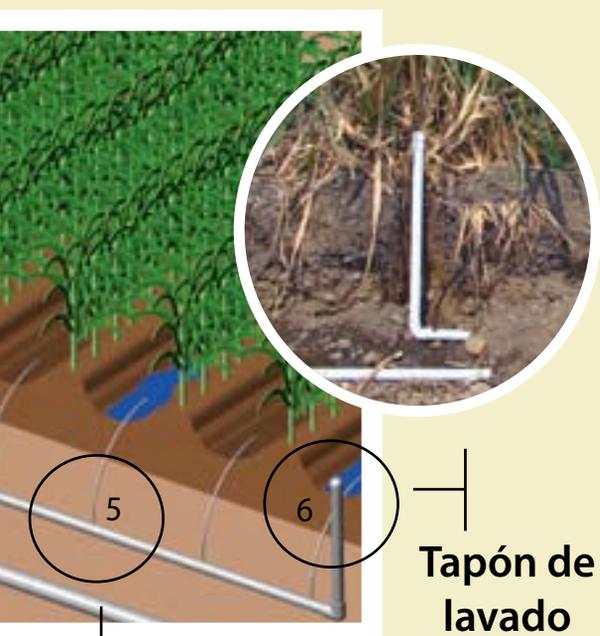


mayor de cinco metros, frecuencia de riego cada dos semanas y uniformidad del caudal hasta 90%



3 Distribución. Se conecta a la tubería de conducción y distribuye el agua a los tabloncillos y suertes (lotes).

4 Múltiple. Tubería que recibe el agua de la tubería de distribución y mediante llaves de paso la coloca en la cabecera de los sectores de riego.



5 Elevadores. Tubos conectados al múltiple que se encargan de entregar el agua a la cabecera de los surcos.

Elevadores



6 Accesorios. Bujes, niples, codos, adaptadores, llaves de paso, tapones, entre otros.



Se debe realizar el aforo de agua en la cabecera de los surcos para calcular el volumen de agua que recibirá el cultivo.



Para la entrega del agua a los surcos se utilizan elevadores que se conectan a la tubería múltiple enterrada. También se pueden usar tubos cortos, politubulares con elevadores o tubería de PVC con compuertas.



Beneficios en el piedemonte

Los experimentos de evaluación del sistema de riego con caudal reducido en el piedemonte del valle del río Cauca, en suelos de las consociaciones Pichichí, Italia, Acuario y Esneda cultivados con caña de azúcar, ubicados en zonas agroecológicas secas donde se han aplicado caudales por surco entre 0.1 - 0.3 L/s en tiempos de avance de 20 a 24 horas, muestran que:

- En un evento de riego con caudal reducido por surco alterno se utilizan entre 650 - 950 metros cúbicos de agua por hectárea (m^3/ha) y la eficiencia de aplicación alcanza el 63%.
- Las aplicaciones por surco alterno permiten una distribución uniforme de la humedad en los surcos que conforman el sector de riego, debido a que las calles sin riego reciben suficiente humedad desde las calles vecinas con riego.
- El avance lento del agua en el surco permite almacenar en el suelo gran parte del agua de riego. Las pérdidas por escorrentía superficial equivalen al 0.05% del volumen aplicado por surco alterno y al 0.2% del volumen aplicado por surco continuo.
- Con el uso del caudal reducido por surco alterno es posible ahorrar cerca del 50% del agua aplicada en un evento de riego en comparación con las aplicaciones por surco continuo, sin diferencias estadísticas en productividad.
- El análisis del agua a la entrada y al final de los surcos regados con caudal reducido no muestra cambios en el contenido de nutrientes y sólidos en suspensión. Esto indica que el riego con caudal reducido no es erosivo, en concordancia con lo expuesto por Booher (1974).
- En los sitios experimentales, el tonelaje de caña por hectárea aumentó entre 23% y 42% en los tratamientos con caudal reducido respecto al tratamiento sin riego. El tonelaje aumentó en 9% en comparación con el riego por surcos convencional y en 10% respecto al riego por aspersión.

Relación beneficio/costo

El costo de instalación de un sistema de riego con caudal reducido varía de acuerdo con la longitud y el diámetro de la tubería utilizada para la conducción del agua desde la fuente.

El precio de los materiales en instalaciones con tubería de PVC de uso agrícola está alrededor de \$1,400,000/hectárea, valor al que se debe sumar el costo de la construcción de zanjas y la instalación de tuberías, estimado en \$250,000/hectárea.

Los costos son similares con tubería de polietileno reciclado. Sin embargo, con la tubería de PVC de uso agrícola se facilita la instalación, y las pérdidas de agua en el sistema son nulas.

De acuerdo con las evaluaciones del sistema en el piedemonte a escala experimental, la relación beneficio/costo del riego con caudal reducido en dos cortes de la variedad CC 84-75 (plantilla y primera soca) fue igual a 1.5 cuando las aplicaciones se hicieron por surco alterno-alterno. La productividad fue mayor y el volumen de agua utilizado por hectárea fue casi la mitad del que se gastó por surco continuo. La productividad en las parcelas que fueron regadas por aspersión no compensó los costos de operación del sistema y en ninguno de los dos cortes se obtuvo ganancia económica con el riego por aspersión.



Riego con caudal reducido
aplicado por surco alterno

Nuevos ensayos

Cenicaña ha continuado las investigaciones de riego con caudal reducido en el piedemonte y en la parte plana del valle del río Cauca, con resultados positivos, como se muestra a continuación.

Pruebas en zonas planas

En pruebas de avance del agua aplicada con caudal reducido en suelos de texturas finas de las consociaciones Manuelita, Ballesteros y Corintias (ubicados en zonas agroecológicas semisecas) en tierras con pendiente entre 0.001% y 0.75%, se determinaron caudales por surco entre 0.18 y 0.4 litros por segundo.

Fertirriego en piedemonte

El fertirriego con nitrógeno y potasio en aplicaciones con caudal reducido por surco alterno en la variedad CC 84-75 (plantilla) cultivada en un suelo Nima (familia textural francosa fina sobre esquelética arenosa, Entic Haplustolls) ubicado en una zona agroecológica seca mostró resultados superiores en productividad y rentabilidad respecto al tratamiento convencional de fertilización líquida con aplicación manual y riego suplementario.

Con las aplicaciones de fertirriego por surco alterno y caudal reducido se consiguió un ahorro de \$530,000 por hectárea en el costo de los fertilizantes, y la productividad aumentó entre 3 y 5 toneladas de caña por hectárea, sin diferencias en el contenido de sacarosa (% caña). Los resultados fueron obtenidos al aplicar en fertirriego el 62.5% de la dosis de N y K utilizada en el tratamiento de fertilización líquida convencional.

En sitios con poca pendiente, después del riego la escorrentía fue mínima al final de los surcos y la distribución de la humedad fue uniforme en el sector de riego.



Conclusiones

- La instalación de un sistema de riego con caudal reducido y su operación se deben basar en el diseño hidráulico y agronómico del campo de cultivo con atención especial en la textura del suelo, la topografía del terreno, la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo y la lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA) en las diferentes etapas de desarrollo de la caña de azúcar y en las determinaciones de campo acerca de la frecuencia del riego, el caudal por surco y el caudal del sistema.
- La eficiencia del riego con caudal reducido depende más de la textura del suelo que de la pendiente del terreno.
- Cenicaña recomienda el riego con caudal reducido por surco alterno en las tierras cultivadas con caña de azúcar en las zonas secas del piedemonte del valle del río Cauca, donde los suelos son poco profundos y poseen contenidos altos de piedra y grava.
- No se recomienda el riego con caudal reducido en las tierras cultivadas con caña de azúcar donde los suelos son de textura gruesa, o de textura fina con inclusiones de texturas gruesas. Estos suelos son comunes donde hay cordones de arena, con frecuencia en cauces abandonados de antiguas corrientes superficiales.
- En suelos de texturas finas, con un horizonte superficial que reposa sobre un horizonte de textura gruesa, la labranza profunda ocasiona una percolación excesiva que retarda o anula el avance del agua a lo largo de los surcos.
- Los terrones grandes en el campo y la falta de aporque o el aporque profundo dificultan el avance del agua y la distribución uniforme de la humedad en el suelo.
- Con un aporque superficial y surcos libres de agregados, se ha confirmado que después del riego con caudal reducido la escorrentía al final de los surcos es mínima y la distribución de la humedad es adecuada en el sector de riego.
- La cantidad de agua utilizada en el riego de la caña de azúcar con caudal reducido es similar a la que se usa en el riego por surcos convencional.
- Para asegurar el manejo sostenible de los recursos dedicados a la producción azucarera debemos aprovechar el conocimiento actual y avanzar en la investigación acerca de la mecanización agrícola y su relación con el clima, el suelo y el manejo del agua.
- Cenicaña les recomienda a los agricultores que tengan en cuenta en sus decisiones el estudio detallado de suelos de cada predio, los grupos definidos con fines de manejo agronómico y la zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca (Igac, 2006; Carbonell *et al.*, 2011).

Agradecimientos

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por la cofinanciación y el acompañamiento durante el desarrollo del proyecto en el período 2008-2011.

A los ingenios azucareros afiliados a Asocaña y a los proveedores de caña de azúcar que apoyaron las iniciativas de experimentación y dedicaron recursos humanos, técnicos y financieros para las pruebas de campo, por su interés activo en la conservación del suelo y el agua.

Referencias bibliográficas

- Bohórquez, C. y García G.A. 1985. El riego por chorrito. FONAIAP Divulga. Caracas, 18, may.-jul.: 14-15.
- Booher L.J. 1974. El riego superficial. FAO: Cuadernos de fomento agropecuario. N.95. Roma, Italia. 162p.
- Campos Rivera, A.; Cruz Bermúdez, D.M.; Torres J.S. 2009. Riego con caudal reducido. p.280-288. Memorias. Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8, septiembre 16 al 18 de 2009. Cali, Colombia. Tecnicaña. 784 p.
- Campos Rivera, A.; Cruz Bermúdez, D.M. 2010. Riego con caudal reducido. Carta Trimestral, v.32, Nos. 1 y 2 (enero-junio): 13-22.
- Carbonell González, J.A.; Quintero Durán, R.; Torres Aguas, J.S.; Osorio Murillo, C.A.; Isaacs Echeverri, C.H.; Victoria Kafure J. I. (2011). Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca (cuarta aproximación). Principios metodológicos y aplicaciones. Colombia. Cali; Cenicaña. 119p. Serie Técnica N. 38.
- Díaz D. y Prieto C.A. 2000. Diseño y evaluación de un sistema de riego con caudal reducido. Tesis Universidad Nacional de Colombia-Universidad del Valle. Cenicaña. Cali, Colombia. 71 p.
- IGAC. 2006. Estudio detallado de suelos y capacidad de uso de las tierras sembradas en caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca. Informe General.



Fotografías e ilustraciones: Banco de imágenes Cenicaña

El riego con caudal reducido es una tecnología que contribuye con la conservación de los suelos porque los caudales aplicados son bajos y por lo tanto no resultan erosivos.

En zonas secas del piedemonte del valle del río Cauca, el uso del sistema ha contribuido a aumentar la productividad y la rentabilidad de tierras dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, con beneficios ambientales.

Socialización del proyecto
cofinanciado por el Ministerio
de Agricultura y Desarrollo Rural
MADR 148-2008P5903-4048

Cita bibliográfica

Campos R., A. y Cruz B., D.M. 2011. Riego con caudal reducido. Cali, Cenicaña. 12 p. (Serie Divulgativa No.13)

Producción editorial

Servicio de Cooperación Técnica
y Transferencia de Tecnología

© Cenicaña 2011

Remite/ Cenicaña. Calle 58 Norte No. 3BN-110. Cali, Colombia



Tarifa Postal Reducida No. 2012-131 4-72
La Red Postal de Colombia, vence 31 de
diciembre de 2012.