

Tecnologías de riego para el uso eficiente y sostenible del agua en el sector cañicultor

José Ricardo Cruz Valderrama*

En el valle del río Cauca en los últimos años se ha agudizado la escasez de agua para el consumo humano, agrícola e industrial debido a la demanda creciente del recurso y al efecto del cambio climático que se manifiesta por el aumento de la frecuencia con que ocurren los fenómenos de El Niño y La Niña, anomalías que alteran la cantidad acostumbrada de lluvia y su periodicidad.

Un ejemplo de ello es la sequía prolongada que ocurrió entre junio de 2009 y marzo de 2010 cuando el fenómeno de El Niño, causado por el aumento de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico tropical, hizo que en el valle del río Cauca disminuyeran los caudales de las aguas superficiales en más del 50% y de las fuentes de agua subterránea entre 20-40%. Esta sequía, que se extendió por más de diez meses, demostró la necesidad urgente de hacer un uso más eficiente del agua que contribuya efectivamente a la sostenibilidad del recurso hídrico en la región.

Para el efecto, el sector agroindustrial de la caña de azúcar cuenta actualmente con tecnologías de riego que han sido desarrolladas y adaptadas por Cenicaña en cooperación con los ingenios azucareros y los cultivadores de caña. Las tecnologías disponibles se basan en las necesidades de desarrollo tecnológico planteadas por los propios cañicultores de acuerdo con la problemática del agua en la región, donde se tiene una cultura de más de cien años en el riego por superficie.

Recientemente y como un complemento de las estrategias de investigación y transferencia tecnológica, a principios de 2010 el sector azucarero constituyó la Mesa del Agua, mecanismo de concertación de los compromisos sectoriales en relación con el establecimiento de acciones que busquen el uso racional y sostenible del recurso hídrico. Como resultado parcial de esta iniciativa se tienen recomendaciones para el corto, el mediano y el largo plazo. Entre los propósitos de corto plazo se trabaja en la definición de metas de reducción de uso del agua mediante el incremento de la adopción de las tecnologías disponibles, de modo que se están ajustando los indicadores respectivos para implementar las mediciones del caso en la totalidad del área en cultivo donde se aplica riego.

* Ingeniero Agrícola, M.Sc., Ingeniero de Suelos y Aguas de Cenicaña <jracruz@cenicana.org>

A continuación se presentan los aspectos más relevantes acerca de las tecnologías de riego recomendadas por Cenicaña para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca, las cuales difieren en su grado de adaptación según las condiciones propias de cada sitio dedicado a la producción agroindustrial.



Balance hídrico para la programación de los riegos

El balance hídrico es una contabilidad del agua en el suelo que se constituye en una herramienta muy eficaz para la programación oportuna de los riegos en el cultivo de la caña de azúcar. Las experiencias con el uso de esta metodología en el valle del río Cauca demuestran que es posible reducir el número de riegos aplicados por año en un valor promedio de tres riegos, lo cual representa un ahorro de agua entre 4000-5000 metros cúbicos por hectárea y por año (m^3/ha por año), que en un área de 110 mil hectáreas equivale a un ahorro de agua de 495 millones de $m^3/año$.

La confiabilidad del balance hídrico depende de la precisión con que se determinen la lámina de agua rápidamente aprovechable del suelo (LARA), la precipitación y la evaporación, y del buen juicio de las personas responsables del riego para realizar los ajustes requeridos por la metodología de acuerdo con las condiciones del sitio de cultivo y la plantación.

Para la programación de los riegos por balance hídrico Cenicaña ha desarrollado dos herramientas que se encuentran disponibles para los cultivadores de caña y además ofrece los servicios de capacitación requeridos para su implementación. Las herramientas disponibles son el programa de balance hídrico por computador (BH v.3.0) y el tanque Cenirrómetro.

El tanque Cenirrómetro (Torres y Cruz, 1995) es una opción manual que permite calcular el balance hídrico diario o semanal para decidir, por inspección visual del nivel del agua en un recipiente plástico, el momento oportuno del riego.

Contáctenos para recibir capacitación
en el uso de las herramientas
de balance hídrico
**Servicio de Cooperación Técnica
y Transferencia de Tecnología**
<admin_web@cenicana.org>

El Cenirrómetro es un recipiente plástico de forma cilíndrica y color claro (diámetro de 26-30 cm y altura de 35-40 cm) que tiene definida la capacidad máxima de almacenamiento de agua rápidamente aprovechable (LARA) de acuerdo con la textura del suelo y marcas de referencia que indican el momento oportuno del riego según la edad del cultivo.

Programa de balance hídrico por computador (BH v.3.0)

Software desarrollado para calcular el balance hídrico en el suelo en un momento dado, según el cual se pueden programar los riegos de la caña de azúcar de acuerdo con la edad del cultivo. Para la contabilidad se requieren tres datos clave: (1) Valor de la LARA o lámina de agua rápidamente aprovechable del suelo; (2) Valor de la precipitación diaria; (3) Valor de la evaporación diaria.

El orden de prioridad para la programación de los riegos ha sido definido con base en resultados experimentales (aparte de los riegos de germinación y acompañamiento de la fertilización), así: (1) Plantillas que tengan entre 4 y 8 meses de edad; (2) Socas entre 4 y 8 meses; (3) Plantillas entre 8 y 10 meses; (4) Socas entre 8 y 10 meses; (5) Plantillas entre 2 y 4 meses; (6) Socas entre 2 y 4 meses de edad.

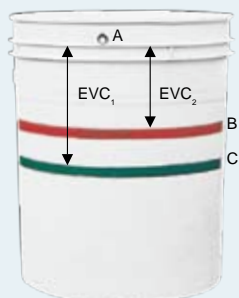
Para la obtención del valor de la LARA se recomienda determinar las constantes de humedad del suelo preferiblemente en el campo de cultivo y para cada consociación de suelo, de modo que se cuente con datos confiables acerca del Punto de Marchitez Permanente (PMP), la Capacidad de Campo (CC) y la Densidad Aparente (Da), los cuales se utilizan en la fórmula de cálculo de la LARA de cada suelo (Torres, Cruz y Villegas, 2004). Sin embargo, mientras se obtienen los valores reales de la LARA en los sitios de cultivo, se puede iniciar el balance hídrico utilizando los valores estimados por Cenicaña con base en los estudios detallados de los suelos realizados en el valle del río Cauca, con la advertencia de que se deben ajustar dichos valores mediante las determinaciones de campo (ver tabla de referencia de LARA en la página 8 siguiente).

En cuanto a la precipitación, a fin de garantizar que el registro sea confiable para cada una de las suertes, se debe contar con el número adecuado de pluviómetros distribuidos de forma correcta según el área, así: Uno a dos pluviómetros en áreas hasta de 50 ha; tres pluviómetros en áreas entre 51-100 ha; cuatro pluviómetros en áreas entre 101-200 ha; cinco pluviómetros en áreas entre 201-300 ha; en áreas >300 ha se deben instalar cinco pluviómetros por las primeras 300 ha y sumar uno por cada 100 ha adicionales.

Los registros de la evaporación se pueden obtener mediante consultas al boletín de la Red Meteorológica Automatizada (RMA) que se actualiza a diario en el sitio web de Cenicaña. Para la consulta debe identificar la estación meteorológica de influencia en la suerte de interés.

Identifique la estación meteorológica de la RMA de influencia en su finca y revise a diario los datos de evaporación

El tanque Cenirrómetro se calibra para suelos de texturas liviana, mediana o pesada.



EVC1: Altura desde el orificio vertedero hasta la marca de referencia para el riego en cañas entre 2 y 4 meses.

EVC2: Altura desde el orificio vertedero hasta la marca de referencia para el riego en cañas entre 4 y 10 meses.

A: Orificio vertedero.

B: Marca de control para cañas entre 4 y 10 meses.

C: Marca de control para cañas entre 2 y 4 meses.



El software BH v.3.0 se puede descargar del sitio web de Cenicaña

www.cenicana.org/investigacion/agronomia/manejo_aguas.php

Además se puede adquirir en las oficinas de Cenicaña en Cali y en la Estación Experimental

Consulte la Serie Técnica No.33

www.cenicana.org/publicaciones/index.php



Instale sus propios pluviómetros y registre la precipitación diaria

Solicite su clave de usuario del sitio web de Cenicaña, ingrese al Servidor de Mapas, seleccione Ingenio-Hacienda y consulte los mapas temáticos de "Climatología" www.cenicana.org/aeps/index.php

Todos los días revise los datos de evaporación en el boletín de la RMA www.cenicana.org/clima/_boletin_meteoro_diario.php

Tabla de referencia de la lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA) estimada según la edad del cultivo para los 71 suelos más representativos del valle del río Cauca (142,947 ha) con base en estudios detallados de suelos*

Suelo	LARA (mm)		Suelo	LARA (mm)		Suelo	LARA (mm)	
	2-4 meses	4-10 meses		2-4 meses	4-10 meses		2-4 meses	4-10 meses
Argelia	50	60	Franciscano	49	64	Palmira	50	70
Arroyo	49	76	Galpón	54	71	Palmirita	50	70
Asombro	50	74	Guabito	56	64	Palmito	61	72
Ballesteros	58	72	Guadual	51	71	Piedras	51	71
Burriá	56	78	Guayabo	69	84	Pindo	58	80
Cachimbalito	59	78	Inés	65	89	Potoco	76	109
Caloto	52	75	Isabela	58	75	Potrerrillo	52	80
Canaima	69	79	Jamundí	64	91	Puente Esclavos	53	82
Cantarina	58	80	Japiogrande	67	86	Quinamayó	49	80
Cañas	55	72	Jordán	49	88	Río de Janeiro	50	66
Castillo	52	71	Juanchito	54	67	Río Teta	52	74
Catorce	52	81	La Luisa	65	75	Rita	56	72
Ceibal	50	74	La Suiza	53	72	Samán	47	87
Chontaduro	55	72	Loma	45	70	San Nicolás	58	79
Ciénaga Honda	54	71	Lomitas	48	62	Sillero	65	90
Corintias	55	79	Machín	55	73	Taula	69	94
Corinto	56	79	Manuelita	55	75	Tifton	50	66
Corozo	62	81	Margarita	56	78	Timba	54	73
Cuprecia	51	91	Mico Armel	51	72	Tortugas	52	84
Delicias	57	75	Naranjos	49	68	Troja	51	74
Desbaratado	50	86	Nima	45	60	Victoria	54	69
Egipto	65	78	Nuevo Pichichí	41	62	Vista Hermosa	67	85
Escocia	58	79	Palmeras	53	76	Zanjón Cochinito	61	84
Esneida	50	70	Palmiche	54	72			

* Los datos que aparecen en esta tabla son una referencia de la LARA en cada suelo y pueden ser utilizados para iniciar el balance hídrico. No obstante, la recomendación de Cenicaña es que cada agricultor haga las determinaciones de campo directamente en su predio para obtener la LARA de cada consociación de suelo.



El aforador RBC es una estructura precisa, fácil de construir y de costo relativamente bajo

Aforador RBC para la medición del agua de riego

El aforador RBC corresponde a un vertedero de cresta larga, con rampa en la entrada para facilitar el flujo de sedimentos con el agua, que deriva su nombre de la primera letra del apellido de los investigadores que lo calibraron en laboratorio: John A. **R**eplogle, Marinus G. **B**os y Albert J. **C**lemmens.

De acuerdo con las evaluaciones realizadas por Cenicaña (Torres y Cruz, 1993), el aforador RBC presenta ventajas con respecto a otras estructuras de aforo en cuanto a la facilidad de instalación, la economía de costos en la construcción y la precisión en los caudales medidos (entre 0.002-3.0 m³/s). En canales secundarios de 200-600 L/s el costo del aforador RBC puede ser el 20% del costo de otros aforadores como las canaletas sin cuello o la Parshall, y en canales primarios (>600 L/s) el costo del RBC representa entre 40-50% del costo de otros aforadores.

Cenicaña tiene disponibles los planos de diseño de una canaleta RBC portátil para medir el agua directamente en los surcos, la cual debe ser utilizada en cada frente de riego. Además presta el servicio de diseño y calibración de aforadores RBC para ser construidos en canales secundarios o primarios.

A partir del 2010 las autoridades ambientales exigen la medición del agua con registro continuo, para lo cual se está desarrollando un equipo electrónico que pueda ser utilizado para el efecto y con un costo significativamente inferior al que tienen los equipos disponibles actualmente en el mercado; con este criterio se están evaluando en campo seis equipos diseñados con base en tres tipos de sensores: ultrasonido, resistivo y de presión (dos equipos por cada tipo de sensor).



Canaleta RBC portátil

Control administrativo del riego asistido por computador

El control administrativo del riego es una metodología que permite obtener información acerca del volumen de agua utilizado en el riego, la eficiencia de aplicación, el rendimiento de la operación, la eficiencia administrativa y los demás parámetros de ejecución del riego, a partir de la cual se pueden tomar medidas correctivas sobre la marcha e implementar programas de adecuación, construcción de obras hidráulicas, desarrollo de aguas y capacitación del personal involucrado en la labor.

Para el registro de los datos que se obtienen directamente en los frentes de riego y el cálculo de los indicadores de gestión se cuenta con una hoja electrónica (Microsoft® Office Excel) disponible para los cultivadores donantes de Cenicaña.

Con el control administrativo del riego se han logrado ahorros de agua entre 200-300 m³/ha por cada evento de riego, lo cual representa 800-1200 m³/ha por año. Al adoptar esta metodología en 120 mil hectáreas se podría ahorrar como mínimo 96 millones de m³ de agua al año.

La hoja de cálculo para el Control Administrativo del Riego se puede descargar del sitio web de Cenicaña

www.cenicana.org/investigacion/agronomia/manejo_aguas.php

También se puede solicitar al correo <admin_web@cenicana.org>

Bibliografía de referencia

Gestión de calidad del riego en caña de azúcar (Cruz, Besosa y Gómez, 1997)

Control administrativo del riego asistido por computador (Cruz, 2000)

Control Administrativo del Riego

Información de campo e indicadores de gestión incluidos en la hoja de cálculo

Datos básicos de la suerte

- Hacienda, suerte y fecha de riego
- Textura del suelo: Arcillosa___ Franca___ Arenosa___
- Ciclo de cultivo: Plantilla___ Soca___
- Aplicación del agua: Surco continuo___ Alterno___
- Encalle: 4x1___ 2x1___
- Longitud del surco (m): ___
- Espaciamiento entre surcos (m): ___

Registros durante la labor de riego

- Hora en que llega el regador (hh:mm): ___
- Hora en que sale el regador (hh:mm): ___
- Hora en que llega el agua (hh:mm): ___
- Caudal por surco (L/s): ___
- Caudal por regador (L/s): ___
- Tiempo de avance del agua en el surco (hh:mm): ___
- Número de surcos regados por jornada (No.): ___
- Lámina de riego requerida (mm): ___
- Tiempo total de suspensión del agua (hh:mm): ___

Variables de control

- Volumen de agua aplicado (m³/ha): ___
- Eficiencia de aplicación (%): ___
- Área regada por jornal (ha/jornal): ___
- Sincronización del agua (hh:mm): ___
- Eficiencia administrativa (%): ___

Aspectos que requieren verificación

- Cómo es el estado de humedad del suelo hasta 50 cm de profundidad: Seco___ Agrietado___
- Cuál es el estado de la pendiente en la dirección del surco: Adecuado___ Inadecuado___
- Cuál es la condición de las calles o entresurcos (dibujar sección hidráulica): Uniforme___ Desuniforme___
- En la parte media de la sección hidráulica:
 - Cuál es la profundidad (cm): ___
 - Presenta obstáculos del flujo: Si___ No___
 - La pendiente del fondo es uniforme: Si___ No___

Riego por surco alterno

El riego por surco alterno consiste en colocar el agua surco de por medio, sin que para ello sea necesario hacer inversiones o cambios en la infraestructura de campo, pues las condiciones son prácticamente iguales a las indicadas para regar por surco continuo: nivelación adecuada, suelos de textura fina a moderada, conformación de los entresurcos y entresurcos libres de obstáculos; sólo se requiere aumentar un poco (25%) el caudal por surco.

El surco alterno se recomienda para riegos de levantamiento en plantilla y las socas con encalle al 5x1. Para los riegos de germinación o acompañamiento de la fertilización se recomienda hacer las aplicaciones por surco continuo o preferiblemente por aspersión, con el fin de aplicar láminas de agua controladas que no superen los 40 mm por riego.

Con base en los resultados de 22 experimentos realizados de forma cooperativa entre Cenicaña y varios ingenios durante siete años continuos (1988 a 1994, incluidos los años 1991 y 1992 que fueron extremadamente secos debido al fenómeno de El Niño) se comprobó que al regar por surco alterno las producciones de caña y azúcar son equivalentes a las obtenidas con el sistema de surco continuo, con un ahorro de agua entre 25-50%, es decir, unos 500 m³/ha por riego ó 2000-2500 m³/ha por año, y se aumentó la eficiencia de los regadores entre 20-60% al pasar de 1.2 ha/jornal a 1.7 ha/jornal (Torres, Cruz y Villegas, 1997). Así, con un precio del metro cúbico de agua de \$70, costo promedio para agua superficial y subterránea, el ahorro por hectárea sería de \$140 mil. En el área potencial que corresponde a cultivos de primer corte o plantillas, estimada en 35 mil hectáreas, el ahorro de agua puede alcanzar los 70 millones de m³/año, un valor estimado de 4900 millones de \$/año.



Surco alterno en plantilla y en socas con residuos picados



Surco alterno en socas con residuos encallados al 5x1

Surco alterno modificado por el encalle

En las socas, el riego por surcos se debe adaptar al esquema seguido para el manejo de los residuos bien sea en caña quemada o en caña verde. En los campos quemados antes de la cosecha el encalle más común es al 4x1, de modo que el agua se puede colocar en dos calles de las cuatro calles sin residuos; esta forma de aplicación se constituye en una opción económica de ahorro de agua, puesto que el número de surcos que conducen agua es el 40% del total de surcos y por tanto el ahorro potencial de agua es del 60%. En campos cosechados en verde, donde el encalle normal es al 2x1, el riego se puede realizar colocando el agua en una de las dos calles o entresurcos sin residuos (riego al "1x2"), una opción económica debido a que el número de surcos que transportan agua es el 33% del total de surcos, lo cual se traduce en un ahorro potencial de agua del 67%.



▲ Encalle al 4x1

▼ Encalle al 2x1



Tuberías con compuertas para el riego por surcos

Con el uso de politubulares o tuberías de PVC con compuertas es posible reducir el consumo de agua entre 400-600 m³/ha, incrementar el rendimiento de los regadores, recuperar áreas para el cultivo al eliminar las acequias de riego con lo cual se facilita además el desplazamiento de los equipos de cosecha y cultivo, preservar el recurso hídrico superficial y subterráneo e incrementar la producción, entre otros beneficios.

Las evaluaciones de los politubulares como reemplazo de las acequias de riego se iniciaron en 1990, cuando en el Ingenio Central Castilla y con la cooperación de Cenicaña se logró un ahorro de agua de 400 m³/ha por cada riego, con un incremento del rendimiento de los regadores del 21% (Benítez, 1994). Posteriormente, en 1997 el Ingenio Manuelita realizó otra evaluación y obtuvo un ahorro de agua de 600 m³/ha y un incremento en el rendimiento de los regadores del 47% (Rebolledo, 1997). Con el uso de politubulares se puede incorporar una franja de terreno de 150 m² por cada hectárea, de modo que si la producción es de 120 t/ha y el rendimiento es de 11.5% se podría obtener una producción extra de 1.8 toneladas de caña y 207 kg de azúcar.

En 1994 se inició el uso de tubería de PVC con compuertas con resultados muy positivos, puesto que el rendimiento de un regador en una jornada de 12 horas puede pasar de 2 ha/día a 5 ha/día y el ahorro de agua llega a superar los 600 m³/ha debido a la conducción por tubería y la disminución del consumo de agua por efecto de la mayor área regada por día (Cruz *et. al.*, 2003b).

De acuerdo con lo anterior, al tomar como base el ahorro mínimo de agua de 400 m³/ha por cada evento de riego, en un año el ahorro es de 1600-2000 m³/ha (176 mil \$/ha por año, con un precio del agua de 110 \$/m³ mediante conexión directa a pozo profundo). Con respecto a la mano de obra el ahorro es de 0.38 jornales/ha por riego, que en un año equivale a 1.5 jornales/ha. Por tanto, en una área potencial de adopción estimada en 50 mil hectáreas, el uso de tubería con compuertas puede significar un ahorro de agua de 80 millones de m³/año (8800 millones \$/año).



Con el uso de politubulares o tuberías de PVC con compuertas se pueden ahorrar entre 400-600 m³ de agua por hectárea



Ochenta millones de metros cúbicos de agua por año es el volumen mínimo de ahorro por usar tubería con compuertas en 50 mil hectáreas

Riego por pulsos

El riego por pulsos se define como la aplicación intermitente de agua a los surcos y es un sistema de gran potencial para mejorar la eficiencia de aplicación del riego por surcos.

Cenicaña y el Ingenio Manuelita realizaron, con cofinanciación de Colciencias, evaluaciones hidráulicas y administrativas del riego por pulsos en surco alterno en la zona más seca del ingenio, con el fin de comparar esta tecnología con el riego con caudal continuo (Cruz *et al.*, 2003a). De acuerdo con los resultados, en el riego por pulsos se utilizaron volúmenes de agua menores en 29% con respecto al caudal continuo y el área regada aumentó en 50%, de modo que los costos de riego disminuyeron en 35% al aplicar el riego por pulsos.

En el Ingenio Providencia, donde se hizo un seguimiento comercial del riego por pulsos, se logró un ahorro de agua de 22% y un aumento de 46% en el rendimiento de los regadores.

Así, al tomar como base un ahorro mínimo de agua de 240 m³/ha por cada evento de riego, es posible ahorrar en un año 960 m³/ha (106 mil \$/ha por año, con un precio del agua de 110 \$/m³).

Además, el ahorro en mano de obra es de 0.06 jornales/ha por riego, o sea que en un año el ahorro es de 0.24 jornales/ha.

En un área potencial de adopción estimada de 10 mil hectáreas, el ahorro de agua sería de 9.6 millones de m³/año, equivalentes a \$1000 millones/año.

Riego con caudal reducido

El riego con caudal reducido consiste en la aplicación permanente de agua en pequeños caudales en la cabecera de los surcos (0.1-0.3 L/s), aprovechando la cabeza hidráulica que provee la pendiente del terreno para su funcionamiento.

Este sistema de riego se convierte en una opción para aprovechar los bajos caudales de las fuentes de agua disponibles para la agricultura en el piedemonte, donde hay pendientes mayores del 1%, suelos poco profundos, alto contenido de piedra, baja capacidad de almacenamiento de agua y alto riesgo de erosión. El agua se conduce y se aplica a los lotes mediante tuberías, sin pérdidas de agua, con lo cual se consiguen eficiencias de riego altas.

Los resultados de la experimentación son positivos y el sistema se muestra como promisorio en predios con poca disponibilidad de agua para riego (Campos, Cruz y Torres, 2009).

En socas con encalle al 2x1, el riego con caudal reducido colocando el agua en una de las dos calles sin residuos (riego al 1x2) de manera alterna en el tiempo ha permitido obtener ahorros de agua hasta del 47% con relación al riego por surcos convencional al 2x1, con producciones de caña por hectárea similares.

La tecnología de caudal reducido tiene un costo de inversión de aproximadamente \$1,400,000/ha, incluido el valor del diseño y la dirección de la obra, los materiales y los jornales para la instalación.

Referencias bibliográficas

- Benítez C., E. 1994. Evaluación hidráulica y económica de politubulares con orificios para riego por surcos en caña de azúcar. Tesis, Ingeniero Agrícola, Universidad del Valle-Universidad Nacional, sede Palmira.
- Campos R., A.; Cruz B., D.M.; Torres, J.S. 2009. Riego con caudal reducido. p.280-288 En: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali, Colombia. 16-18 sept., 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia.
- Cruz V., R.; Álvarez L.; Prada, M.A.; Sluga L. 2003a. El riego por pulsos: un paso más hacia la reducción de los costos de riego en caña de azúcar. p.134-142 En: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 6. Memorias. Cali, Colombia. 24-26 sept., 2003. Tecnicaña, Cali, Colombia.
- Cruz V., R.; Posada C., C.; Lemos, R.D.; Valdés, A. 2003b. Comparación entre politubulares y tuberías de PVC con compuertas para riego por surcos. p.122-133. En: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 6. Memorias. Cali, Colombia. 24-26 sept., 2003. Tecnicaña, Cali, Colombia.
- Cruz V., R.; Torres, J.S. 2003. Manejo del riego en campos con residuos de la cosecha. Cenicaña, Cali, Colombia. 8p. (Serie Divulgativa, No.08)
- Cruz V., R. 2000. Control administrativo del riego asistido por computador. Carta Trimestral, v.22, 4 (octubre-noviembre):7-9
- Cruz V., R.; Besosa T., R.; Gómez P, J.F. 1997. Gestión de calidad del riego en caña de azúcar. v.1., p.217-228. En: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 4. Memorias. Cali, Colombia. 24-26 sept., 1997. Tecnicaña, Cali, Colombia.
- Rebolledo R., J.P. 1997. Evaluación operativa del riego con politubulares. v.1, p.229-242. En: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 4. Memorias. Cali, Colombia. 24-26 sept., 1997. Tecnicaña, Cali, Colombia.
- Torres, J.S.; Cruz V., R. y Villegas T., F. 2004. Avances técnicos para la programación y el manejo del riego en caña de azúcar. 2a. ed. Cenicaña, Cali, Colombia. 66p. (Serie Técnica, No.33)
- Torres, J.S.; Cruz V., R.; Villegas T., F. 1997. Riego por surco alterno en caña de azúcar. v.1, p.191-199. En: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 4. Memorias. Cali, Colombia. 24-26 sept., 1997. Tecnicaña, Cali, Colombia.
- Torres, J.S.; Cruz V., R. 1995. El Cenirrómetro. 2a. ed. Cenicaña, Cali, Colombia. 4p. (Serie Divulgativa, No.03)
- Torres, J.S.; Cruz V., R. 1993. El aforador RBC: una estructura sencilla para canales de riego. Cenicaña, Cali, Colombia. 4p. (Serie Divulgativa, No.04)



Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia - Cenicaña
Agroindustria unida en la investigación y el desarrollo

Cenicaña es una institución privada de carácter científico y tecnológico, sin ánimo de lucro, fundada en 1977 por iniciativa de la agroindustria azucarera localizada en el valle del río Cauca. Su misión es contribuir por medio de la investigación, evaluación y divulgación de tecnología y el suministro de servicios especializados al desarrollo de un sector eficiente y competitivo, de manera que éste juegue un papel importante en el mejoramiento socioeconómico y en la conservación de un ambiente productivo, agradable y sano en las zonas azucareras.

Las actividades de investigación y desarrollo son financiadas por los ingenios azucareros y los cultivadores de caña a través de donaciones directas definidas cada año como un porcentaje del valor de la producción de azúcar.

Las áreas de investigación se enmarcan en tres programas: Variedades, Agronomía y Procesos de Fábrica. Los servicios de apoyo son: Información y documentación, Economía y Estadística, Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología y Tecnología Informática. El Centro Experimental está ubicado a 3°13' latitud norte, a 1024 metros de altura sobre el nivel del mar. En este sitio la temperatura media anual es de 23.5 °C, la precipitación de 1160 mm y la humedad relativa de 77%.

La **Carta Trimestral** es una publicación periódica, editada por Cenicaña con el propósito de difundir información y conocimientos científicos y tecnológicos relacionados con el desarrollo de la agroindustria azucarera colombiana. Ofrece documentación resumida sobre los resultados generados por el centro de investigación y las experiencias de ingenios y cañicultores con las nuevas tecnologías, al tiempo que provee las referencias bibliográficas complementarias sobre cada tema. El primer volumen fue editado en 1978, y los cambios más significativos de diseño y concepto editorial se dieron en 1997 cuando la versión impresa comenzó a publicarse también en Internet.

Título: Tecnologías de riego para el uso eficiente y sostenible del agua en el sector cañicultor

Autor: José Ricardo Cruz Valderrama

Publicado en: Carta Trimestral. Cenicaña, 2010. v.32, nos. 1 y 2. p.5-12

© Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, 2010.

Centro Experimental: vía Cali-Florida, km 26
Tel: (57) (2) 6876611 – Fax: (57) (2) 2607853w
Oficina de enlace: Calle 58 norte no.3BN-110
Apartado aéreo: 9138
Cali, Valle del Cauca – Colombia

www.cenicana.org
buzon@cenicana.org