

## **SERVICIO INTEGRAL DE EXPLOTACIÓN DE RIEGO Y DRENAJE**

**Carlos Lamelas Felipe, Carlos Vázquez Acuña, Jesús Fonseca Arteaga, Reynaldo Roque Rodés, Arnaldo Gutiérrez Morales y Manuel Luciano Vidal Díaz**

*Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Cuba*

### **Resumen**

La agricultura de regadío es hoy cuestionada en el mundo por tres grandes interrogantes: la baja productividad agrícola y la baja eficiencia en el uso del agua y económica. La instrumentación de un servicio relacionado con la explotación de los sistemas de riego y drenaje para la caña es el principal objetivo de trabajo mediante la elaboración de los proyectos agronómicos para las áreas con nuevas inversiones; el monitoreo de los mismos por intermedio de un sistema automatizado denominado "INFORIED" y la aplicación del "SIERIED", ha permitido recomendaciones con relación a la zonificación de los requerimientos hídricos, las técnicas de riego y drenaje y la planificación, supervisión y ejecución de la operación en 12 Empresas cañeras del país, correspondientes a 10 provincias en un área de 21 444.7 ha, lo cual representa un 26 % del área potencial con riego en estos lugares. Un último resultado se relaciona con la recomendación de las tecnologías de riego en 11 954.5 ha correspondiente a 40 empresas para una inversión de 12 817 100 USD en el año 2011. El monitoreo de áreas con más de 20 cosechas hasta el año 2009 para sistemas de riego localizado indicó rendimientos agrícolas que fluctuaron entre 105 y 129 t/ha, incrementos con respecto al secano entre 33 y 40 t/ha, valores de producción adicional entre 1320 y 1600 USD/ha, efecto económico del riego entre 686 y 866 \$/ha, tiempo de recuperación de la inversión de 2.8 y 3.6 años y relaciones B/C entre 1.15 y 1.20. Para sistemas de riego mecanizados los rendimientos agrícolas fueron de 103 t/ha, incrementos con relación al secano de 27 t/ha, valores de la producción adicional de 1080 USD/ha, efecto económico del riego de 885 USD/ha, tiempo de recuperación de la inversión de 4.2 años y relación B/C de 1.10. Resultados similares han sido obtenidos con relación al monitoreo en áreas con nuevas inversiones en la última etapa correspondiente al año 2010.

### **Introducción**

El riego y el drenaje resultan determinantes en la obtención de los objetivos propuestos. En la actualidad existen importantes disponibilidades de agua, que permiten regar más del 35 % del área cañera, en estos momentos se tienen sistemas de riego y drenaje que funcionan una parte de ellos y otros que requieren su transformación, complementación, reconstrucción o mantenimiento, además de contarse con una importante experiencia acumulada y personal capacitado.

El INICA tiene posibilidades de organizar un Servicio de Explotación del Riego y el Drenaje, lo cual ha sido solicitado por la Dirección del Ministerio del Azúcar, el mismo está encaminado a resolver **el problema relacionado con la falta de organización en la explotación de los sistemas de riego y drenaje de la caña de azúcar**, motivado por tres causas fundamentales **la improductividad agrícola, la baja eficiencia en el uso del agua y la baja eficiencia económica**. El presente trabajo tiene como objetivo principal exponer los principales elementos metodológicos para aplicar este servicio, así como los resultados obtenidos con la introducción del mismo.

### **Materiales y métodos**

El servicio se basa en la instrumentación de un sistema que aporte a las unidades productoras los principios metodológicos básicos para la zonificación de los requerimientos hídricos y la regionalización más adecuada de las tecnologías de riego y drenaje. Incluye las recomendaciones de procedimientos y tecnologías de riego y drenaje u otras complementarias, el diagnóstico de la actividad a nivel de empresas y unidades de producción, y la asesoría a la operación de los sistemas. El mismo contribuye a tomar decisiones con los técnicos de las empresas y los especialistas de las estaciones territoriales del INICA para el manejo eficiente del riego y el drenaje en el marco de una agrotécnica de calidad, así como a la disminución o eliminación de los impactos ambientales negativos derivados del uso inadecuado del agua y la implementación de medidas para la lucha contra la sequía.

El sistema automatizado SIERIED utiliza los datos provenientes de la interfase única proveniente de los servicios científicos – técnicos que el INICA desarrolla también la introducción directa al sistema de los datos relacionados con los factores edafológicos, topográficos, hidrogeológicos y climáticos de la zona. Posee un grupo de opciones principales que permiten importar los datos necesarios para el funcionamiento del sistema. Los reportes o salidas se identifican de forma directa en cada bloque cañero, con la norma parcial neta a aplicar, la cantidad de riegos, su distribución por meses para cada una de las cepas, así como las tecnologías de riego y drenaje recomendadas.

Como parte de garantizar la agrotécnica general al cultivo de la caña de azúcar y así respaldar las inversiones de riego y drenaje, se conciben los proyectos agronómicos, los cuales tienen como herramienta para su instrumentación el programa INFORIED. Los proyectos agronómicos se elaborarán una vez y el sistema INFORIED se encargará de monitorear y chequear la ejecución y calidad de la agrotécnica al cultivo, como parte de ello se han seccionado áreas de referencias en las cuales se han hecho determinaciones del efecto económico del riego. El sistema automatizado INFORIED se utiliza para el monitoreo de la agrotécnica de la caña de la caña de azúcar; como continuidad de lo planificado en los proyectos agronómicos, se incluye la preparación de suelos, la siembra, cultivo, aplicación de herbicidas, limpia manual, fertilización, riego y cosecha. Luego de la evaluación de la calidad de las labores por el especialista, el reporte o salida se identifica con un resumen sobre la calidad de las labores, sus costos y otros elementos de tipo técnico.

## **Resultados y discusión**

El servicio zonificó los requerimientos hídricos de la caña en algunas empresas, considerando los criterios aportados por Del Rosario y colaboradores (1994), Lamelas y colaboradores (2001), Lamelas y colaboradores (2003) y posteriormente Lamelas (2004). Hernández (2005), Lamelas y colaboradores (2005)

Por su parte también este servicio regionalizó las técnicas de riego y drenaje dado los antecedentes aportados por Del Rosario y colaboradores (1994), los cuales indicaron un procedimiento que permite mejorar la efectividad de las técnicas de riego que se usan en la caña de azúcar por concepto de una adecuada ubicación. En resumen se pueden seleccionar las técnicas que presentan características comunes con la zona estudiada y elegirse entre ellas las que mayor efecto económico brinde.

Lamelas (1994), a partir de un grupo de resultados obtenidos en diferentes condiciones edafoclimáticas y técnicas de riego, aportó algunos índices económicos, incluyendo el efecto económico; años después Lamelas (2000), a partir de lo expuesto por Del Rosario y colaboradores (1994), actualizó la guía de trabajo.

Esta metódica de trabajo fue desarrollada también por Lamelas y colaboradores (2003), Hernández (2005) y INICA (2006), en varias empresas del país.

Por su parte Méndez (1985), divulgó por primera vez una metodología de trabajo para caracterizar y categorizar los problemas de drenaje, similar trabajo desarrolló Del Rosario (1989) en específico en el cultivo de la caña de azúcar

Del Rosario y colaboradores (1993), caracterizaron y categorizaron los problemas de drenaje, Del Rosario y colaboradores (1994), Lamelas y colaboradores (2003), Hernández (2005) y INICA (2006)

La concepción de las recomendaciones de las tecnologías para la solución del drenaje superficial también está sustentada en los instructivos técnicos elaborados por Fonseca y colaboradores (1988) y Berencén y Fonseca (1996) con relación a la actividad de proyección y construcción del drenaje parcelario en las áreas cañeras de Cuba

El monitoreo del riego en estas áreas garantiza las nuevas inversiones por intermedio de la elaboración de los proyectos agronómicos, fundamentalmente con el control de los rendimientos agrícolas y los costos de operación por concepto de riego. Esta proyección de trabajo da respuesta precisamente a las tres causas del problema existente, la no eficiencia en el uso del agua y económica, esta última originada por la improductividad agrícola.

Zonificación de los requerimientos de agua de la caña de azúcar

1. Los resultados determinados de los requerimientos de agua de la caña de azúcar, permiten agruparlos en tres zonas bien definidas. **La zona occidental** correspondiente a las áreas cañeras de la Empresas 30 de Noviembre, Héctor Molina, Abraham Lincoln y Jesús Rabí.
2. **La zona central -oriental**, correspondiente a las áreas cañeras de la Empresas Carlos Baliño, Peruco Figueredo y 1 de Enero.
3. **La zona oriental** relacionada con las áreas cañeras de la Empresas Brasil, Amancio Rodríguez, Julio A. Mella, Argeo Martínez y Urbano Noris.

Zonificación de las tecnologías de riego y drenaje

4. **El método de riego por aspersión** debe ser regionalizado en la Ilanura Habana, Matanzas y Ciego de Ávila; en la que tienen prioridad la empresas Jesús Rabí y 1 de Enero, en que predominan los suelos del tipo Ferralitzados Cálcicos, las técnica con máquinas de riego deben tener prioridad en las áreas con agua subterránea, adecuada conformación geométrica y posibilidades de electrificación, en aquellos lugares con estos tipos de suelos; fundamentalmente en Matanzas y Ciego de Ávila, las áreas que no reúnan las condiciones puede valorarse el uso dentro del método por aspersión por la técnica con carretes; esta técnica también puede ser utilizada en suelos con limitaciones topográficas (Sialitzados Cálcicos, Fersialitzados Cálcicos); su uso priorizado debe ser dirigido a las áreas de semilla, en las que se incluye las tres fases de la cadena productiva.
5. Con relación **al método de riego por gravedad** y la técnica por surcos, su ubicación debe ir dirigida hacia los suelos Vertisuelos, Gleyzados Sialitzados y Gleyzados Ferralitzados; priorizando las áreas de riego por derivación y tratando de lograr aumentar la eficiencia a nivel parcelario en las áreas de bombeo tanto de consumo eléctrico como diesel; los lugares a considerar son el Sur de La Habana (Héctor Molina), la Costa Norte de Villa Clara

(Perucho Figueredo), Laguna Blanca en Santiago de Cuba (Julio A. Mella) y el macizo sur de Holguín y las Tunas, en que se encuentra Urbano Noris

6. Como un punto diferente debe ser tratado **el método de riego localizado**, con la técnica de cintas enterradas. Su uso se justifica cuando existen limitaciones graves con el agua, limitaciones para regar con otras técnicas, limitaciones de la fuente de abasto con relación al área, en cuanto a altura y distancia, limitaciones con fuerza de trabajo, así como en unidades de producción con mejores rendimientos y tecnología agrícola.
7. Con relación al drenaje las soluciones inmediatas deben ir dirigidas a resolver **el drenaje superficial** con soluciones de drenaje elemental (más barato) o de drenaje de tipo semi – ingeniero o ingeniero, en ambos casos con nivelación cuando las condiciones lo permitan. El caso más complicado se relaciona con los suelos de características verticales, ubicados en las zonas llanas, con velocidades de infiltración de lentas a muy lentas, con un elevado por ciento de arcilla en la parte subyacente del perfil, los cuales requieren de soluciones de **drenaje subsuperficial** debido al pobre drenaje interno, resultando estas tecnologías más costosas. Las soluciones de drenaje deben ir dirigidas fundamentalmente hacia las áreas proyectadas para regar por gravedad. y paulatinamente a todas las áreas cañeras del país. La figura 1 muestra un ejemplo de salida del sistema automatizado SIERIED el cual caracteriza y categoriza los problemas de drenaje, con la recomendación de la tecnología de drenaje adecuada.

The screenshot shows a software window titled "Recomendaciones de Drenaje". It displays a table of drainage recommendations for sugar cane fields (Empresa azucarera: 623 - Julio Antonio Mella, Provincia: Santiago de Cuba). The table includes columns for Block, Type of soil, NAS, NPA, IPC, Ksat, Arcilla, Vf, Salinidad, Pendiente, and three categories of drainage: Interno, Superficial, and Técnica. Below the table is a legend and a section titled "Técnicas de Drenaje" with numbered recommendations from 01 to 10.

| Recomendaciones de técnicas y categorías de drenaje                      |                    |     |     |      |      |         |     |           |            |                                       |
|--|--------------------|-----|-----|------|------|---------|-----|-----------|------------|---------------------------------------|
| Empresa azucarera: 623 - Julio Antonio Mella Provincia: Santiago de Cuba |                    |     |     |      |      |         |     |           |            |                                       |
| Unidad:  | 09 - Antonio Maceo |     |     |      |      |         |     |           |            |                                       |
| Blóqueo  | Tipo de suelo      | NAS | NPA | IPC  | Ksat | Arcilla | Vf  | Salinidad | Pendiente  | Categorías del drenaje                |
|  |                    |     |     |      |      |         |     |           |            | Interno      Superficial      Técnica |
| 00298  | Vertisuelo         | 2.1 | 10  | 14.3 | 0.10 | 70.1    | 3.0 | 0.15      | 0.3 a 0.5% | ID      ID      03,04                 |
| 00326  | Vertisuelo         | 2.1 | 10  | 14.3 | 0.10 | 70.1    | 3.0 | 0.15      | 0.3 a 0.5% | ID      ID      03,04                 |
| 00332  | Vertisuelo         | 2.1 | 10  | 14.3 | 0.10 | 70.1    | 3.0 | 0.15      | 0.3 a 0.5% | ID      ID      03,04                 |
| 00334  | Vertisuelo         | 2.1 | 10  | 14.3 | 0.10 | 70.1    | 3.0 | 0.15      | 0.3 a 0.5% | ID      ID      03,04                 |
| 00337  | Vertisuelo         | 2.1 | 10  | 14.3 | 0.10 | 70.1    | 3.0 | 0.15      | 0.3 a 0.5% | ID      ID      03,04                 |
| 00338  | Vertisuelo         | 2.1 | 10  | 14.3 | 0.10 | 70.1    | 3.0 | 0.15      | 0.3 a 0.5% | ID      ID      03,04                 |
| 00342  | Vertisuelo         | 2.1 | 10  | 14.3 | 0.10 | 70.1    | 3.0 | 0.15      | 0.3 a 0.5% | ID      ID      03,04                 |
| 00343  | Vertisuelo         | 2.1 | 10  | 14.3 | 0.10 | 70.1    | 3.0 | 0.15      | 0.3 a 0.5% | ID      ID      03,04                 |
| 00344  | Vertisuelo         | 2.1 | 10  | 14.3 | 0.10 | 70.1    | 3.0 | 0.15      | 0.3 a 0.5% | ID      ID      03,04                 |

**LEYENDA**

**Técnicas de Drenaje**

- 01 - No hay problemas de drenaje superficial.
- 02 - Aclarar soluciones de drenaje superficial en el siguiente orden de prioridad y en dependencia:

  - 1. Drenaje elemental, desague de las depresiones mediante bocanillas que descargan en la red de drenaje mayor.
  - 2. Drenaje horizontal sistemático.
  - 3. Drenaje sistemático horizontal con espaciamiento regular.
  - 4. Drenaje práctico de trazado irregular con bocanillas o bocanillas de boca profunda.
  - 5. Aplicar soluciones de drenaje superficial en el sistema de riego, en caso de agotamiento de los recursos disponibles.
  - 6. Drenaje horizontal sistemático de hasta 3.0 m de profundidad; aplicación del sistema de riego, arriado y riego en seco, ofertamiento práctico y otras medidas de mejoramiento superfiacial.
  - 06-Drenaje horizontal sistemático de 2.5 a 3.0 m de profundidad; sobredesvió de riego.
  - 06-Drenaje horizontal sistemático de hasta 3.0 m de profundidad.
  - 07-Drenaje horizontal sistemático de 2.5 a 3.0 m de profundidad; sobredesvió de riego y subsoladora profunda (hasta 0.8-1.0 m).
  - 07-Drenaje horizontal sistemático de hasta 3.0 m de profundidad; sobredesvió de riego y otras medidas de mejoramiento superfiacial.
  - 08-Drenaje horizontal sistemático de hasta 3.0 m de profundidad; aplicación del sistema de riego, arriado y riego en seco, ofertamiento práctico y otras medidas de mejoramiento superfiacial.
  - 09-Drenaje horizontal sistemático de 2.5 a 3.0 m de profundidad; sobredesvió de riego o lavados capitales; posibilidad de aplicar lavados de fondo de canal complementaria; medidas de reforzamiento del drenaje durante los lavados.

**Encabezamiento del reporte y categorías**

NAF - Nivel de acuífero (m)

NPA - Nivel de profundidad acuífero (m)

IPC - Intensidad de agua caída crítica (mm/h)

Ksat - Coeficiente hidráulico capa subyacente

Arcilla - Contenido de arcilla en la capa subyacente

Vf - Velocidad de infiltración

Salinidad - Salinidad del suelo (%)

IPC - Imperfectamente drenado

ID - Imperfectamente drenado

MD - Moderadamente drenado

BD - Bien drenado

ED - Excelentemente drenado

**Técnicas de Drenaje**

- 10 - Drenaje horizontal sistemático de hasta 1.2 m de profundidad; se aplica el sistema de riego con medida controlada.
- 11 - Drenaje combinado (Vertical + Horizontal)
- 12 - No hay problemas de drenaje interno
- SR - Sin Recomendaciones

Figura 1. Caracterización, categorización y recomendación de la tecnología de drenaje.

8. Con respecto a las inversiones del 2007 y 2008, de 169 proyectos agronómicos planificados a realizar se terminaron 169 para un 100 % de cumplimiento, todo como parte de una concepción de trabajo encaminada a respaldar con una buena agrotécnica las nuevas inversiones de riego y drenaje en el cultivo de la caña de azúcar. Similares acciones son emprendidas con relación a las inversiones de los años 2009 y 2010. Un ejemplo resumen es reflejado en la figura 2, este indica el monitoreo de la agrotécnica de la caña por intermedio del sistema automatizado denominado INFORIED

**ACTA DE MONITOREO AREAS DE RIEGO Y DRENAGE**

|   |   |
|---|---|
| Empresa azucarera: 623 - Julio Antonio Mella                              | Provincia: Santiago de Cuba   |
| Unidad: 01 - Jesus Menendez   | Municipio:  |
| Técnica de riego existente:<br>Estación de bombeo:<br>Área que beneficia: | Técnica de riego proyectada:<br>Gasto de la Estación:<br>Bloques que beneficia: |
| Fecha de plantación o corte:  | Producción estimada última cosecha:   |
| Rendimiento estimado última cosecha:                                      | Cepa:<br>Variedad:  |
| <b>Preparación de suelos</b>  |   |
| Calidad:  |   |
| Variedad recomendada:<br>Calidad de la semilla:                           | Siembra<br>Variedad plantada:<br>% de plantación:                               |
| Costo:<br>% brotación:  |   |
| Cultivo de descompactación:   |   |
| Cultivo<br>Calidad:   |   |
| <b>Aplicación de herbicida</b>  |   |
| Primera aplicación:<br>Segunda aplicación:<br>Tercera aplicación:         | Calidad:<br>Calidad:<br>Calidad:<br>Costo x ha:                                 |
| <b>Limpia manual</b>  |   |
| Primera limpia:<br>Segunda limpia:<br>Tercera limpia:                     | Calidad:<br>Calidad:<br>Calidad:<br>Costo x ha:                                 |
| <b>Fertilización</b>  |   |
| Dosis nitrogenada recomendada:<br>Dosis nitrogenada aplicada:             | Dosis potasio recomendada:<br>Dosis potasio aplicada:<br>Costo x ha:            |
| Riego   |   |

Figura 2. Resumen del monitoreo de la agrotécnica de la caña de azúcar en áreas con nuevas inversiones de riego y drenaje

9. Los indicadores técnicos- económicos reflejados sobre la planificación de la operación, dieron algunos elementos que se comentan a continuación: El costo de operación medio de las áreas de gravedad por derivación (98.8 \$/ha) vinculado a los requerimientos de agua por lugares fue menor que cuando lo fue por bombeo eléctrico (115.8 USD/ha). El costo de operación de los carretes o enrolladores (259 USD/ha) fue mayor que las máquinas de pivot (204 USD/ha), salvo alguna excepción puntual. De manera general el costo de inversión de las máquinas (1500 USD/ha) va a ser mayor que los carretes (1100 – 1200 USD/ha) y el costo de inversión de la gravedad es el más barato (900 – 1100 USD/ha). Por último el goteo justificable cuando cumple las premisas antes citadas tiene un costo de inversión alto (2500 – 2800 USD/ha) y costos de operación para un riego, más baratos (7.93 USD/ha).

#### Lotes Pilotos o áreas de referencia.

- De acuerdo con los resultados de los Lotes Pilotos, con la irrigación es posible duplicar los rendimientos que se obtienen en condiciones de secano; y aún con la inversión más cara en materia de riego, ésta se recupera en dos – tres cosechas. Las diferencias medias entre riego y secano han fluctuado entre 35 y 75 t/ha en dependencia de la técnica de riego y la zona del país, con una tendencia a aumentar hacia la parte más oriental.
- Los resultados obtenidos en la última etapa en los Lotes Pilotos respaldados con la elaboración de proyectos agronómicos con las máquinas de riego, indicaron incrementos de rendimiento con respecto a no regar entre 25 y 30 t/ha, tiempos de recuperación de la inversión entre 1.8 y 2 años y relaciones Beneficio/Costos de hasta dos unidades; lo que ratifica las ventajas del riego en el cultivo de la caña de azúcar

## Referencias

- Del Rosario, J (1989). Metodología para la caracterización del mal drenaje y salinidad. Información INICA. Riego y Drenaje
- Del Rosario, J; C. Aguilar y D. Delgado (1993). Caracterización del mal drenaje y la salinidad del CAI Batalla de Santa Clara. AGROMEC 93. La Habana. 131 pp.
- Hernández, I (2005). Reordenamiento de las tecnologías de riego y drenaje para el manejo eficiente del agua en el territorio cañero del Valle de Guantánamo. Tesis en opción al Grado de Doctor en Ciencias Agrícolas.
- Lamelas, C y Y. Viñas (2001). Regionalización de los requerimientos hídricos de la caña de azúcar en la empresa cañera "Antonio Finalet". Revista Cuba – Caña. P: 51 – 54
- Lamelas, C; C. Balmaceda y Y. Viñas (2003). Una proyección sobre la actividad de riego y drenaje en la Unidad Básica de Producción Cañera (UBPC) "Ciro Redondo". Cuba – Caña No 1. p: 15 -19
- Lamelas, C (2004). Planificación y manejo eficiente del riego en el CAI "Gregorio A. Mañalich". Resumen Tesis para optar por el Grado Master en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de La Habana. INICA. 63 pp.
- Lamelas, C (1994). Análisis económico sobre el uso de algunos sistemas de riego en el cultivo de la caña de azúcar en diferentes complejos agroindustriales. Resúmenes. Jornada Científica X Aniversario de la ECIRDCA
- Lamelas, C (2002). Planificación y operación de los sistemas de riego y drenaje y los recursos hídricos en el CAI Gregorio A. Mañalich. Resúmenes AGROMEC/2002
- Lamelas, C y S. Segrera (2005). Validación del Sistema Integral de Recomendaciones de Riego y Drenaje de la Caña de Azúcar (SIERIED) en la Empresa Héctor Molina. Forum Municipal Boyeros arch 61. 253 – 271.
- Lamelas, C, M. Ferrer Reyes y María T. Oviedo Serrate (2008). La eficiencia biológica y tecnológica en el uso del agua para el riego de la caña de azúcar. Cuba Caña. No 1. 2008. p: 55 – 59.
- Méndez, M (1985). Aspectos que se han de considerar para el estudio de las áreas agrícolas con problemas de mal drenaje, inundación, o ambos. Ciencia y Técnica de la Agricultura 8(1): 53 – 79.