

# NUEVO SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL INTEGRAL DE MALEZAS EN CAÑA DE AZÚCAR

*Juan Carlos Díaz,\* Yanet Rodríguez,\*  
Sixto Hernández,\*\* Juan B. Fuentes,\*  
Rafael Zuaznábar\* y Lorenzo Rodríguez\**

## RESUMEN

Se ha desarrollado sobre ambiente Windows e implementado en 7 ingenios de Cuba el sistema automatizado *PCMalezas* para contribuir al control integral de malezas en caña de azúcar. La base de conocimientos incluye extensa información sobre 32 principales especies de malezas (incluyendo imágenes a color de diferentes estadios), los herbicidas y tratamientos de éstos actualmente en uso, sus efectos en cada una de las anteriores especies y las condiciones de uso del cultivo, malezas y ambiente en que se recomiendan, información sobre costos y productividad de todas las labores de control químicas, mecanizadas, por tracción animal y manuales y especificaciones sobre boquillas.

El sistema experto para la toma de decisiones recomienda los mejores tratamientos inmediatos de herbicidas, de acuerdo con el número de especies reportadas que controlan, sus costos y las condiciones prevalecientes de cultivo, malezas y ambiente; las cantidades de cada producto que hay que echar en el tanque de la asperjadora, el orden de mezclado y agrega comentarios sobre susceptibilidad varietal.

También facilita elaborar un detallado plan anual de control integral (herbicidas, cultivo de desyerbe y

escarda manual) para cada finca y todo el ingenio. Para ello, después de introducir información por campos o grupos de campos uniformes sobre malezas predominantes, ciclos y tipo de cosecha, tipos de suelos, rendimientos estimados, programación de siembra o cosecha, así como de la disponibilidad de medios de aplicación, implementos de cultivo y fuerza de trabajo para la limpia manual por finca, permite una rápida y precisa selección de tratamientos y medios por campos o grupos de campos uniformes, compila las áreas, medios, insumos y fuerzas necesarias y al final presenta reportes anuales y por quincenas de áreas por cada tipo de labor de control, así como de las cantidades de herbicidas, medios de aplicación, implementos de cultivo y fuerza de trabajo necesarios y en déficit. Asimismo, brinda reportes por campos de sus características, incluyendo malezas predominantes, y su plan de labores.

**Palabras claves:** maleza, caña, automatizado, computadora.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas expertos, automatizados (basados en la computación) de toma de decisiones constituyen herramientas novedosas para los programas de manejo integral de malezas, con vistas a incrementar la eficiencia económica a la vez que minimizar el riesgo ambiental. Olsen y colaboradores (1994) describieron un proyecto interdisciplinario que se llevó a cabo en Dinamarca en el período

\* Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Ave. Van Troi. 17203, Boyeros. Ciudad de La Habana, C.P. 19210, Cuba. E-mail: jediaz@inica.edu.cu;

\*\* Ministerio del Azúcar, Dirección de Agronomía. E-mail: diragronomia@ocentral.minaz.cu.

1992-1997, para desarrollar un sistema de toma de decisiones para la producción de trigo de invierno que comprendía el control de malezas, plagas y enfermedades, la selección de variedades, la densidad de semilla, el momento de siembra, y la dosis y momento de aplicación de nitrógeno. Rydahl (1995) describió el sistema para la toma de decisiones denominando PC-Plant Protection, desarrollado en Dinamarca para cereales, el cual, de acuerdo con el estadio, rendimiento esperado y condición del cultivo en cuestión; tipo de suelo y especies predominantes de malezas y su densidad, recomienda los mejores herbicidas y dosis, con su costo, reportándose una reducción del consumo de herbicidas con su uso. Derksen y colaboradores (1996) describen un sistema de toma de decisiones para agricultores con sistemas de labranza conservacionista en el occidente de Canadá que brinda estrategias de manejo a largo plazo para evitar cambios adversos en la comunidad de malezas debido a la adopción de sistemas de labranza reducida. Pannell (2000) reporta que un sistema de toma de decisiones para el manejo integral de malezas en centeno, desarrollado en Australia (el RIM), incluye un amplio rango de opciones de tratamientos además de los herbicidas.

El Departamento de Agronomía del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) ha estado involucrado en la investigación y desarrollo sobre manejo de malezas durante más de 35 años. Durante los años recientes ha estado responsabilizado con la organización de cursos de capacitación para todo el personal dedicado a esta rama en todos los ingenios o complejos agroindustriales (CAI) y fincas o unidades cañeras del país.

En esta dirección, en 1995 emprendió un proyecto para desarrollar un sistema experto automatizado para ayudar a los productores y personal técnico involucrados en el manejo de malezas (Díaz y col., 1999; 2000). En la actualidad, *PCMalezas* es parte del servicio sobre control integral de malezas en caña de azúcar implementado en varios CAI y que se ofrece también a clientes interesados (nacionales y extranjeros), incluyendo su ajuste o personalización a las condiciones locales de flora de malezas, herbicidas, equipos, precios y prácticas fitotécnicas, así como el entrenamiento del personal local.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA

*PCMalezas* (versión 1.2) es un programa para la plataforma Windows 32 bits y exige para su funcionamiento una computadora IBM o compatible con microprocesador 486 o superior, 5 Mbytes de memoria RAM y 5 Mbytes de espacio disponible en disco duro. Adicionalmente, si el usuario desea tener la imagen de cada una de las 32 especies de malezas incluidas en la Base de Conocimientos, debe disponer, además, de 15 Mbytes en disco duro. Para mayor facilidad en el uso del sistema se recomienda un ratón (*mouse*) de 2 teclas, aunque no es imprescindible.

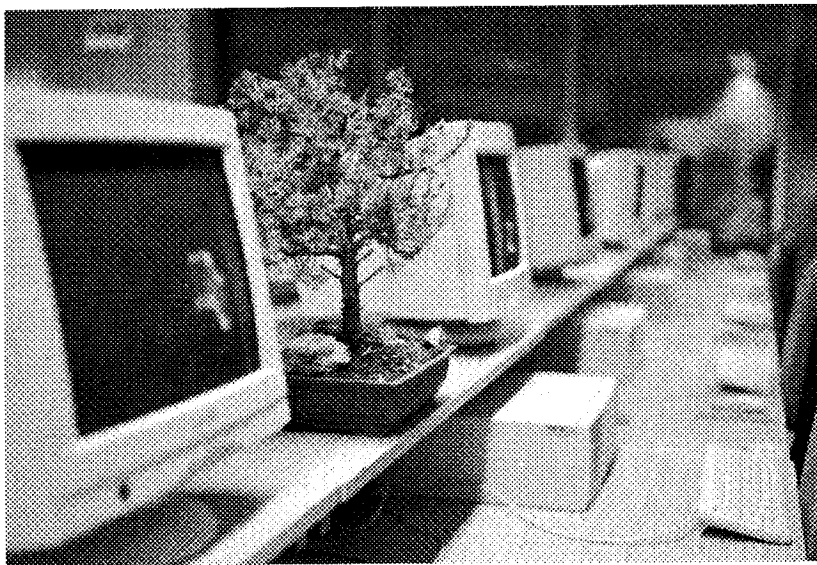
*PCMalezas* tiene un entorno amigable que permite la interacción del usuario con los datos de una forma rápida y funcional. Con el uso de los menús y la barra de herramientas se accede a todas las opciones del sistema, mientras que la barra de estado muestra, en cada instante, una breve descripción de la acción que se va a realizar. *PCMalezas* fue instalado en 1999 en 7 complejos agroindustriales de Cuba en diferentes provincias y sus respectivas estaciones experimentales cañeras. El lenguaje de programación utilizado fue Delphi 4.0 Client Server Suite y se usó el modelo relacional de datos para establecer la Base de Conocimientos de éste. El sistema está protegido por leyes de derecho de autor. Un icono de Ayuda en la barra de herramientas y un Manual de Usuario contribuyen a la comprensión y operación del sistema.

## RESULTADOS

*PCMalezas* se puede dividir en 3 partes fundamentales interrelacionadas:

### BASE DE CONOCIMIENTOS

Utiliza el conocimiento adquirido en control integral de malezas por medio de investigaciones, experiencias de producción y publicaciones nacionales e internacionales, traducido al lenguaje computacional.



car en Cuba, e incluye: los flujos (*L/min*) según marca, tipo, código, color y presión.

#### PRODUCTIVIDAD DE MEDIOS

Contiene la productividad de todos los medios de control de malezas (químico, mecanizado, por tracción animal y de escarda manual) en uso actual en caña de azúcar en Cuba.

#### COSTO DE LABORES

Incluye los costos en moneda nacional y en USD (ME) de todas las labores de control integral de malezas que se realizan en caña de azúcar en Cuba.

Ayuda a los siguientes sistemas expertos de toma de decisiones. Incluye:

#### PRINCIPALES ESPECIES DE MALEZAS

Contiene una descripción detallada de cada una de las 32 malezas principales en caña de azúcar en Cuba, entre ello: *nombre científico, nombre vulgar, descripción, sinonimia, origen y distribución, modos de propagación, hospedantes, usos y si es considerada "maleza problema"*, imágenes a color de las malezas.

#### PRINCIPALES PRODUCTOS HERBICIDAS

Contiene una descripción de los productos herbicidas en uso actual en caña de azúcar en Cuba e incluye: *nombre(s) comercial(es), nombre(s) químico(s), precio, formulaciones disponibles, propiedades físicas y químicas, usos y fitotoxicidad.*

#### PRINCIPALES TRATAMIENTOS HERBICIDAS

Contiene todos los tratamientos de herbicidas en uso actual en caña de azúcar en Cuba y de cada uno ofrece las dosis de cada producto que contiene, el tipo de tratamiento y el costo por hectárea, las condiciones en que se puede aplicar (diferentes categorías) y la acción sobre las malezas incluidas en la Base de Conocimientos ("controla", "inhibe" o "no controla").

#### PRINCIPALES BOQUILLAS

Ofrece la información de las boquillas (códigos y colores nuevos y viejos) en uso actual en caña de azú-

#### RECOMENDACIÓN INMEDIATA

La recomendación inmediata ofrece los mejores tratamientos herbicidas que se deben aplicar en un área, conociendo las malezas predominantes, el estado de éstas y del cultivo, el suelo y la posible colindancia con cultivos dicotiledóneos susceptibles. Los tratamientos recomendados se muestran ordenados, en primer lugar, por el grado de efectividad sobre las malezas reportadas en orden descendente ("controla", "inhibe" o "no controla") y, en segundo lugar, por su precio (USD/ha). Un icono al lado de cada especie permite ver su imagen. Opcionalmente, el sistema ofrece el orden de mezclado (según los tipos de formulaciones) y la cantidad de cada producto que se debe echar en el tanque de la máquina asperjadora, mochila o avión, en dependencia de su capacidad y la solución final o volumen calibrado (implícitos 800 L y 200 L/ha). Además, al seleccionar un tratamiento fitotóxico en su aplicación sobre determinadas variedades de caña, el sistema agrega un comentario. Se puede obtener un reporte impreso de la recomendación inmediata realizada.

#### CONFECCIÓN DEL PLAN ANUAL

*PCMalezas* ayuda a los productores a confeccionar, de forma precisa y rápida, su plan anual de control integral de malezas, adaptado a las condiciones de su área.

brinda las mejores opciones desde el punto de vista económico y de eficacia contra las malezas. Los pasos que se deben seguir son:

- ✓ Importación de la base de datos agrícola y completamiento de los datos de campo.
- ✓ Introducción de la encuesta de malezas.
- ✓ Introducción de la encuesta de medios.
- ✓ Confección del plan de labores.
- ✓ Obtener los reportes del plan anual.

#### ¿CÓMO PERSONALIZAR *PCMalezas*?

*PCMalezas* es un sistema automatizado destinado a ser usado por los complejos agroindustriales o ingenios (CAI) y sus unidades de producción o fincas. Con este fin después de su instalación y ejecución por vez primera, es necesario el proceso de personalización, para lo cual es necesario definir en el sistema los datos del CAI (nombre, código y provincia), el año en que se confecciona el plan anual (generalmente el año en curso) y los directorios del disco donde se guardarán los datos del plan anual y los reportes del sistema.

#### IMPORTAR LOS DATOS

Para la confección del plan anual *PCMalezas* utiliza información que importa de otros programas utilizados en el MINAZ para la organización y manejo de la información: la BDA y la AC. El proceso de importar los datos se puede realizar varias veces sin perder información, actualizando cada vez un grupo de variables. Si se importa un campo que no existía en la base de datos de *PCMalezas* el campo en cuestión se creará y si ya existía, se actualizará en las variables seleccionadas por el usuario.

#### ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS

Al trabajar con los datos se puede seleccionar los de una unidad, bloque o de todo el CAI a la vez.

#### ORDENAR LOS DATOS

Es posible ordenar los datos seleccionados de forma creciente por sus código de unidad, bloque y campo. Esto facilita el trabajo de organización, el completamiento de la información importada sobre los campos,

las encuestas de malezas y de medios y la confección del plan anual.

#### COMPLETAR LOS DATOS DE CAMPOS

Después de importar los datos de la BDA o AC es posible completar los datos faltantes, agregar campos nuevos e introducir nuevas variables, marcando sólo la primera letra (en cepa para la próxima campaña), y un número consecutivo (en quincena de siembra o corte), y revisar 2: si el campo es apto para la aplicación aérea (implícito Sí), y si tiene colindancia con cultivos dicotiledóneos (implícito No).

#### ENCUESTA DE MALEZAS

Recoge la información de la afectación de los campos por hasta 4 especies de malezas de las descritas en la Base de Conocimientos en orden de importancia, así como la presencia potencial de bejucos entre julio-octubre, por campos individuales o por grupos de campos hasta un bloque completo. En aquellas especies clasificadas como monocotiledóneas “problema” recoge, además, el porcentaje del área ocupado por cada una de ellas, en 3 opciones (5, 20 ó 50 %).

#### ENCUESTA DE MEDIOS

Es el inventario de los medios en existencia y aptos para la campaña de cada unidad, incluyendo aquellos para la aplicación de herbicidas, implementos de cultivo de desyerbe, tanto mecanizado como por tracción animal, y fuerza de trabajo para la limpia manual. En el caso del avión, se debe reportar uno en las unidades donde haya posibilidad de utilizarlos.

#### CONFECCIÓN DEL PLAN DE LABORES

Los técnicos de control integral de malezas del CAI y de la unidad son los responsables de confeccionar el plan de labores. *PCMalezas* va proponiendo las opciones más eficaces teniendo en cuenta el tipo de cepa, el período de siembra o cosecha, el rango de rendimiento y otros factores. De las opciones que brinda el sistema, el usuario selecciona el tipo de labor, el tratamiento herbicida que se debe aplicar (si selecciona herbicida), el medio de aplicación, el implemento de cultivo y(o) el

tipo de fuerza manual que hay que utilizar en cada caso. Se brinda una nueva opción de un conjunto de planillas para que las unidades seleccionen (subrayando) los tratamientos, medios y fuerzas para distintas condiciones, con las que después una sola persona en el CAI introduce el plan de labores de cada unidad. Para una mejor organización, el usuario puede seleccionar una unidad o todo el CAI (en Selección de Unidad) y decidir el orden en que va a confeccionar el plan, preferiblemente por orden consecutivo de cepas y períodos de siembra o corte, aunque también puede confeccionarlo utilizando un orden arbitrario. Para agilizar el trabajo es posible, con ayuda del sistema, realizar la planificación de múltiples campos con características similares.

#### DEFINIR EL TIPO DE PLAN ANUAL

Con el objeto de darle una prioridad a la distribución de los herbicidas cuando se disponga de cantidades de éstos que no satisfacen las necesidades planificadas, el sistema permite confeccionar más de un plan dentro de 4 niveles de disponibilidad de herbicida: el plan 1 es el implícito y ofrece la mayor necesidad de producto, mientras que el 4 ofrece la menor cantidad. En los últimos el sistema eleva 2 rendimientos estimados mínimos que actúan como umbrales para aprobar el plan normal de tratamientos de herbicidas y uno reducido, de una sola aplicación.

#### PLANIFICACIÓN DE LABORES

El sistema organiza los campos por cepas y manejo de residuos, período de siembra o corte y rango de rendimiento estimado, poniendo en un mismo "grupo" los


que coincidan en éstos. Primero se debe seleccionar la unidad que se quiere planificar, o "todas" si lo desea a nivel de CAI.

La planificación de labores se puede realizar por campos independientes o grupos de campos uniformes. En la *pantalla de plan de labores*, haciendo clic sobre cada número de labor ésta se abre y aparecen las opciones de labores, donde el usuario selecciona, generalmente a la izquierda, el tratamiento de herbicida o tipo de labor y a la derecha el medio de aplicación, implemento y tipo de fuerza que desea planificar (no es obligatorio que esté en "existencia" en la encuesta de medios).

A medida que el usuario va definiendo labores, éstas van tomando la coloración azul, y cuando todas las labores están definidas, se habilita el botón **Planificar**. Si se desea modificar una labor por haber cometido un error, dé clic sobre la labor en cuestión en la *pantalla de editar*, lo cual le permitirá planificarla de nuevo. El sistema sólo permite seleccionar los tratamientos y medios posibles de acuerdo con la encuesta de malezas, las características del suelo y del cultivo.

#### PLANIFICACIÓN MÚLTIPLE DE CAMPOS

Si varios campos tienen características similares en cuanto a tipo de cepa, período de siembra o corte (mayo-agosto, septiembre-octubre, noviembre-febrero y marzo-abril) y rango de rendimiento estimado, tipo de infestación de ciertas especies de malezas claves (zancaraña o caminadora en caña planta, don Carlos o Johnson y guinea en retoños y alta incidencia de una



# DIVERSIFICACION 2002

CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE AZÚCAR Y DERIVADOS DE LA CAÑA  
VIIth International Congress on Sugar and Sugar Cane Derivatives

La Habana, Cuba Junio 17 al 21 del 2002

Havana, Cuba June 17th to 21st of 2002

especie gramínea perenne “problema” en cualquier tipo de cepa), características del suelo (principalmente el drenaje) y la colindancia con cultivos dicotiledóneos susceptibles a 2,4-D, es posible planificarlos en conjunto, aun cuando sean de diferentes bloques e incluso unidades.

#### OBTENCIÓN DE REPORTES DEL PLAN ANUAL

Concluida la confección del plan anual es posible obtener los reportes por pantalla o impresora:

- ✓ **Lista de campos incluidos en la campaña**  
Incluye códigos de unidad, bloque y campos, área, estimado, drenaje, cepa (y manejo de residuos) próxima, quincena de siembra o cosecha y las malezas predominantes.
- ✓ **Lista de labores que hay que realizar en cada campo**  
Para cada campo la lista de las labores planificadas, especificando el medio y el tratamiento de herbicida (código), en caso de haberse planificado, por quincena de realización.
- ✓ **Necesidades de herbicidas para toda la campaña desglosado por quincenas**  
Muestra la cantidad anual de cada producto (en L o kg) que se necesita y su desglose por quincenas de la campaña de control integral de malezas.
- ✓ **Balance de los medios de control integral de malezas (existencia, necesidad y déficit)**  
Contiene la existencia, necesidad máxima y déficit de cada uno de los medios de control integral de malezas (químico, mecánico, tracción animal y manual). Se obtiene a partir de la comparación de las encuestas de medios de las unidades con la necesidad de medios para cubrir la planificación de labores de los campos (teniendo en cuenta las áreas que hay que atender y productividades de dichos medios).
- ✓ **Cronogramas quincenales de áreas que hay que atender con aplicación de herbicidas, cultivo de desyerbe y limpia manual**  
Incluye las áreas que hay que atender con aplicación de herbicidas, cultivo de desyerbe y limpia manual durante la campaña de control integral de

malezas. Se desglosan por quincenas que hay que tratar y por cepas (las primaveras y los fríos del año anterior y del año planificado, así como retoños-socas-semilla) y sus respectivas quincenas de siembra o corte.

#### ✓ **Desglose del cronograma de áreas por tipos de medios**

Ofrece el desglose por quincenas de las áreas que hay que atender durante la campaña con cada uno de los tipos de medios de control químico, mecánico, tracción animal y manual.

- ✓ **Ayuda.** En el Menú Principal el icono Ayuda brinda toda la información necesaria al usuario.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Derksen, D. A., A. G. Thomas, J. T. O'Donovan, R. E. Blackshaw, K. N. Harker, D. Maurice and M. A. Jasieniuk: *A Decision Support System for Farmers in Conservation Tillage Systems in Western Canada*, p. 15, Ed. Dina Workshop on Computer Modelling in Weed Science, Copenhagen, 1996.
- Díaz, J. C., Yanet Rodríguez, S. Hernández, J. B. Fuentes y R. Zuaznábar: “Nuevo sistema automatizado para el control integral de malezas en caña de azúcar”, *Memorias, I Encuentro Nac. de Ciencia de Malezas*, pp. 53-54, Jardín Botánico Nacional, La Habana, 1999.
- Díaz, J. C., Yanet Rodríguez, S. Hernández, J. B. Fuentes y R. Zuaznábar: “New automated system for integrated weed management in sugarcane”, *Proc. III Intern. Weed Sci. Congr., Foz do Iguaçu*, p. 70, Brasil, 2000.
- Olesen, J. E. y L. Andreassen: “A computer aided integrated crop management system in winter wheat”, *Aspects of Applied Biology*, 40: 93-96, 1994.
- Pannell, Davis J.: “Decision support for integrated weed management” *Proc. III Intern. Weed Sci. Congr., Foz do Iguaçu*, p. 69, Brasil, 2000.
- Rydahl, P.: “Computer assisted decision making”, *Proc. EWRS (European Weed Research Society). Weed Science in a Changing Europe*, pp. 29-37, 1995.