

# INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA OPESCOR-10

## PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ESTRATEGIA Y PROGRAMACIÓN DEL CORTE DE CAÑA

RAMÓN RODRÍGUEZ BETANCOURT\*  
Y ALEJANDRO ÁLVAREZ NAVARRO\*\*

### RESUMEN

La presente investigación tiene el objetivo de perfeccionar y optimizar el proceso de planeación de la cosecha en puntos fundamentales, como la determinación de la estrategia, programación del corte y su control, mediante la modelación económico-matemática asociada a un sistema informático, con vistas a minimizar el desfase y maximizar la producción de azúcar. La introducción del referido *Sistema Informático para la Optimización de la Estrategia y Programación del Corte de la Caña* (OPESCOR-10), en las empresas azucareras seleccionadas de las provincias de Santiago de Cuba, Granma, Holguín y Guantánamo, indica que se pueden lograr mayores volúmenes de azúcar con la misma cantidad de caña, por un mejor ordenamiento de variedades y cepas para el corte, lo que influye a su vez en la disminución de hasta 8 % de los costos de producción de azúcar, en comparación con el desarrollo de esos procesos por el método tradicional.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el redimensionamiento que ha tenido lugar en la industria azucarera y áreas cañeras, con vistas a lograr la competitividad del producto en el mercado mundial, se ha visto fortalecido por la subida de los precios del petróleo y el hecho de que algunos derivados de la caña de azúcar puedan utilizarse como portadores energéticos renovables.

En atención a estas circunstancias, se desarrolló la presente investigación con el objetivo de perfeccionar y optimizar el proceso de planeación de la cosecha en puntos fundamentales, como la determinación de la estrategia, programación del corte y su control, mediante la modelación económico-matemática, asociada a un sistema informático, con vistas a minimizar el desfase y maximizar la producción de azúcar.

El referido objetivo responde a un problema concreto de la industria azucarera y está avalado por programas nacionales y territoriales de ciencia y técnica.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La elaboración del plan de azúcar comienza con la determinación del volumen de materia prima con que se cuenta para realizar la zafra, es decir, el cálculo de los estimados cañeros. El propósito de este proceso es determinar cuáles son las características de cada campo, en lo referente a variedades, cepas, edades, rendimientos, etc., y si son ellos molibles o no.

Estos estimados parten del campo y toman en cuenta todos los elementos que influyen en el rendimiento, tales como: variedad, cepa, edad,

**Palabras clave:** caña de azúcar, cosecha, corte, estrategia, programación, sistema informático, optimización, eficiencia.

\*Profesor Titular y Doctor en Ciencias, Jefe del Centro de Estudios de Investigaciones Aplicadas a la Producción y los Servicios (CIPES), Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. Teléfono: 630546. [ramonrb@rrb.uo.edu.cu](mailto:ramonrb@rrb.uo.edu.cu).

\*\*Instructor e investigador del CIPES. Teléfono: 630546. [alejandroa@eco.uo.edu.cu](mailto:alejandroa@eco.uo.edu.cu).

mecanización, riego, etc. Por otra parte, esta información sirve de base para la determinación de la estrategia de corte, que es un proceso previo a la programación y que pretende dar una visión preliminar del ordenamiento del corte, teniendo en cuenta los elementos necesarios con que se cuenta hasta ese momento, con el mínimo de desfase posible y lograr el máximo de producción de azúcar (MINAZ, 2006).

El problema general de la estrategia del corte, consiste en encontrar para cada entidad cañera un ordenamiento previo decenal de variedad-cepas y edades para el corte manual y el mecanizado, que haga máxima la producción de azúcar y minimice el desfase. (Delegación del MINAZ de Villa Clara, 2003). La estrategia de corte es un elemento de gran valor, que permite:

- Ordenar el corte de la caña, atendiendo a su período óptimo de madurez.
- Compensar las cepas de ciclo largo y variedades florecedoras por centros de recepción.
- Buscar solución a los desfases en edades, variedades y cepas.
- Ordenar el corte de las demoliciones en función de la época de siembra y reposición.
- Priorizar el corte de las áreas resecantes donde las cepas sufran por el “fogueo”<sup>1</sup>.
- Conocer y optimizar las distancias de tiro de cada etapa.
- Definir las áreas que deben recibir aplicaciones de maduradores.

Las principales desventajas que ofrece el sistema actual son las siguientes:

- El proceso es manual y complicado, pues se deben compatibilizar, por semanas, los estimados por campos con la norma de la semana y, además, tener en cuenta los lineamientos establecidos.
- Lo complejo del proceso no permite seleccionar variantes, sino que se trabaja con una sola.
- Si se comete un error, en cualquier semana, es preciso rehacer el trabajo y compatibilizar de nuevo, cuestión esta que, en la práctica, resulta bastante difícil.
- No se toman en cuenta los indicadores de *pol* e índice de madurez históricos, que permitan minimizar el reordenamiento cuando se establezca la programación.
- Los resultados de la estrategia no se toman como base para la elaboración del plan de azúcar, sino que éste se establece por promedios de rendimiento de años anteriores, que no corresponden a estructuras de variedades y cepas actuales.

- El modelo Z2-A, que es necesario establecer por UBPC y empresa azucarera, se compatibiliza con la estrategia de forma general, pero no a partir de la estrategia semanal, lo cual ocasiona descuadre en el total molible por variedades y cepas.

En el momento en que se elabora la estrategia, no se tienen en cuenta todos los elementos que determinan la madurez de la caña, el comportamiento de la humedad por zonas y la temperatura no se conocen con anticipación, por lo tanto, hace falta un proceso posterior de ajuste. Este proceso es la *programación de corte*, que al mismo tiempo sirve de control del proceso.

Con respecto al cumplimiento y control de la programación se presentan múltiples dificultades en la cadena *corte-alza-tiro*. Entre ellas, las siguientes:

- Quema no programada.
- Lluvia.
- Falta y rotura de equipos de tiro.
- Paralización del trabajo por diferentes causas.

El cumplimiento de la programación del corte es uno de los aspectos más importantes para lograr los volúmenes de azúcar establecidos.

La existencia de alternativa en la estrategia y programación del corte permite la aplicación de la modelación económico-matemática y, en específico, la *programación meta con prioridades*, cuyo algoritmo de solución incluido en el sistema informático, permite dar respuesta rápida al problema planteado.

La *programación meta con prioridades* parte de un problema de programación lineal, y su planteamiento general es el siguiente (Moskowitz y Wright, 2002):

$$\begin{aligned} \min Z &= \sum_{k=1}^k P_k \left[ \sum_{i=1}^m (w_{ik}^- d_i^- + w_{ik}^+ d_i^+) \right] \\ \sum_j^n a_{ij} x_j - d_i^+ + d_i^- &= b_i \quad i = 1:m \\ \sum_j^n a_{ij} x_j \{ \leq, =, \geq \} b_i &\quad i = m+1:p \\ x_j, d_i^-, d_i^+ &\geq 0; \forall_{i,j} \end{aligned}$$

Donde las variables  $X_j$  representan la cantidad de caña en  $t$  asociada a un campo, que se debe cortar en la decena  $j$  y los  $d_i^+$  y  $d_i^-$  indican

<sup>1</sup>Acción intensa del sol y falta de humedad en la caña, que deterioran los parámetros fundamentales de la planta.

los sobrelogros y sublogros correspondientes a cada meta que se establece. En este caso las metas establecidas son: minimizar el desfase y maximizar la producción de azúcar. Las restricciones cumplen los lineamientos establecidos por el Ministerio del Azúcar (hoy Grupo Azucarero AZCUBA).

Teniendo en cuenta las distintas prioridades, el resultado obtenido, mediante un sistema informático, logrará la mejor variante que permita el mayor nivel de satisfacción de las metas establecidas, lo cual contribuirá a una disminución sustancial en los costos de producción, incremento de la rentabilidad de las empresas y a minimizar las decisiones improvisadas.

### SISTEMA INFORMÁTICO OPESCOR-10

El sistema informático OPESCOR-10 corre sobre Windows 98, o superior, utiliza en su programación el Borland Delphi 6, que posee un ambiente de desarrollo rápido de aplicaciones (*R.A.D. Rapid Applications Development*) y que, por su aspecto visual, permite crear una interfaz con el usuario lo más amigable posible, de manera tal que pueda ser operado con conocimientos mínimos sobre computación y del manejo de la tarea a desarrollar, lo que resulta indispensable para la introducción en la práctica social.

El sistema se instala de forma muy fácil y segura, y se puede operar sin conocimientos especializados en computación, ya que importa la información primaria del SICE<sup>2</sup>, realiza la estrategia de corte, la verifica y emite su informe de resultados en el mismo formato que utiliza el programador para elevar la información a niveles superiores, lo que representa una gran ventaja.

Teóricamente, se basa en la metodología de análisis y diseño orientada a objetos.

El sistema informático OPESCOR-10 no está diseñado para sustituir a ninguno de los sistemas vigentes establecidos para la cosecha (SICE y ZF38), sino para coexistir con ellos (Yoardon, 1994). Importa datos de estos sistemas, los utiliza para la optimización y luego los exporta hacia ellos, para que se cumplan otras funciones de la zafra. Puede realizar las siguientes tareas:

- Importa y exporta información primaria y resultados a los sistemas de zafra SICE y ZF38.
- Determina la estrategia y programación del corte, maximizando la producción de azúcar o de miel y minimizando el desfase.
- Realiza la liquidación.
- Prepara la información para la próxima zafra, en este sentido cambia la cepa y la edad en cada campo automáticamente.
- Emite los informes de resultados con el mismo formato que utiliza el Ministerio del Azúcar (actualmente Grupo Azucarero AZCUBA) para su información.
- Ofrece reportes auxiliares complementarios sobre, variedades cepas, mecanización etc.
- Puede realizar la programación por los dos métodos existentes, índice de madurez y el coeficiente sobre hojas activas.
- Puede integrar y desintegrar entidades con sus respectivas bases de datos.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran los datos finales correspondientes a la Empresa Azucarera Julio A. Mella, de la provincia de Santiago de Cuba, en la zafra 2006-07.

Tabla 1 Datos finales para la Empresa Azucarera Julio A. Mella, Santiago de Cuba. Zafra 2006-07				
Indicadores	(1) Planificación de la empresa	(2) Datos finales Sistema OPESCOR 10	(3) Datos reales	(3)/(1) %
Estimados (t)	480 509,1	480 509,1	451 768,3	94,0
Azúcar producida (t)	49 011,9	61 085,7	51 095,0	104,3
Rendimiento ind. (%)	10,2	12,71	11,31	110,9
Recobrado (%)	83,7	83,7	82,07	98,0
Desfase, modelo Z2-A (%)	22	9	14	63,6
Materia extraña (%):				
Manual	2,5	2,5	2,69	107,6
Mecanizada	12,0	12,0	12,2	101,7
Plan de frescura (h agrícolas)	<= 36 <= 36 (5 % caña manual)		49 (16 % del total)	
Plan de corte óptimo (%)	100,0	100,0	96,5	96,5

<sup>2</sup>SICE: Sistema informático para el control del estimado. A partir de la introducción de los datos primarios del estimado, que se consolidan en 8 modelos, los cuales se integran por entidad, empresa, provincia y nación.



Vista de la interfaz del OPESCOR-10

Los datos se explican por sí solos. Se destaca el sobrecumplimiento del plan de azúcar y el cumplimiento de plan de corte óptimo a 96,5 %, lo que implicó el sobrecumplimiento del plan, que se fijó muy por debajo de sus potencialidades. En cuanto al desfase los resultados mejoraron ostensiblemente, tanto en el plan como en el real. Como dato adicional los costos de producción de esa zafra disminuyeron 8 %.

Se cuenta con los avales del Ministerio del Azúcar, de los grupos empresariales azucareros provinciales y de las propias empresas, que confirman la aplicación del sistema en empresas azucareras de las provincias de Santiago de Cuba, Granma, Guantánamo y Holguín.

## CONCLUSIONES

La puesta a punto e introducción del Sistema OPESCOR-10 en las empresas azucareras seleccionadas de las provincias orientales, y en particular en la empresa azucarera Julio A. Mella, permitió arribar a las siguientes conclusiones:

- Los objetivos propuestos se cumplieron, respondiendo a un problema concreto de la industria azucarera, y avalados por programas nacionales y territoriales de ciencia y técnica.
- La aplicación del sistema en la empresa azucarera Julio A. Mella, demuestra que se pueden aumentar las cifras del plan de azúcar.

- El cumplimiento del plan óptimo de corte determinó que los costos de producción de azúcar disminuyeran en 8 % en esa zafra.

## RECOMENDACIÓN

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

Garantizar mediante un programa establecido las necesidades mínimas de computación, transporte y calificación del personal para generalizar el sistema propuesto a otras empresas azucareras de las provincias de Holguín y Las Tunas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Castro Ruz, F.: *Fidel Castro y la producción azucarera*, Publicaciones Azucareras, MINAZ, 1998, 385 pp.
- Castro Ruz, R.: *Problemas fundamentales a solucionar en la industria azucarera de Cuba*, Ed. Verde Olivo, La Habana, 1996.
- MINAZ: Documentos sobre la Estrategia y Programación del Corte, Delegación Provincial de Villa Clara, 2003.
- MINAZ: Documentos normativos, 2006.
- Moskowitz, H. y Wright, G.: *Investigación de operaciones*, Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, México, 2002.