

**DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA ÓPTIMA DE VARIEDADES Y CEPAS
EN LA COOPERATIVA DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA (CPA) 26 DE
JULIO DE LA UNIDAD EMPRESARIAL DE BASE PAQUITO ROSALES**

Rubén Guillermo Pellicer Durán¹, Ramón Rodríguez Betancourt²

^{1/} Profesor en fase de adiestramiento. Miembro del Centro de Estudio de Investigaciones Aplicadas a la Producción y los Servicios de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Colaborador del Departamento de Métodos Matemáticos y Computación. E-mail: ruben.pellicer@eco.uo.edu.cu

^{2/} Dr. en Ciencias Económicas, Profesor Titular, Miembro del Centro de Estudio de Investigaciones Aplicadas a la Producción y los Servicios de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Oriente, Cuba. Director de la revista universitaria “Anuario de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales”. Colaborador del Departamento de Métodos Matemáticos y Computación. E-mail: ramonrb@eco.uo.edu.cu

RESUMEN

El presente trabajo investigativo forma parte del proyecto de generalización denominado “Introducción y generalización de los Sistemas informáticos OPESVAR-10 y SACOD-III a Unidades Empresariales de Base (UEB) seleccionadas de la provincia Santiago de Cuba y Guantánamo” aprobado por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). Se llevó a cabo en la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) “26 de Julio”, con subordinación directa a la UEB “Paquito Rosales”, situada en el Municipio San Luis, Provincia Santiago de Cuba. Tiene como objetivo fundamental la “Determinación de la Estructura Óptima de Variedades y Cepas, partiendo de la introducción del sistema informático de Optimización de la Estructura de Variedades “OPESVAR-10”, que sustentado en la Modelación Económico-Matemática permita incrementar el impacto de adaptación de variedades y cepas, lo que se traduce en un incremento de los rendimientos agrícolas y contenido azucarero, lo cual representa un aporte significativo al proceso de planificación. El mismo se ha realizado dentro del marco del proceso de redimensionamiento que tiene lugar en la rama azucarera cubana con la intención de que la producción de azúcar sea cada vez más eficiente y competitiva a nivel internacional. La aplicación de este sistema informático en la CPA antes mencionada, permitirá a los productores de caña obtener 127.13 toneladas (t) adicionales, lo que representa una adición en divisa de 61 660.20 USD.

INTRODUCCIÓN

Los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución aprobado en el sexto congreso del PCC en su artículo 209 plantea que “La agroindustria azucarera tendrá como objetivo primario incrementar de forma sostenida la producción de caña, priorizando el reordenamiento de las áreas para lograr su acercamiento al central. En su desarrollo deberá perfeccionar la relación entre el central azucarero y sus productores cañeros, aprovechar la tradición azucarera y la experiencia existente”. En medio de estas circunstancias, donde la política económica está orientada a elevar la productividad y efectividad de la producción para asegurar una mayor competitividad en el mercado internacional, así como diversificar las producciones derivadas del cultivo de la caña y teniendo en cuenta que todos estos procesos se deben realizar de manera sostenible, se hace necesario la introducción de métodos científicamente argumentados que permitan la toma de decisiones en los diferentes procesos de producción.

El problema de la determinación de la estructura óptima de variedades y cepas es un problema complejo que las entidades cañeras no pueden acometer por si solas ya que le faltan las técnicas modernas de planificación y control para encontrar la estructura antes mencionada por la complejidad del problema. La estructura óptima de variedades y cepas permite incrementar las toneladas de azúcar por hectárea con la misma cantidad de caña sembrada. En este sentido, el Centro de Estudios de Investigaciones Económicas Aplicada (CEIA), perteneciente a la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Oriente ha desarrollado en los últimos diez años, un conjunto de acciones encaminadas a perfeccionar la planificación corriente y perspectiva en procesos concretos de la fase agroindustrial. Precisamente, este estudio, como parte del proyecto de

generalización territorial de innovación tecnológica denominado “Introducción y generalización de los Sistemas informáticos OPESVAR-10 y SACOD-III a empresas azucareras seleccionadas de la provincia Santiago de Cuba y Guantánamo” y que desarrolla el referido centro, aborda uno de estos procesos.

La estructura de variedades y cepas existente en la Cooperativa antes mencionada, es producto de constantes análisis basados en criterios empíricos debido a la ausencia de la utilización de métodos científicos. Otro problema lo constituye la carencia de semillas para el cultivo de una variedad determinada, que, por sus características presentan una adecuada adaptación, lo que se traduce en la obtención de buenos resultados agrícolas e industriales.

Para dar solución al problema planteado se define como **Objetivo General:** Determinar la estructura óptima de variedades y cepas en la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) “26 de julio”, mediante la Programación Entera Binaria y el empleo del sistema informático OPESVAR – 10.

MATERIALES Y MÉTODOS

La respuesta de cada variedad y cepa por tipo de suelo y zona cañera se conoce en sentido general, pero no se ha realizado un estudio detallado por bloques cañeros que aporten elementos nuevos a los efectos de una respuesta más precisa de qué variedad y cepa se necesita en cada bloque cañero. El sistema informático SERVAS antes mencionado, sólo realiza un análisis de forma general sobre las variedades a nivel de empresa y además obvia las cepas.

Por otra parte, para conocer qué variedad debe ser sembrada en cada bloque se necesita conocer el comportamiento de cada variedad en todos los bloques y este

conocimiento implica una gran cantidad de combinaciones que no es posible determinar por los métodos actuales. Precisamente la investigación que se plantea consiste en realizar un estudio cuidadoso del comportamiento de cada variedad y cepa en los bloques cañeros y utilizar esta información como base para la aplicación de la modelación matemática asociada a los sistemas informáticos, con vistas a la determinación de la estructura óptima de variedades y cepas en una empresa azucarera.

Es necesario comentar que la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) "26 de Julio" cuenta con 6 variedades, 2 de ellas se introdujeron de manera errónea demostrando bajos rendimientos agrícolas e industriales, las variedades con problemas de adaptación son: C 90469 y C87632.

En los últimos años se ha potenciado la agroindustria azucarera. Teniendo en cuenta su papel estratégico, se han tomado acciones de diversificación agrícola e industrial. Todo lo expresado hasta ahora ha motivado la presente investigación, cuyo campo de acción se dirige a la determinación de la estructura óptima de variedades y cepas en la CPA "26 de Julio".

La novedad de la investigación radica en la introducción de criterios con un sustento científico en el proceso de planificación a través del sistema informático de Optimización de la Estructura de Variedades "OPESVAR-10". Este último no sólo le aporta una herramienta informática al usuario (productor), sino que también le muestra una guía de ayuda para la toma de decisiones futuras.

Metodología para la determinación de la estructura óptima de variedades y cepas en la CPA 26 de julio.

Partiendo del conocimiento anterior y conocidas las variables controlables del problema, tienen lugar los siguientes supuestos a cumplimentar para el planteamiento matemático general:

1. Existen bloques que están restringidos a sembrar determinadas variedades y cepas
2. Cada variedad y cepa puede ocupar más de un bloque.
3. En cada bloque sólo se puede sembrar una sola variedad y cepa.
4. El criterio de estructura de variedades implica que existen límites máximos y mínimos para la siembra con el objetivo de evitar el desfase.
5. La entidad debe cumplimentar un plan de azúcar teniendo en cuenta el rendimiento potencial de la caña (RPC).
6. Debe existir una proporción adecuada entre las cepas a sembrar.

Con estos elementos el planteamiento matemático general sería:

Planteamiento matemático general

Conjuntos:

V: Conjunto de variedades que se utilizan, con elemento típico i

C: Conjunto de cepas que se consideran, con elemento típico j

A: Conjunto de bloques dedicados a la siembra de caña, con elemento típico k

A_{ij}: Conjunto de bloques donde se puede sembrar la variedad i en la cepa j

V_k : Conjunto de variedades que se pueden sembrar en el bloque k

Variables:

X_{ijk} : Variable binaria que toma valor 1 si la variedad i y cepa j se puede sembrar en el bloque k y valor 0 en caso contrario.

Parámetros:

N_{ij} : Cantidad de bloques donde se puede sembrar la variedad i y cepa j .

C_{ijk} : Puntuación que refleja la adaptación que tiene la variedad i y cepa j en el bloque k .

PA : Plan de azúcar en toneladas métricas.

a_i : Área máxima que se puede sembrar de la variedad i en ha .

b_i : Área mínima que se puede sembrar de la variedad i en ha .

c_s : Porcentaje máximo del área a sembrar.

c_i : Porcentaje mínimo del área a sembrar

m_{ijk} : Estimado de la producción de azúcar de la variedad i y cepa j en el bloque k en toneladas métricas.

Sistema de restricciones:

Grupo de restricciones de tipo 1

La variedad i y cepa j puede ocupar más de un bloque.

$$\sum_{k \in A_{ij}} X_{ijk} \leq N_{ij} ; k \in A$$

Grupo de restricciones de tipo 2

Cada bloque admite solamente una variedad y cepa.

Grupo de restricciones de tipo 3

Se cuenta con un área máxima y mínima para sembrar la variedad i y cepa

$$\sum_{i \in V_k} \sum_{j \in C} X_{ijk} = 1$$

Restricción de tipo 5

$$j. \sum_{j \in C} \sum_{k \in A_{ij}} d_k X_{ijk} \leq a_i ;$$

$$i \in V$$

$$c_i \leq \frac{\sum_{i \in V} \sum_{k \in A_{ij}} d_k x_{ijk}}{\sum_{i \in V} \sum_{j \in C} \sum_{k \in A_{ij}} d_k x_{ijk}} \leq c_s$$

Restricción binaria

$$X_{ijk} \in \{0,1\}; \quad \forall i, j, k$$

$$\sum_{j \in C} \sum_{k \in A_{ij}} d_k X_{ijk} \geq b_i ;$$

$$i \in V$$

FUNCIÓN OBJETIVO

$$Max \quad Z = \sum_{k \in A_{ij}} \sum_{i \in V} \sum_{j \in C} C_{ijk} X_{ijk}$$

Restricción de tipo 4

Cumplimiento del plan de azúcar para la entidad.

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in C} \sum_{k \in A_{ij}} m_{ijk} X_{ijk} \geq PA$$

La dimensión del modelo estará en dependencia de la cantidad de bloques, variedades y cepas a considerar. Esta información es muy importante pues se puede calcular el número de variables y restricciones para conocer si se tiene capacidad computacional para resolver el problema y tomar las medidas pertinentes. El modelo puede ser resuelto a nivel de entidad o centro de recepción, en dependencia del número de bloques, variedades y cepas asociados a ellos, cuya multiplicación decide el número de variables y por ende mientras menor sean éstas, más fácil será su solución mediante el sistema informático.

A partir del análisis realizado se determinó qué información se debía mantener de forma persistente para el eficaz funcionamiento de OPESVAR-10 por lo que se utilizó una base de datos en Microsoft Access. El sistema está programado en C++ y el mismo organiza y digitaliza toda la información primaria. En la figura 1, se muestra la ventana principal del sistema informático

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo matemático planteado para la CPA se resolvió con la utilización del sistema informático OPESVAR-10 cuenta con un total de 70 variables y 32 restricciones. La asignación óptima de cada variedad y cepa para cada bloque de la CPA 26 de julio a partir de la solución hallada se ofrece en la Figura1.

Opciones de siembra por bloques		
Provincia: Santiago de Cuba		Año: 2012
Empresa Azucarera: 1	Nombre: Paquito Rosales	Centro de Recepción: CPA 26 de julio
Estructura Optima		
Bloque	Variedad	Cepa
191	C 90530	Prim
192	C 90501	Prim
193	C 90530	Prim
194	C 87632	Frio
195	C 8751	Frio
196	Sp 70-1284	Frio
197	C 90469	Prim
199	C 90501	Prim
213	C 8751	Prim

Figura 1. Reportes de salida del sistema informático OPESVAR-10.

Es evidente que las variedades que más se deben sembrar en la CPA “26 de julio” en la cepa de Frio son la C 87632, C 8751 y Sp 70-1284 en los bloques 194, 195 y 196 respectivamente. Las restantes variedades solo deben sembrarse en Primavera Quedada.

El impacto que tiene el cambio de estructura de variedades y cepas en los rendimientos agrícolas en la CPA “26 de julio” se presentan en el cuadro 1. Por otro lado, en el cuadro 2 se puede apreciarse un incremento del contenido azucarero de 3.68 %, lo cual conduce a obtener 127.13 t adicionales de azúcar, lo que representa ingresos en divisas ascendentes a 61 660.20 USD, teniendo en cuenta que el precio del azúcar en el mercado mundial es alrededor de \$ 0.22 la libra.

Cuadro 1. Impacto en los rendimientos agrícolas de la estructura óptima con la actual.
CPA “26 de julio”, UEB “Paquito Rosales”. Año 2012.

Variedades	Estructura actual	Rendimiento Agrícola (t/ha)	Producción	Estructura óptima	Rendimiento Agrícola (t/ha)	Producción
C 90530	61.80	43.5	2688.3	53.17	43.5	2312.895
C 90501	17.53	61.14	1071.7842	45.03	61.14	2753.1342
C 90469	49.94	42.3	2112.462	38.73	42.3	1638.279
C 87632	27.18	62.5	1698.75	46.65	62.5	2915.625
C 8751	56.30	55	3096.5	49.42	55	2718.1
Sp 70-1284	59.78	53.1	3174.318	39.53	53.1	2099.043
Total	272.53	50,79	13842.114	272.53	52,97	14437.076

Cuadro 2. Impacto en los rendimientos industriales de la estructura óptima con la actual. CPA “26 de julio”, UEB “Paquito Rosales”. Año 2012.

Variedades	Estructura actual	Rendimiento Industrial (t/ha)	Producción	Estructura óptima	Rendimiento Industrial(t/ha)	Producción
C 90530	61.80	11.83	731.094	53.17	11.83	629.001
C 90501	17.53	15.64	274.169	45.03	15.64	704.269
C 90469	49.94	12.04	601.277	38.73	12.04	466.309
C 87632	27.18	15.04	408.787	46.65	15.04	701.616
C 8751	56.30	11.23	632.249	49.42	11.23	554.986
Sp 70-1284	59.78	13.9	830.942	39.53	13.9	549.467
Total	272.53	12,76	3478.519	272.53	13,23	3605.649

CONCLUSIONES

La utilización de la modelación económico - matemática para la determinación de la estructura óptima de variedades y cepas en la CPA mediante el sistema informático OPESVAR-10, ha demostrado ventajas concretas con respecto al método actual, demostrado por:

- La utilización del modelo económico - matemático y su solución a través del sistema informático OPESVAR-10, ha permitido incrementar a nivel de planificación las toneladas métricas de azúcar en la CPA objeto de estudio en 127.13 t, lo cual implica un incremento en el ingreso en divisas de 61 660.20 USD. Esto, a su vez, repercute en un mayor nivel de eficiencia a nivel de empresa azucarera, logrando cumplir de esta manera los objetivos de la investigación y validar la hipótesis formulada.
- A partir de la solución de los modelos económico - matemáticos, las empresas azucareras objeto de estudio mejoraron el ordenamiento de variedades y cepas para el corte, cuestión altamente significativa para el cuidado y conservación de los suelos y las cepas.

RECOMENDACIÓN

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente: Propiciar la extensión de estos resultados a otras CPA del territorio, como parte del proyecto territorial del cual forma parte, lo cual potenciaría el proceso de diversificación y redimensionamiento que tiene lugar en el sector.

BIBLIOGRAFÍA

- Ackoff. Rh; Sasieni M.W. “Fundamentos de investigación de Operaciones”. Editorial Lismisa. Mexico 1987.
- Borges Raymond, Kenia. Determinación de la estructura óptima de cepas y variedades en el CAI Julio Antonio Mella de la provincia Santiago de Cuba. Trabajo de diploma. 1989.
- Charnes and Cooper: Managment model and industrial aplicaciones of Linear Programming. John Wiley and Sons. Inc. New York and London. 1961.
- Diagnóstico y Metodología para el análisis de los factores que inciden en la eficiencia económica productiva y la planificación corriente de producción azucarera. Proyecto Nacional de Ciencia y Técnica aprobado por el CITMA. La Habana. 1996.
- Eppen, G.D; Gould, F. J: “Investigación de operaciones en la ciencia administrativa”, Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A, México, 1993.
- Hernández Quevedo, Rafaela. La agroindustria de la caña de azúcar en Cuba. Santiago de Cuba. Julio 2006.
- Hiller, F.S.; Lieberman, G.J. Introducción a la Investigación de Operaciones. Mcgraw Hill. México. 5ta. Edición. 1993.
- Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA).Sistema Integral para el Cálculo de los Estimados Cañeros. SICE. Año 2003.
- Kantorovich, L.V; Gorstko, A.: “Las Decisiones Óptimas en la Economía”, Editorial Ciencias Sociales, La Habana, 1979.
- Kaufmann, A. “Métodos y Modelos de la Investigación de Operaciones”. Tomo III. CIA Editorial Continental, S.A. México 1978.
- Kirpatrick, Ch; Levin R. “Enfoques Cuantitativos a la Administración”. CECSA. México 1992.
- Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución aprobado en el sexto congreso del PCC.