

Programación Meta para la optimización de la estructura de tiro en la Unidad Empresarial de Base, central azucarero “Paquito Rosales” de la provincia Santiago de Cuba, Cuba

Goal Programming for the Optimization of the Harvest's Structure in the Sugar Factory “Paquito Rosales” from Province Santiago de Cuba, Cuba

Lic. Elio David Zaldívar-Linares, elio.zaldivar@eco.uo.edu.cu; Dr. C. Raimundo J. Lora-Freyre, lora@eco.uo.edu.cu

Centro de Estudios de Investigaciones Económicas Aplicadas (CEIA), Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

Resumen

Las deficiencias organizativas inciden negativamente en el sector azucarero en Cuba. Las raíces de estas deficiencias surgen desde la actividad que la antecede: la planificación. El objetivo de este trabajo es perfeccionar la planificación del tiro de la caña como parte del proceso de fabricación del azúcar. Para esto se construyó un modelo de Programación Meta para optimizar dicha planificación y validar el mismo en la Unidad Empresarial de Base (UEB) central azucarero “Paquito Rosales” de la provincia Santiago de Cuba, Cuba. Dicho modelo posibilita un mejoramiento de los indicadores económicos e industriales.

Palabras clave: programación Meta, optimización, caña de azúcar, modelación económico-matemática, indicadores económicos e industriales.

Abstract

The organizational deficiencies impact negatively in the sugar sector in Cuba. The roots of these deficiencies arise from the activity that precedes it: the planning. The objective of this paper is to perfect the planning of the transportation of the cane like part of the process of production of the sugar. For this a model of Goal Programming will be built, in order to optimize the mentioned planning and the same one will be validated in the Managerial Unit of Base (MUB) sugar station "Paquito Rosales" of the county Santiago de Cuba. This model will facilitate an improvement of the economic and industrial meters.

Keywords: Programming Meta, harvest's structure, optimization, sugar cane, economic and industrial meters.

Introducción

Cuba es un país con favorables condiciones para el cultivo de la caña de azúcar. En sus plantaciones es posible lograr altos rendimientos agrícolas. Desde el punto de vista industrial la experiencia cubana es notable, debido a que se ha creado una base técnico – material con condiciones para lograr altos niveles productivos.

A pesar de ello, por razones diversas, los indicadores de eficiencia, tanto en la esfera agrícola como en la industrial han estado muy distantes de los valores deseados.

La cadena productiva del azúcar se inicia, en su aspecto agrícola, con la preparación de las tierras, continúa con la siembra de las semillas y el cultivo de las plantas, y concluye con la cosecha. Es en esta última etapa en la que se centra la atención del presente trabajo, pues resulta un eslabón decisivo en los resultados que se puedan obtener en la etapa industrial.

Este es un tema de actualidad, como se puede apreciar en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (2011) , donde se advierte que: “la agroindustria azucarera tendrá como objetivo primario incrementar de forma sostenida la producción de caña. En su desarrollo deberá perfeccionar la relación entre el central azucarero y sus productores cañeros”. (PCC, Lineamiento 193).

Un momento importante es la organización de la cosecha de la caña de azúcar. Asociada a esta problemática está la estructura de tiro de la caña¹, la cual constituye un problema a resolver, pues esto permite obtener mayores volúmenes de azúcar con la misma cantidad de materia prima.

La organización de la estructura de tiro es de vital importancia por varias razones, entre las que destaca la necesidad de lograr a nivel de central el cumplimiento de un grupo de indicadores de calidad que se le miden a la materia prima y de los cuales depende el correcto funcionamiento de la industria en lo relacionado a recepción, continuidad de la molienda y la sincronización de todos los elementos que tienen que ver con el transporte de la materia prima cortada, la cual no debe demorar más de doce horas desde el momento del corte hasta su llegada a la fábrica.

¹ Se entiende por tiro el proceso de corte y traslado de la caña de azúcar desde el campo hasta los centros de recepción; y por estructura de tiro, aquella que resulta de determinar la cuantía con la que debe contribuir cada entidad al total teniendo en cuenta las especificaciones relacionadas con dicha cuota.

Actualmente, la organización de la cosecha de la caña de azúcar presenta grandes dificultades pues, a pesar de que los especialistas del Centro de Estudios de Investigaciones Económicas Aplicadas (CEIA) han implementado y validado herramientas para la determinación de la estrategia del corte y su control, la deficiente organización del tiro de la caña no logra trasladar a la industria una materia prima con la calidad que se demanda, pues la planificación del tiro se realiza de forma manual, por lo que no se pueden analizar todas las variantes necesarias, provocando una deformación a la hora de brindar la información primaria, teniendo como resultados, además, indicadores bajos de eficiencia.

Tomando en cuenta todo esto el CEIA se dio a la tarea de construir y validar un modelo económico-matemático enfocado en obtener la mejor planificación del tiro por entidades subordinadas teniendo en cuenta el cumplimiento de las normas y parámetros establecidos por la empresa para la determinación de la efectividad del proceso de tiro de la materia prima que entra a la industria y ajustados a las necesidades particulares de la UEB objeto de estudio.

Fundamentación teórica

Marco referencial

Las referencias anteriores a esta investigación, desde el punto de vista teórico, se localizan en la amplia literatura de autores clásicos en el tema de la modelación económico-matemática y en un importante número de investigadores y estudiosos de la temática, que conjugan los elementos de la teoría con su aplicación en objetos de estudios semejantes a los que se abordan en este artículo.

Independientemente de que más adelante en este artículo se dedicará un apartado al análisis pormenorizado del amplio marco bibliográfico relacionado con el tema de la modelación, se han consultado algunos autores vinculado al Centro de Estudio de Investigaciones Azucareras de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Oriente, que han servido de consulta, tanto desde el punto de vista teórico como práctico, los cuales a pesar de brindar solución a problemas presentados en la materia de la modelación económico-matemática, no han abordado la problemática que se presenta en esta investigación aunque sus resultados hayan servido de base para mejorar el enfoque de esta investigación.

Importancia de la aplicación de los Modelos Económico-Matemáticos

La utilización de la modelación económico-matemática, conjuntamente con los sistemas informáticos (SI), constituyen una vía para facilitar el proceso de toma de decisiones. Los sistemas informáticos no deben interpretarse como la cima absoluta del perfeccionamiento de la planificación, sino como un estadio de un proceso ininterrumpido de desarrollo, el cual está determinado por las condiciones económicas, organizativas, técnicas y sociales y el desarrollo alcanzado por la ciencia y la técnica.

Por otro lado, uno de los factores que ha ayudado a una mayor utilización de la modelación económico-matemática ha sido el advenimiento de las microcomputadoras, debido a que los procesos de solución que se utilizan pueden volverse bastante laboriosos y, en algunos casos, complejos. La utilización de la computadora posibilita reducir gran parte de la complejidad matemática y de la carga de cálculos implícitos en el uso de diferentes técnicas de solución.

Puntualmente, la Programación Meta es una extensión de la Programación Lineal. Sus creadores fueron Charnes y Cooper (1961) al principio de la década de los 60, del siglo pasado. A partir de entonces, la teoría ha experimentado un continuo desarrollo por otros autores, hecho que la hace aplicable a diversos campos de las ciencias. En la Programación Lineal el objetivo radica en maximizar o minimizar una función objetivo, sujeta a determinadas restricciones; sin embargo, la Programación Meta busca minimizar las desviaciones en el cumplimiento de más de un objetivo, es decir, todos los problemas de Programación Meta son de minimización.

Para la aplicación de los sistemas informáticos soportados en modelos económico-matemáticos hay que considerar que la metodología aplicada es la de Investigación de Operaciones, la que parte de la existencia de los siguientes supuestos para el problema analizado:

- Variantes de decisiones.
- Posibilidades de automatizar el proceso analizado.
- Posibilidades mínimas para poder aplicar los resultados.

Sin embargo, en ocasiones se puede observar durante el proceso investigativo que no todos estos supuestos están en toda su extensión, pero a pesar de ello sigue siendo factible aplicar esta metodología. Según Davis Roscoe y PatricMckeown (1961) la

misma está constituida por un conjunto de pasos en función de obtener los objetivos propuestos, estos son:

1. Observación e identificación del problema.
2. Formulación general para la construcción del modelo.
3. Construcción del modelo.
4. Generación de una solución.
5. Prueba y evaluación de la solución.
6. Implantación.
7. Perfeccionamiento y desarrollo.

En los últimos años, ha existido en Cuba cierto desarrollo de los modelos económico-matemáticos y su aplicación en la teoría y práctica de la planificación económica en el medio empresarial. Este desarrollo se basa en el conocimiento de la Teoría de la Planificación en la Economía y las posibilidades de las Matemáticas y la Computación para poder modelarla.

Los autores Lieberman (1993) y HerberMoskowitz (1982), exponen de forma general el modelo de Programación Meta y, posteriormente, brindan un número importante de ejercicios que resultan provechosos para el investigador, además de exponer los algoritmos posibles de solución para un modelo económico-matemático de esta índole.

En etapas anteriores a esta investigación se presentaban limitaciones para la utilización de las técnicas de optimización. Entre las dificultades más significativas se encuentran: la no existencia de potentes softwares para el enfrentamiento de un alto número de variables y restricciones, las dificultades en la obtención y adaptación de la información de partida; la inexistencia en las empresas azucareras de personal calificado que pueda aplicar sistemáticamente los resultados; la no identificación de los responsables de implementar los resultados con la necesidad y ventajas que proporcionan la aplicación de los métodos y modelos económico-matemáticos en la fundamentación de las decisiones económicas.

En la actualidad, son menos los obstáculos que dificultan la introducción de los resultados de la investigación científica, disponiéndose al mismo tiempo, de un mínimo indispensable de medios computacionales, así como, un mayor desarrollo en el campo de aplicación de sistemas informáticos.

Métodos utilizados

Se aplica el método científico en sus dos enfoques principales: la reproducibilidad y la refutabilidad. El primero es la capacidad de repetir el experimento en diferentes unidades y con diferentes personas; el segundo, se basa en que toda propuesta científica tiene que ser susceptible de ser refutada por el decisor, lo que implica que en el caso de que los resultados sean distintos a los previstos, se negaría la hipótesis puesta a prueba.

En el procesamiento de la base informativa se efectúa un análisis de las condiciones objetivas y subjetivas basadas en la Teoría de las Restricciones. Se utilizaron técnicas de trabajo grupal, entrevistas, participación en las juntas directivas y en las asambleas de los asociados, así como en las plenarios económicas. Se emplearon los métodos de la Modelación Económico-Matemática, en particular, modelos de Programación Lineal y Programación Meta para la toma de la mejor decisión.

Caracterización de la UEB central azucarero “Paquito Rosales”. Valoración del comportamiento de los principales indicadores físicos fabriles durante el período 2008-2012

La UEB central azucarero “Paquito Rosales” está situada en el poblado Dos Caminos en el municipio San Luis de la provincia Santiago de Cuba, Cuba. El central se subordina a la Empresa Provincial Azucarera Santiago de Cuba. Las principales producciones son azúcar crudo, miel final, cachaza, bagazo, servicios prestados y energía eléctrica.

El comportamiento de la producción de azúcar en los últimos cuatro años (2011-2014) ha sido inestable, debido a numerosos factores como la calidad de la materia prima (caña), así como factores operacionales y de control del proceso.²

La principal causa de la cantidad de azúcar dejada de producir por problemas industriales es el bajo aprovechamiento del Rendimiento Potencial Cañero (RPC) lo cual se evidencia en la tabla 1, donde se muestra el comportamiento de los principales indicadores físicos de calidad de la materia prima en el período 2011-2014. Entre las razones del comportamiento desfavorable de este indicador conviene resaltar el alto porcentaje de materia extraña (8,25) y el alto porcentaje de caña atrasada (30,91).

²Pedro Pérez Felipe en su artículo: “Ligera recuperación de la producción de azúcar”, publicado en el periódico Sierra Maestra el 25 de febrero de 2012 señala: “En general la producción de azúcar en Santiago se ve afectada fundamentalmente porque no se cumple la norma potencial diaria de molida. A pesar de que todos los centrales incrementan la molida en febrero respecto a enero, los valores materializados no se corresponden con lo planificado, con incidencia de interrupciones operativas industriales y problemas agrícolas”.

Tabla 1: Valoración del comportamiento de los principales indicadores físicos de calidad de la materia prima en el período 2011-2014, en la UEB central azucarero “Paquito Rosales”

Indicadores	2011	2012	2013	2014	Período
Materia Extraña (%)	7,41	8,24	9,84	7,51	8,25
Caña Atrasada (%)	42,57	31,13	23,18	26,76	30,91
RPC (%)	11,18	11,52	10,97	10,45	11,03
Caña Quemada (%)	19,23	21,44	22,02	29,25	22,99

Fuente: Información suministrada por la UEB central azucarero “Paquito Rosales”

Las afectaciones económico-financieras producidas a la zafra por tiempo perdido por falta de caña originana una buena parte de la cuantía monetaria de la afectación total. En esta situación indiscutiblemente influye el hecho de que el monto del tiro de la caña de las entidades subordinadas solo alcanza el 48,23 % de la norma de molida potencial. Las acciones para cubrir el déficit de caña con volúmenes provenientes de otras entidades han contribuido a obtener un costo de producción más elevado con respecto al escenario donde la caña proviene en una mayor proporción de las entidades más cercanas.

A partir de aquí se plantea la situación problemática: altos costos de la producción de azúcar por elevados gastos de insumos y materias primas, motivados, fundamentalmente, por la baja calidad de la materia prima. Este problema corrobora lo planteado anteriormente en relación con la necesidad de reducir los costos de producción.

Formulación General del Problema para el planteamiento matemático

Dada una empresa azucarera donde se quiere organizar la cosecha cañera en función de obtener la mejor estructura de tiro, se cuenta con **n** entidades cañeras y con **m** tipos de cosechas, se conocen los indicadores principales que norman el proceso como son: norma de tiro operacional y potencial, rendimiento guía, norma de tiempo para el tiro de la caña mecanizada y manual, norma de caña atrasada y de materia extraña, así como el presupuesto de gastos que dispone cada entidad para el período que se planifica.

Con estos elementos el problema sería construir un modelo matemático de Programación Meta sin prioridades, cuya solución brinde la mejor estructura de tiro de la empresa en la etapa que se considere.

Planteamiento Matemático General

A partir de la formulación anterior el planteamiento matemático general sería el siguiente:

Índices

i - Tipo de cosecha; $i = 1, 2$ (manual=1, mecanizada =2)

j - Entidades cañeras; $j = 1, 2, 3, \dots, n$

r - Grupo de restricciones; $r = 1, 2, 3, \dots, 9$

Variables

Y_j - variable binaria que toma valor 0 si no se debe efectuar el tiro mecanizado en la entidad **j** y 1 en caso contrario.

X_{ij} = toneladas métricas de caña de cosecha del tipo **i** que se tiran por la entidad **j** hasta una fecha dada.

$D_1^- - D_1^+$ – sublogro y sobrelogro restricción 1.

$D_{2j}^- - D_{2j}^+$ - sublogro y sobrelogro restricción 2 por entidades **j**.

$D_3^- - D_3^+$ - sublogro y sobrelogro restricción 3.

$D_{4i}^- - D_{4i}^+$ - sublogro y sobre logro restricción 4, por tipo de cosecha **i**.

$D_5^- - D_5^+$ - sublogro y sobrelogro restricción 5.

$D_6^- - D_6^+$ - sublogro y sobrelogro restricción 6.

Parámetros

NTP - Norma de tiro potencial medida en toneladas métricas.

RPC_j - Promedio del rendimiento potencial de la caña en la entidad **j** en %.

RG_j - Promedio de rendimiento guía de la caña en la entidad **j** en %.

MER_j - Promedio en % de materia extraña de la entidad **j**.

MEP - Norma de materia extraña de las entidades, en %.

F_j - Promedio de frescura de la caña en la entidad **j**, en horas.

N - Norma de frescura de la cosecha manual, en horas.

CAR_j - Promedio de toneladas métricas de caña atrasada de la entidad **j**, en %.

CAN - Norma de caña atrasada de la entidad, en %.

GC_{ij} - Promedio de gastos de una tonelada de cosecha del tipo **i** en la entidad **j** en la etapa que se analiza, en CUP por toneladas.

PGC - Presupuesto de gastos total para el tiro en CUP.

LMin_j - Norma operacional de la entidad **j**, en toneladas métricas.

LMax_j - Norma potencial de la entidad **j**, en toneladas métricas.

CM - Toneladas métricas que pueden ser cosechadas mecánicamente.

W1, W2, W3, W4, W5, W6 - Peso de las metas en la Función Objetivo.

Restricciones

1) Cumplimiento Norma de Tiro

$$\sum_{ij} X_{ij} + D_1^- - D_1^+ = NTP$$

2) Cumplimiento del RPC

$$(RPC_j - RG_j) \sum_i X_{ij} + D_{2j}^- - D_{2j}^+ = 0; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

3) Cumplimiento de la materia extraña

$$\sum_j (MER_j - MEP) \sum_i X_{ij} + D_3^- - D_3^+ = 0$$

4) Cumplimiento de la frescura de la cosecha manual

$$\sum_j (F_{1j} - N) X_{1j} + D_4^- - D_4^+ = 0$$

5) Cumplimiento del plan de caña no atrasada

$$\sum_j (CAR_j - CAN_j) X_{ij} + D_5^- - D_5^+ = 0$$

6) Cumplimiento del presupuesto de gasto para el tiro de la caña

$$\sum_{ij} GC_{ij} X_{ij} + D_6^- - D_6^+ = PGC. \text{ Este dato se toma de datos fijos}$$

7) Cumplimiento de los límites máximos y mínimos de molida

$$LMin_j \leq \sum_i X_{ij} \leq LMax_j; \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

8) Cumplimiento de la capacidadde cosecha mecanizada

$$\sum_j X_{2j} \leq CM$$

9) Distribución de la capacidad mecanizada por entidades

$$(CM/(2k)) Y_j \leq X_{2j} \leq CM Y_j ; j = 1, 2, 3, \dots n$$

k - cantidad de entidades que efectúan el corte mecanizado

10) Restricción de no negatividad

$$X_{ij}, D_1^-, D_1^+, D_{2j}^-, D_{2j}^+, D_3^-, D_3^+, D_{4i}^-, D_{4i}^+, D_5^-, D_5^+, D_6^-, D_6^+ \geq 0; \forall i, j$$

Función objetivo

$$\text{Min } Z = W1D_1^- + W2 \sum_{j,r=2} D_{rj}^- + W3D_3^+ + W4D_4^+ + W5D_5^+ + W6D_6^+$$

Sobre las restricciones:

La restricción 1, indica que la suma de todo el tiro de caña realizado por las entidades, considerando las variables de desviaciones correspondientes, debe cumplimentar la norma de tiro potencial. La restricción 2, está relacionada con el cumplimiento del RPC de cada entidad, es decir el RPC debe ser como mínimo igual al rendimiento guía. La restricción 3, se refiere al cumplimiento de la materia extraña, es decir, la cantidad real de materia extraña menos la norma debe ser igual a cero, esto se logra minimizando los sobrelogros. La restricción 4, está relacionada con la frescura de la caña, la cual debe sobrepasar la norma para cosecha manual; esto se logra minimizando los sobrelogros. La restricción 5, se refiere al cumplimiento de la norma de caña no atrasada por entidad. La restricción 6, plantea que se debe cumplimentar con el presupuesto de gasto correspondiente a la etapa que se analiza. La restricción 7, son los límites máximos y mínimos de molida de cada entidad, los cuales no pueden ser sobrepasados; y la restricción 8, es la capacidad de cosecha total de la maquinaria disponible, la cual no puede ser sobrepasada.

Resultados y discusión

Utilización del modelo en la UEB central azucarero “Paquito Rosales”

Este modelo fue validado con el sistema LINDO para Windows, a fin de comparar los indicadores obtenidos por la planeación corriente empírica con los que arrojó la planificación en base al modelo arrojando los resultados siguientes:

Tabla 2: Resultados de la validación del modelo en la UEB central azucarero “Paquito Rosales”. Zafra 2013-2014

ENTIDAD	ESTRUCTURA ACTUAL(t)			ESTRUCTURA PROPUESTA(t)		
	MANUAL	MEC.	TOTAL	MANUAL	MEC.	TOTAL
UBPC SAN BENITO	9 170,07		9 170,07	10 355,74		10 355,74
UBPC MEJORANA	22 546,88		22 546,88	25 462,13		25 462,13
UBPC LEONOR	23 494,37		23 494,37	38 447,98		38 447,98
UBPC HECHAVARRIA	21 986,22	7 661,82	29 648,04	18 357,01	15 124,46	33 481,47
UBPC UNIVERSIDAD	20 894,79		20 894,79	23 596,44		23 596,44
UBPC SABANILLA	22 134,78	3 171,13	25 305,91	38 656,40	2 160,64	40 817,04
UBPC ALGODONAL	5 277,46		5 277,46	5 959,82		5 959,82
UBPC LAS MERCEDES	3 002,88		3 002,88	3 391,15		3 391,15
CPA SABINO PUPO	13 421,56	7 159,42	20 580,98	31 035,35	2 160,64	33 196,01
CPA ARMANDO ORTIZ	1 585,91		1 585,91	2 557,98		2 557,98
CPA 26 DE JULIO	11 135,31	1 616,64	12 751,95	18 407,56	2 160,64	20 568,20
CPA 30 DE NOVIEMBRE	13 236,52		13 236,52	15 341,53		15 341,53
CPA LINO ALVAREZ	9 286,74		9 286,74	17 647,78		17 647,78
TOTAL			196 782,50			270 823,25

Fuente: Elaboración del autor

Cabe apuntar que la posibilidad de cambiar los parámetros del modelo, principalmente los pesos, posibilita que la empresa cuente con una nueva herramienta que le permitirá, desde la planificación, enfrentar cualquier coyuntura sin importar los matices de las condicionantes económicas, productivas y financieras que la caractericen. A modo de ejemplo se ofrece una muestra de los indicadores fundamentales:

Tabla 3: Comportamiento de algunos indicadores fundamentales.

Indicadores de tiro	Actual	Propuesto
% Norma potencial de molienda	46,95	64,61
Costo por ton. (CUP/TON)	34,73	33,64
RPC (%)	10,46	10,46
MER (%)	6,86	7,05
Frescura (horas)	30,46	28,83
Caña atrasada (%)	23,28	22,14

Fuente: Elaboración del autor

Como se aprecia en la tabla 3, todos los indicadores mejoran, a excepción de la materia extraña y el RPC que pueden considerarse invariables. El mayor avance lo experimenta la frescura, con una mejora del 5,35 %. Se ha obviado con toda intención el

comportamiento del primer indicador de la tabla 3, debido a que este conlleva un análisis que será expuesto posteriormente.

Se evidencia aquí que todos los indicadores que se analizaron en la tabla 1, tienen aquí un mejor comportamiento que en el año 2014, de dicha tabla. Ello corrobora la conveniencia de efectuar el tiro desde las entidades subordinadas al central objeto de estudio. Sin embargo, la mejoría del porcentaje de caña atrasada y del porcentaje de materia extraña no se traduce en un despegue del RPC de las entidades subordinadas con respecto al global del central. Esta situación puede deberse a que los valores de partida del RPC de las entidades se encontraban deprimidos, fundamentalmente, debido a un alto porcentaje de caña quemada superior al que predomina en la caña proveniente de fuentes externas, que como puede inferirse de la tabla 1, tiene un efecto negativo en el RPC.

A continuación, se ofrece en la tabla 4, la estructura de tiro en porcentaje, lo cual puede ser útil para la adopción de variantes tendientes a llevar los resultados obtenidos a la práctica.

Tabla 4: Estructura de tiro en porcentaje %

ENTIDAD	ESTRUCTURA ACTUAL(%)			ESTRUCTURA PROPUESTA(%)		
	MANUAL	MEC.	TOTAL	MANUAL	MEC.	TOTAL
UBPC SAN BENITO	4,66	0,00	4,66	3,82	0,00	3,82
UBPC MEJORANA	11,46	0,00	11,46	9,40	0,00	9,40
UBPC LEONOR	11,94	0,00	11,94	14,20	0,00	14,20
UBPC HECHAVARRIA	11,17	3,89	15,07	6,78	5,58	12,36
UBPC UNIVERSIDAD	10,62	0,00	10,62	8,71	0,00	8,71
UBPC SABANILLA	11,25	1,61	12,86	14,27	0,80	15,07
UBPC ALGODONAL	2,68	0,00	2,68	2,20	0,00	2,20
UBPC LAS MERCEDES	1,53	0,00	1,53	1,25	0,00	1,25
CPA SABINO PUPO	6,82	3,64	10,46	11,46	0,80	12,26
CPA ARMANDO ORTIZ	0,81	0,00	0,81	0,94	0,00	0,94
CPA 26 DE JULIO	5,66	0,82	6,48	6,80	0,80	7,59
CPA 30 DE NOVIEMBRE	6,73	0,00	6,73	5,66	0,00	5,66
CPA LINO ALVAREZ	4,72	0,00	4,72	6,52	0,00	6,52
TOTAL			100,00			100,00

Fuente: Elaboración propia del autor

Aquí hay que resaltar que la utilidad de esta tabla estriba en la asignación a las distintas entidades de cuotas que no dependen del volumen de tiro que se desee alcanzar. Una vez que se conozca esta meta, a partir de la porción que debe cubrir se obtiene el volumen que debe alcanzar cada entidad.

El volumen total de tiro de la zafra depende de la cantidad de días de duración que se le planifiquen a la contienda. Corridas auxiliares del modelo arrojaron que el volumen de tiro alcanzado por las entidades objeto de estudio es factible para 105 días mediante una planificación óptima. Tomando en cuenta que la duración de la zafra en el período de cuatro años que se analiza ha oscilado desde 118 hasta 169 (en la última zafra), la planificación óptima de la tabla 2, fue obtenida para 123 días pues se interpretó la situación de la planificación actual como un síntoma de existencia de reservas productivas.

Una última lectura a la tabla 4, permite determinar las entidades de mayor eficiencia integral como aquellas que ven incrementarse su porcentaje de participación al pasar de la estructura actual a la propuesta. En el orden positivo destacan las Unidades de Producción Cooperativa (UBPC) “Leonor” y “Sabanilla”, y las Cooperativas de Producción Agropecuarias (CPA) “Sabino Pupo” y “Lino Álvarez”. Las entidades que más retroceden son las UBPC “Hechavarría” y “Universidad”. Resulta interesante la alternativa elegida por el modelo de aprovechar la alta eficiencia del proceso manual (siempre más costoso que el mecanizado) para asignar parte de la cuota mecanizada a la UBPC “Hechavarría”.

Conclusiones

- 1. La metodología de Investigación de operaciones se adapta solventemente para representar la problemática del tiro de la caña en las UEB centrales azucareros.*
- 2. Los modelos de programación meta sin prioridades permiten enfrentar las alternativas presentes en el proceso estudiado propiciando una estructura del tiro que mejora los indicadores económicos fundamentales, así como, un análisis de las reservas productivas y de eficiencia, todo lo cual permite que se cumplan los objetivos propuestos.*
- 3. La expectativa de mejora de los indicadores es de hasta un 6 % en comparación con los que resultan de la planificación empírica.*

Referencias bibliográficas

1. Charnes and Cooper. (1961). *Managment model and industrial aplicaciones of Linear Programming*. New York and London: John Wiley and Sons. Inc.
2. Roscoe, Davis; Mckeown, Patric. (1991). *Modelos cuantitativos para la administración*. University of Georgia, Georgia: Grupo Editorial Iberoamericano.
3. Hiller, F.S.; Lieberman, G.J. (1993). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. (Quinta Edición). México: McGraw Hill.
4. Moskowitz, Herbert; Wright, Gordon. (1982). *Investigación de operaciones*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana.
5. Partido Comunista de Cuba. (2011). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*. La Habana, Cuba.