

Nuevo enfoque para determinar la planificación corriente en entidades agrícolas, mediante la programación meta en enteros binaria mixta con prioridades

Goal-Oriented Programming in Mixed Binary Integers Based on Agricultural Entities Priorities: A New Approach Toward Current Planification

Yadier A. Torres Sánchez y Dr. C. Ramón Rodríguez Betancourt

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Oriente
yadier@eco.uo.edu.cu

RESUMEN

Se determina, mediante la modelación económico-matemática, la variante de desarrollo que satisfaga las metas establecidas por las entidades agrícolas de la Unidad Estratégica de Base Atención al Productor *Paquito Rosales* del central azucarero del mismo nombre, en Santiago de Cuba, cuyos planes técnico-económicos carecen de análisis alternativo pues no contemplan en ellos todas las variantes de producción posibles para evaluar el mejor curso de acción a corto y mediano plazo. Para ello se aplicó la programación meta en enteros binaria mixta con prioridades: para caracterizar, diagnosticar, formular, plantear y resolver el modelo matemático mediante el paquete profesional WINQSB. Se emplearon las técnicas de regresión lineal múltiple y la metodología de Box-Jenkins para modelos ARIMA, para la construcción de la base informativa del modelo matemático. Los resultados indican una mejoría en la eficiencia de la caña de 7,46 %, y de los cultivos varios de 5,2 %; además, puede organizarse mejor el trabajo, se eleva el nivel científico de los planificadores de las entidades y se protege el medio ambiente a la vez que aumentan los rendimientos por la atención cultural a los cultivos.

Palabras clave: *optimización, planificación corriente, entidades agrícolas, programación meta con prioridades*

ABSTRACT

This study was conducted in agricultural entities from the Strategy Base Unit (UEB) Farmer Assistance affiliated to the Sugarcane Industry "Paquito Rosales" in Santiago de Cuba province. Technical-economic plans from these entities lacked a sound alternative assessment on production-possibilities variants to better evaluate the optimal course of action to be taken at short and mean terms. Therefore, a development variant prioritizing the established goals was determined using economic and mathematical models. To this end, a goal-oriented programming in mixed binary integers based on agricultural entities priorities was implemented to characterize, diagnose, formulate, state, and solve the mathematical model by means of WINQSB professional package. Multiple linear regression analysis techniques and Box-Jenkins methodology for ARIMA model were applied to build in an informative basis for the mathematical model. Results indicated 7,46 % and 5,2 % increments in sugarcane and multiple crop efficiency, respectively. Findings also suggested an improvement in labor organization, an upgrading in planners' scientific knowledge, a higher environment protection, and a crop yield increase due to better cultivation practice policies.

Key Words: *optimization, current planification, agricultural entities, goal-oriented programming based on priorities*

INTRODUCCIÓN

Antes del triunfo de la Revolución, el monocultivo era uno de los principales males del campo cubano. Sólo el cultivo de la caña de azúcar y la ganadería ocupaban alrededor del 75 % del área agrícola disponible y poco más del 1 % de los propietarios de fincas poseía más del 50 % de las tierras. El latifundio predominaba y sus consecuencias eran evidentes (Álvarez, 2000).

Al triunfar la Revolución en 1959 la economía agrícola se encontraba deformada, con impactos negativos sobre el suelo y la biodiversidad, deforestación gradual y baja autosuficiencia alimentaria.

A finales de la década de los 70 se debatió en Cuba cómo hacer más eficiente la agricultura cubana. El Estado indicó a los centros de investigación reorientar sus líneas de trabajo hacia sistemas de bajos insumos y la sustitución de importaciones. Por otra parte, desde 1976 aparece en la Constitución de Cuba la protección estatal al medio ambiente y los recursos naturales; y se reconoce su vínculo con el desarrollo económico social sostenible. El intercambio con el campo socialista produce un impacto favorable en la agricultura, al pasar de una agricultura extensiva a una agricultura intensiva. La planificación en esta etapa mantuvo su forma centralizada a partir del sistema de balances materiales y mostró su inviabilidad al introducirse inapropiadamente mecanismos monetario-mercantiles que llevaron a la postre a un descenso en la eficiencia económica, acompañado de negativas consecuencias sociales.

La búsqueda de una planificación más acorde a las condiciones cubanas y necesidades continuó entre 1986 y 1989, con una valoración más adecuada de las experiencias anteriores; pero esa búsqueda se interrumpió por la coyuntura enfrentada desde de 1990.

La caída del campo socialista repercutió negativamente en la agricultura cubana por la falta de insumos como fertilizantes y otros productos para el agro-mercado. La ausencia de combustible y su encarecimiento afectó el riego y disminuyó los rendimientos agrícolas en todos los cultivos cubanos.

Sólo después de iniciada la recuperación económica en 1995 se comienza a reevaluar el peso cubano y es posible iniciar la recomposición del sistema de planificación en dos monedas, aún con las dificultades que suponía mantener inalterable la tasa de cambio del peso.

Para ello los mecanismos de planificación tendrían que combinar el máximo de flexibilidad posible con la capacidad de corregir las distorsiones inherentes a los mecanismos de mercado, cuestión que, en esencia, se ha logrado en los últimos años (González y Rodríguez, 2000)¹.

¹No obstante un importante conjunto de temas como los problemas de la competencia en una economía planificada, la determinación de los eslabones clave en la planificación a los diferentes niveles y el papel de los precios en la optimización de gestión económica, han encontrado sólo una solución parcial en la práctica de la planificación en Cuba.

Puede así afirmarse que la descentralización en la gestión económica no debilitó el papel de la planificación centralizada sino que, por el contrario, exigió su fortalecimiento aunque con otro carácter, al concentrarse en las decisiones de mayor importancia económica y social, al tiempo que la actividad empresarial y la administración cotidiana de los recursos se regulaba y controlaba con nuevos mecanismos económicos.

En resumen, a partir de entonces la elaboración del plan se ha hecho mucho más compleja debido a la incertidumbre con que se elaboraban las proyecciones, la diversificación estructural de la propiedad estatal y la forma de operación mayormente descentralizada de sus recursos, la dualidad monetaria y la ausencia de proyecciones a

Cultivos	2009				2010				2011			
	Plan	Real	%		Plan	Real	%		Plan	Real	%	
	Caña	298 765,0	232 173,0	0,78%		254 365,0	208 924,0	0,82%		265 437,0	196 279,0	0,74%
Plátano	505,0	559,1	1,11%		530,0	577,7	1,09%		602,0	609,7	1,01%	
Yuca	232,0	348,0	1,50%		400,0	759,3	1,90%		654,0	716,6	1,10%	
Boniato	386,0	489,2	1,27%		497,0	602,4	1,21%		538,0	527,2	0,98%	
Malanga	101,0	150,0	1,49%		176,0	72,9	0,41%		103,0	87,8	0,85%	
Hortalizas	359,0	444,8	1,24%		449,0	487,8	1,09%		457,0	586,0	1,28%	

Fuente: informe de producción de la UEB Atención al Productor Paquito Rosales

mediano plazo, entre otros factores.

En la agricultura se ha fortalecido la planificación, fundamentalmente a nivel de entidad, aunque todavía es necesario introducir nuevas técnicas de planificación y control, vinculadas a las técnicas de la información y comunicaciones (TIC), para la toma de decisiones (PCC, 2011).

Después de un intenso trabajo se ha logrado estructurar un sistema de planificación que comienza a dar respuesta a los requerimientos de la economía y la sociedad, aún en las complejas condiciones presentes. Sin embargo, en estos momentos es preciso perfeccionar aún más el proceso de planificación que tiene "como eje central el logro de la eficiencia en nuevas condiciones de la economía y deberá buscar la integridad del plan entre los aspectos del corto, mediano y largo plazo" (PCC, p. 26), para avanzar en sus expresiones financiera y territorial, así como en la planificación empresarial.

Al respecto, una de las técnicas más conocidas para elaborar planes a cualquier nivel de la economía nacional, y esencialmente en la agricultura, es la programación matemática vinculada a los sistemas informáticos y a los modernos medios computacionales, la cual ha sido un factor fundamental en el desarrollo de la teoría económica contemporánea, pues es un método flexible por el gran número de variables y restricciones que admite, para expresar con más exactitud y objetividad una situación determinada y compleja. Por ello su desarrollo ha sido rápido y esto ha brindado múltiples soluciones en su aplicación en la industria y en la agricultura.

Las entidades productoras de azúcar y cultivos varios en la provincia Santiago de Cuba no están exentas de esta problemática, pues presentan deficiencias en el sistema de planificación. Esto se puede observar en la Tabla 1, que compara lo real y lo planificado en la producción de la caña y los principales cultivos con que

cuenta la UEB Atención al Productor *Paquito Rosales* del central azucarero homónimo, de Santiago de Cuba, en el período del 2009-2011.

El objetivo de las entidades de la UEB Atención al Productor *Paquito Rosales* es la producción de caña y alimentos; pero como se puede observar, existen diferencias notables entre la planificación de las producciones y lo que realmente se hace: en oportunidades sobrepasan el plan, pero en otras no consiguen acercarse a dicho plan. Esto se debe a que estas entidades, en general, contemplan una sola variante del plan por lo complejo que resulta analizar alternativas que consideren sus potencialidades reales para maximizar la eficiencia de la empresa. Lo anterior implica que al realizar el control se distorsione su análisis y, por tanto, se deforme la actual y futura toma de decisiones. De ahí que se derive el problema de investigación:

Las entidades agrícolas de la UEB Atención al Productor *Paquito Rosales* confeccionan sus planes técnicos-económicos donde reflejan, entre otros, la producción agrícola por tipo, así como sus gastos totales y costos de producción. En la determinación de estos planes no se contemplan todas las variantes de producción posibles, que permitan evaluar el mejor curso de acción a corto y mediano plazo, por tanto estos planes adolecen de un serio análisis alternativo. La existencia de esta situación conduce al siguiente objetivo: determinar la variante de desarrollo que logre mayor satisfacción de las metas establecidas por las entidades agrícolas seleccionadas de la UEB Atención al Productor *Paquito Rosales* de Santiago de Cuba, mediante la modelación económico-matemática.

La presente investigación integra el proyecto territorial de ciencia e innovación tecnológica aprobado por el CITMA: Perfeccionamiento de la planificación corriente y perspectiva de entidades agrícolas seleccionadas de las provincias Santiago de Cuba y Guantánamo.

DESARROLLO

Las UEB Atención al Productor del país, productoras de caña, cultivos varios, forestales, frutales, ganadería, entre otros, elaboran sus planes anuales mediante un proceso que surge en la base (obreros, campesinos, etcétera) y se consolida a nivel de entidad. En las entidades, la confección de estos planes conlleva trabajo arduo y complejo, debido a la cantidad de productos que poseen, lo cual se traduce en múltiples variantes para analizar. Al no existir todos los recursos humanos y materiales para la valoración de cada una de ellas, el plan de producción se determina por la experiencia del equipo económico-productivo existente y se maneja solo una variante, la cual se ha demostrado que puede considerarse por encima o por debajo de las potencialidades de la entidad. Esta cuestión se demuestra en el análisis del cumplimiento del plan para cinco años presentado en la introducción.

Cada entidad presenta su propuesta al nivel superior, las cuales se consolidan a nivel de provincia mediante el análisis y discusión de cada una de sus producciones. Estas cifras se elevan a nivel nacional al Grupo Azucarero (AZCUBA), donde sufren el mismo proceso surgiendo concordancias y discrepancias hasta que se logra la aprobación de las cifras provinciales de producción definitivas, que se presenta como el plan de producción de cada entidad, el cual rige la actividad productiva por un año.

Las empresas provinciales, a su vez, desagregan esta cifra a nivel de entidad de acuerdo a lo pre-planificado y a partir de aquí cada entidad elabora sus planes mensuales de producción.

Una salida para perfeccionar la planificación de las entidades en estos casos es considerar más de una variante mediante la utilización de la modelación económico-matemática, factible de utilizar en estos casos pues se cumple con los supuestos para la aplicación de estas técnicas.

El tema que deberá tratarse se formula considerando lo anterior y partiendo de que las entidades pueden analizar más de una variante de desarrollo:

Las m entidades cañeras seleccionadas: de la UEB Atención al Productor *Paquito Rosales*, Sabanilla, Sabino Pupo y El Leonor, quieren establecer sus planes de producción representados en Q variantes de producción, las cuales producen n productos: caña ciclo largo, caña ciclo corto, yuca, plátano, boniato, malanga y hortalizas.

Son conocidas las potencialidades mínimas y máximas de cada entidad en cada uno de los productos, mediante lo cual, utilizando técnicas econométricas se pueden calcular las variantes de producción actuales y perspectivas de cada entidad. También son conocidas series históricas de cada producto que permiten estimar su demanda.

Las entidades cuentan con recursos corrientes (r): horas máquina, disponibilidad de fertilizantes, herbicidas, combustibles, horas hombre, presupuesto de gastos, entre otros. Se conocen las disponibilidades de estos recursos, así como las necesidades que implican cada una de las variantes a analizar.

Como las diferentes variantes de producción implican diferentes consumos de recursos en las entidades, entonces la situación específica sería:

Encontrar la variante óptima de desarrollo que, cumplimentando las exigencias de cada entidad en cuanto a la satisfacción de la demanda, minimice los gastos.

Planteamiento matemático

Como las exigencias del planteamiento matemático a esta formulación presentan restricciones en sentido contrario (en la primera restricción se trata de sobrepasar la demanda de los productos, y en las otras se trata de no sobrepasar los recursos existentes y gastos totales de las entidades), el problema tiene alto grado de incompatibilidad; además, está enfocado a cumplimentar dos objetivos.

Por tal motivo, la programación meta es una buena salida para enfocar este tipo de problemas, pues este planteamiento enfocado a través de la programación meta en enteros binaria con prioridades, siempre tendrá solución y permitirá un análisis económico completo de los resultados.

La programación meta está incluida dentro de la programación multicriterio, la cual constituye un enfoque de gran potencialidad cuando el contexto de las decisiones está definido por una serie de objetivos a optimizar que deben de satisfacer determinado conjunto de restricciones (Hiller,2008). Como la optimización simultánea de todos los objetivos es usualmente imposible, pues en realidad entre los objetivos que pretende optimizar un centro decisor suele existir cierto grado de conflicto, el enfoque multicriterio en vez de intentar determinar un óptimo existente pretende establecer el conjunto de soluciones eficientes. Dentro de la programación multicriterio una de las más utilizadas actualmente es la programación meta, la cual permite, mediante variables de desviación conocidas como sublogros y sobrelogros, obtener la solución que satisfaga las metas establecidas.

La programación por metas es un enfoque para tratar problemas de decisión gerencial que comprenden metas múltiples, de acuerdo a la importancia que se le asigne a estas.

El decisor debe ser capaz de establecer al menos una importancia ordinal, para clasificar estas metas. Una ventaja importante de la programación meta es su flexibilidad, pues permite al decisor experimentar con multitud de variaciones de las restricciones y prioridades de las metas cuando se involucra con un problema de decisión de objetivos múltiples.

Fundamentación del modelo económico-matemático escogido

A la formulación anterior le corresponde el planteamiento matemático, el cual debe cumplimentar las anteriores exigencias. Evidentemente se trata de un modelo de decisión en el cual, partiendo de Q variantes de producción, se desea seleccionar aquella que cumplimente las metas, según el orden de prioridad establecido; por tanto, la variable adecuada de decisión debe ser binaria, es decir, toma valor 1 si se escoge determinada variante, y 0 en caso contrario. Lo anterior genera un problema de Programación Meta en Enteros Binaria Mixta con Prioridades, pues las variables de sublogros y sobrelogros no son enteras. De acuerdo a los sistemas informáticos profesionales que existen en nuestro país, este problema puede resolverse únicamente mediante el programa informático WINQSB y siempre tendrá solución. El planteamiento matemático general sería el siguiente:

Planteamiento matemático

Índices:

i – Entidades; $i = 1, \dots, m$
 j – Productos $j = 1, \dots, b$ (Caña); $b + 1, \dots, n$ (Cultivos varios)
 q – Variantes de producción; $q = 1, \dots, Q$
 r – Recursos disponibles; $r = 1, \dots, R$

Parámetros

d_{ijq} → Producción de caña de la entidad i medida en t , para el ciclo de cultivo j y variante de producción q en el periodo analizado

m_{ijq} → Producción de cultivos varios j de la entidad i medida en t , para la variante de producción q en el periodo analizado

D_j → Necesidad mínima de entrega de la producción de caña tipo j para el ciclo medida en t .

M_j → Necesidad mínima de entrega de cultivos varios medida en t

a_{irq} → Insumo de recursos de la entidad i , en su unidad de medida correspondiente, para el tipo de recurso r y variante de producción q

B_r → Disponibilidad máxima del recurso r , medida en sus unidades correspondientes.

c_{iq} → Gastos totales de la entidad i medida en pesos cubanos y variante de producción q

G → Gastos totales para las tres entidades, medido en pesos cubanos.

P_1 → Primera prioridad para el cumplimiento de la demanda de caña

P_2 → Segunda prioridad para el cumplimiento de la demanda de cultivos varios

P_3 → Tercera prioridad para no sobrepasar el presupuesto de gastos en la etapa

w_1 → Peso asociado a la prioridad uno

w_2 → Peso asociado a la prioridad dos

$w_3 \rightarrow$ Peso asociado a la prioridad tres

$w_4 \rightarrow$ Peso asociado a los sobrelugros de los recursos

Variables

$x_{iq} \rightarrow$ Variable binaria que toma el valor 1 si la entidad i toma la variante de producción q y 0 en caso contrario

$sub_{1j} \rightarrow$ Sublogro asociado a la restricción de caña; $j = 1, \dots, b$

$sob_{1j} \rightarrow$ Sobrelugro asociado a la restricción de caña; $j = 1, \dots, b$

$sub_{2j} \rightarrow$ Sublogro asociado a la restricción de cultivos varios; $j = b + 1, \dots, n$

$sob_{2j} \rightarrow$ Sobrelugro asociado a la restricción de cultivos varios; $j = b + 1, \dots, n$

$sub_{3r} \rightarrow$ Sublogro asociado a las restricciones de recursos tipo r

$sob_{3r} \rightarrow$ Sobrelugro asociado a las restricciones de recursos tipo r

$sub_4 \rightarrow$ Sublogro asociado a la restricción de gastos

$sob_4 \rightarrow$ Sobrelugro asociado a la restricción de gastos

Restricciones:

1-Satisfacer la entrega estatal de caña.

$$\sum_{i,q} d_{ijq} x_{iq} + sub_{1j} - sob_{1j} = D_j; \quad j=1,\dots,b$$

2-Satisfacer la entrega estatal de cultivos varios.

$$\sum_{i,q} m_{ijq} x_{iq} + sub_{2j} - sob_{2j} = M_j; \quad j=b+1,\dots,n$$

3-Utilización de los recursos.

$$\sum_{i,q} a_{irq} x_{iq} + sub_{3r} - sob_{3r} = B_r; \quad r=1,2,\dots,R$$

4-Utilización del presupuesto de Gasto.

$$\sum_{i,q} c_{iq} x_{iq} + sub_4 - sob_4 = G;$$

5-Restricción de unicidad.

$$\sum_q x_{iq} = 1;$$

6-No negatividad y enteros.

$$[0 \leq x_{iq} \leq 1]_{y \text{ entera}} \forall i, q$$

Función Objetivo:

$$\text{Min } Z = P_1 w_1 \sum_j^b sub_{1j} + P_2 w_2 \sum_{j=b+1}^n sub_{2j} + P_3 w_3 sob_4 + w_4 \sum_r^R sob_{3r}$$

El análisis de los conjuntos de restricciones es el siguiente:

Conjunto 1- Indica que la demanda de la producción de caña ciclo largo y ciclo corto debe satisfacerse al seleccionar una de las variantes de producción, en cada una de las entidades objetos de estudio, minimizando los sublogros correspondientes.

Conjunto 2- Indica que la demanda de producción de viandas y hortalizas debe satisfacerse al seleccionar una de las variantes de producción, en cada una de las entidades objetos de estudio, minimizando los sublogros correspondientes.

Conjunto 3- Indica que los insumos deben utilizarse racionalmente al seleccionar una de las variantes de producción, en cada una de las entidades objetos de estudio, minimizando los sobrelogros correspondientes.

Conjunto 4- Indica que debe utilizarse el presupuesto de gasto al seleccionar una de las variantes de producción, en cada una de las entidades objetos de estudio, minimizando los sobrelogros correspondientes.

Conjunto 5- indica que solo se puede tomar una variante de producción, en cada una de las entidades objetos de estudio seleccionadas.

En la función objetivo se garantiza el cumplimiento de las metas establecidas minimizando los sobrelogros y sublogros correspondientes, según las prioridades establecidas. La primera prioridad se utiliza para cumplir la demanda de caña, la segunda para cultivos varios y la tercera para no sobrepasar el presupuesto de gasto en la etapa.

El modelo planteado tiene un número máximo de $(i * q)$ variables de decisión y $(j + r + q + 1)$ restricciones, lo cual puede resolverse sin dificultad con el programa WINQSB.

Para resolver el modelo económico-matemático propuesto es indispensable la utilización de modelos econométricos que describan y pronostiquen los coeficientes que intervendrán en el lado izquierdo de las dos primeras restricciones, por lo que se detallará la explicación de los modelos utilizados para la solucionar de esta situación.

Aseguramiento informático

La información primaria para el desarrollo del modelo económico-matemático utilizado se obtuvo de los informes de producción de las entidades evaluadas y específicamente de los manuales de ficha de costo del MINAG (MINAG, 2011). Los datos fueron procesados mediante los sistemas informáticos SICEP, IBM SPSS v.19 y Eviews 3.1. De igual modo se analizaron los lineamientos nacionales del Grupo Azucarero AZCUBA, de la Empresa Azucarera Provincial y criterios de expertos de la UEB Atención al Productor *Paquito Rosales* (ver cuadro prueba W de Kendall).

Prueba W de Kendall

Estadísticos de contraste

N	7
W de Kendall ^a	,829
Chi-cuadrado	34,839
gl	6
Sig. asintót.	,000

a. Coeficiente de concordancia de Kendall

Formulación de las hipótesis

H₀: No existe concordancia entre los expertos

H₁: Existe concordancia entre los expertos

Si la significación asintótica se encuentra por debajo del valor alfa preestablecido de 0,05, existirá suficiente evidencia empírica para rechazar la hipótesis nula.

En este caso, la significación asintótica es de 0,000, por lo que se rechaza la hipótesis nula de no existencia de concordancia entre los expertos. Dicha concordancia es elevada y se demuestra a través del coeficiente W de Kendall que se encuentra bastante próximo a 1, en este caso es de 0,829.

Para la determinación de los principales productos y los pesos con que cuentan las entidades agrícolas en la función objetivo, se utilizó el coeficiente de concordancia de Kendall (ver cuadro arriba citado).

En la búsqueda de los coeficientes empleados en la restricción de demanda de los productos se utilizó la regresión lineal múltiple.

De igual forma, en la determinación del parámetro independiente que representa a la demanda de los productos, se utilizó la Metodología de Box-Jenkins para modelos ARIMA.

Resultados

El problema fue resuelto mediante el paquete profesional WINQSB, único disponible en nuestro país que puede resolver el problema de programación meta en enteros binaria con prioridades. En la introducción de las variables, fue necesario hacer una conversión de las mismas debido a que dicho programa no contempla más de un subíndice, aunque en la salida que más adelante se mostrará, las variables se reconvertirán para su mayor comprensión. El problema planteado cuenta con 22 restricciones y 47 variables. Las entidades objetos de estudio son la CPA (Cooperativa de Producción Agropecuaria) *Sabino Pupo*, y las UBPC (Unidad Básica de Producción Cooperativa) *Sabanilla* y *El Leonor*. La tabla de salida se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Tabla de salida

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost
1	G1	X1	0	0	0	0
2	G1	X2	0	0	0	0
3	G1	X3	0	0	0	0
4	G1	X4	0	0	0	0
5	G1	X5	1,00	0	0	0
6	G1	X6	0	0	0	0
7	G1	X7	1,00	0	0	0
8	G1	X8	0	0	0	0
9	G1	X9	1,00	0	0	0
10	G1	X10	0	10,00	0	10,00
11	G1	X11	2 095,19	0	0	0
12	G1	X12	0	10,00	0	10,00
13	G1	X13	19,64	0	0	0
14	G1	X14	0	0	0	0
15	G1	X15	14,41	0	0	0
16	G1	X16	0	0	0	0
17	G1	X17	41,32	0	0	0
18	G1	X18	0	0	0	0
19	G1	X19	52,05	0	0	0
20	G1	X20	0	0	0	0
21	G1	X21	28,08	0	0	0
22	G1	X22	0	0	0	0
23	G1	X23	947,32	0	0	0
24	G1	X24	196,00	0	0	0
25	G1	X25	0	0	0	0
26	G1	X26	687,00	0	0	0
27	G1	X27	0	0	0	0
28	G1	X28	345,00	0	0	0

Continúa

Tabla 2. (Continuación)

	Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost
29	G1	X29	0	0	0	0
30	G1	X30	632,00	0	0	0
31	G1	X31	0	0	0	0
32	G1	X32	259,30	0	0	0
33	G1	X33	0	0	0	0
34	G1	X34	182,0€	0	0	0
35	G1	X35	0	0	0	0
36	G1	X36	154,05	0	0	0
37	G1	X37	0	0	0	0
38	G1	X38	6 464,10	0	0	0
39	G1	X39	0	0	0	0
40	G1	X40	1 249,00	0	0	0
41	G1	X41	0	0	0	0
42	G1	X42	252,00	0	0	0
43	G1	X43	0	0	0	0
44	G1	X44	86,00	0	0	0
45	G1	X45	0	0	0	0
46	G1	X46	5 742,43	0	0	0
47	G1	X47	0	0	0	0

La interpretación de cada una de las variables de decisión en el resultado del WINQSB (Tabla 3).

Tabla 3. Tabulación y significado de las variables de decisión
UEB Atención al Productor Paquito Rosales
Entidades CPA Sabino Pupo, "UBPC Sabanilla, UBPC El Leonor

Variables de decisión	Significado
$X_{11} = 0$	La CPA Sabino Pupo no debe seguir con la situación actual.
$X_{21} = 0$	La UBPC Sabanilla no debe seguir con la situación actual.
$X_{31} = 0$	La UBPC El Leonor no debe seguir con la situación actual.
$X_{12} = 0$	La CPA Sabino Pupo no debe adoptar la variante II.
$X_{22} = 1$	La UBPC Sabanilla debe considerar la variante II.
$X_{32} = 0$	La UBPC El Leonor no debe adoptar la variante II.
$X_{13} = 1$	La CPA Sabino Pupo debe considerar la variante III.
$X_{23} = 0$	La UBPC Sabanilla no debe considerar la variante III.
$X_{33} = 1$	La UBPC El Leonor debe adoptar la variante III.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede comentar lo siguiente:

- Como se muestra en la Tabla 3, la CPA Sabino Pupo y la UBPC El Leonor deben adoptar la variante III, mientras que la UBPC Sabanilla debería adoptar la variante II. Esto implica que las tres entidades objetos de estudio deben mejorar sus rendimientos y por ende, las distintas producciones.
- Las metas propuestas se cumplieron en su totalidad, lo que se puede mostrar en las variables de sublogro de todos los productos desde sub_{11} hasta sub_{17} , y en la variable de sobrelogro de los gastos sob_{31} , las cuales son igual a 0 (Tabla 2).

En cuanto a la planificación para las tres entidades, con este resultado se lograría obtener un costo por peso promedio en la producción de caña de \$0,88 y con respecto al actual (\$0,95), se disminuiría 7,46 % y aumentaría la eficiencia de las entidades.

Con respecto a los cultivos varios se obtuvo un precio promedio ponderado si se tiene en cuenta el área de cada cultivo, el cual resultó de \$18,00, que multiplicado por la producción resultante de la variante de solución para cada empresa representó \$45 353,21. A partir de este análisis el costo por peso de producción para cultivos varios fue de \$2,89, el actual es de \$3,05, y se incrementó entonces la eficiencia en 5,2 %.

CONCLUSIONES

La aplicación de la programación meta en enteros binaria mixta con prioridades para la determinación de la variante de desarrollo que satisfaga las metas de la UEB Atención al Productor *Paquito Rosales* condujo a las siguientes conclusiones:

Se caracterizó, diagnosticó, formuló, planteó y fue resuelto el modelo matemático de programación meta en enteros binaria con prioridades mediante el paquete profesional WINQSB con resultados económicos superiores a los obtenidos actualmente, con lo cual se cumplimentó el objetivo de la investigación.

Para la construcción de la base informativa del modelo matemático se utilizaron las técnicas de regresión lineal múltiple con enfoque matricial (Gujarati, 2008) a través del paquete profesional IBM SPSS v.19 y metodología de Box-Jenkins para modelos ARIMA mediante el paquete estadístico Eviews 3.1.

La solución obtenida plantea que la CPA *Sabino Pupo* debe adoptar la variante III, la UBPC Sabanilla debe adoptar la variante II y la UBPC El Leonor debe adoptar la variante III.

El análisis económico de estos resultados permite incrementar la eficiencia a nivel de planificación de la caña en 7,46 % y de cultivos varios en 5,2 %.

Los resultados obtenidos permiten mejor organización del trabajo, elevar el nivel científico de los planificadores de las entidades, proteger el medio ambiente, al elevar los rendimientos actuales mediante la mejora de las atenciones culturales a los cultivos, lo cual influye directamente sobre la conservación de los suelos.

RECOMENDACIONES

Implementar los resultados obtenidos a nivel de las entidades CPA *Sabino Pupo*, UBPC Sabanilla y UBPC El Leonor de forma gradual y generalizar estos resultados a nivel de todas las empresas provinciales.

REFERENCIAS

- Gujarati, D. N. (2008) *Econometría*. (2a ed.)
- Hiller, F. E. Z. y Lieberman, G. R. (2008) *Introducción a la investigación de operaciones* (9na. ed.). México: Mcgraw Hill.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura): (2011). *Manual de fichas de costos tecnológicos para la elaboración del plan 2012 de la economía*. La Habana: Autor.
- Álvarez, Elena. (2000, julio). *La planificación a mediano y largo plazo: notas para un debate*. Ponencia presentada en el Seminario Nacional: El perfeccionamiento de la planificación y el papel del Estado en la economía, La Habana, Cuba.
- González, A. y Rodríguez, J. (2000, marzo). *El enfoque estratégico de la planificación*. Conferencia presentada en la V Reunión Nacional del Ministerio de Economía y Planificación, La Habana, Cuba.
- PCC. (2011). *Lineamientos para la Política Económica y social del PCC*, (2011)