

# NUEVO ENFOQUE PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN CORRIENTE EN ENTIDADES AGRÍCOLAS, MEDIANTE LA PROGRAMACIÓN META

## *NEW FOCUS FOR THE DETERMINATION OF THE CURRENT PLANNING IN AGRICULTURAL ENTITIES, USING THE GOAL PROGRAMMING*

*Lic. Yadier Alberto Torres-Sánchez<sup>1</sup>; Dr. Cs Ramón Rodríguez-Betancourt<sup>II</sup>*

*yadier@eco.uo.edu.cu; ramonrb@eco.uo.edu.cu*

*<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales; <sup>II</sup>Centro de Estudios de Investigaciones Aplicadas a Empresas de la Producción y los Servicios (CEIA), Universidad de Oriente, Cuba*

### Resumen

Las entidades agrícolas de la Unidad Empresarial de Base (UEB) Atención al Productor "Paquito Rosales" están obligadas a la confección de sus planes técnico - 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. El objetivo general de la presente investigación es determinar la variante de desarrollo que logre una mayor satisfacción de las metas establecidas por las entidades agrícolas seleccionadas de la UEB Atención al Productor "Paquito Rosales" de la provincia Santiago de Cuba, mediante la modelación económico – matemática. Los resultados indican un mejoramiento en la eficiencia del cultivo de la caña de 7,46%, así como de los cultivos varios de 5,2%.

**Palabras clave:** planificación corriente, entidades agrícolas, programación entera binaria con prioridades

### Abstract

The agricultural entities of the UEB Atención al Productor "Paquito Rosales" are forced to make their technical - economic plans where they reflect, among others, the agricultural production for type, as well as their total expenses and production costs. In the determination of these plans all the possible production variants are not contemplated, that allow to evaluate the best action course to short and medium term, therefore, these plans suffer of an alternative serious analysis. The general objective of the present research is to determine the development variant that achieves a bigger satisfaction of the goals settled down by the agricultural entities selected from UEB Atención al Productor "Paquito Rosales" of Santiago de Cuba, by mean of the economic and mathematic models. The results indicate an improvement in the efficiency of cane of 7,46%, as well as of the several cultivations of 5,2%.

**Key words:** current planning, agricultural entities, goal programming.

## Introducción

Antes del triunfo de la Revolución, el monocultivo era uno de los principales males del campo cubano. Solo 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 desastrosas consecuencias eran evidentes.<sup>1</sup>

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

A finales de la década de los 70 se debatió en Cuba cómo hacer más eficiente la agricultura cubana, el estado orientó 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 que el estado protege el medio ambiente y los recursos naturales y reconoce su vínculo con el desarrollo económico social sostenible. El intercambio con el campo socialista produce un impacto favorable en la agricultura, pasando 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, a partir de una valoración más adecuada de las experiencias anteriores, pero esa búsqueda se vio interrumpida por la adversa coyuntura que se debió enfrentar a partir de 1990.

La caída del campo socialista tuvo una repercusión negativa en la agricultura cubana debido, fundamentalmente, a la falta de insumos tales como los fertilizantes y otros productos para el agro-mercado.

La falta de combustible y el encarecimiento de este produjeron impactos muy negativos en el riego, lo anterior condujo a una disminución de los rendimientos agrícolas en todos los cultivos cubanos.

Más allá de los errores cometidos en el ámbito de la política económica y que mostraron la insuficiente respuesta a la necesaria compatibilización entre la planificación centralizada de base material y la introducción de elementos mercantiles, y a pesar de los negativos efectos del sostenido bloqueo económico de Estados Unidos, la planificación socialista acompañó siempre la obra revolucionaria con la intención de propiciar el uso más racional de los limitados recursos disponibles, asegurar el desarrollo multilateral de la sociedad cubana y coadyuvar al logro de niveles superiores de satisfacción de las necesidades del pueblo cubano.

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 de 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.

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 se pasaba a regular y controlar con nuevos mecanismos económicos, la actividad empresarial y la administración cotidiana de los recursos.

La elaboración del plan a partir de entonces se ha hecho mucho más compleja producto del mayor grado de incertidumbre con que tenían que elaborarse las proyecciones; la diversificación estructural de la

<sup>1</sup>Ver de Elena Álvarez "La planificación a mediano y largo plazo: Notas para un debate". Ponencia presentada al Seminario Nacional: El Perfeccionamiento de la Planificación y el Papel del Estado en la Economía. MEP. La Habana. Julio 6 y 7 de 2000.

propiedad estatal y la forma de operación mayormente descentralizada de sus recursos; la dualidad monetaria y la ausencia de proyecciones a mediano plazo, entre los factores más importantes de orden objetivo que pudieran mencionarse.

En cuanto a la agricultura se ha fortalecido el papel de la planificación, fundamentalmente a nivel de entidad, aunque todavía es necesario introducir nuevas técnicas de planificación y control, vinculadas a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs), de manera que se incremente el perfeccionamiento en la elaboración del plan y su control para la toma de decisiones.

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 avanzar a ritmos más acelerados en el perfeccionamiento del 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"<sup>2</sup>,

avanzando en sus expresiones financiera y territorial, así como en la planificación empresarial.

En este sentido, 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 que ha tenido la teoría económica contemporánea, ya que es un método flexible por el gran número de variables y restricciones que admite, permitiendo expresar de una forma más exacta y real una situación determinada y compleja. Por lo que su crecimiento 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, ya que presentan deficiencias en el sistema de planificación. Lo anterior se puede observar en la siguiente tabla 1 comparativa entre 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" de la provincia Santiago de Cuba, en el período del 2010 – 2012.

**Tabla 1. Producción real y planificada de caña y cultivos varios en toneladas, en el período 2010 – 2012 de la UEB Atención al Productor "Paquito Rosales"**

Cultivos	2010			2011			2012		
	Plan	Real	%	Plan	Real	%	Plan	Real	%
Caña	298765,0	232173,0	0,78%	254365,0	208924,0	0,82%	265437,0	196279,0	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"

<sup>2</sup>Resolución Económica V Congreso del Partido Comunista de Cuba. La Habana: Editora Política, p. 26.

Como puede observarse, existen diferencias notables entre la planificación de las producciones y lo que realmente se hace, en unas oportunidades sobrepasan el plan, pero en otras no consiguen acercarse a dicho plan. El objetivo de las entidades de la UEB Atención al Productor "Paquito Rosales" es la producción de caña y alimentos, y es notable la diferencia entre lo planificado y el real debido a que estas entidades, en general, contemplan una sola variante del plan, por lo complejo que resulta analizar alternativas con un criterio de tomar en cuenta 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 deforma la actual y futura toma de decisiones.

De tal forma, las entidades agrícolas de la UEB Atención al Productor "Paquito Rosales" necesitan confeccionar sus planes técnico - económicos donde reflejen, 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.

De esta forma, el objetivo general de esta investigación radica en determinar la variante de desarrollo que logre una 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 forma parte de un 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, las cuales producen caña, cultivos varios, forestales, frutales, ganadería, entre otros; elaboran sus planes anuales mediante un proceso que surge en la base (desde los trabajadores más simples) y se consolida a

nivel de entidad. En las entidades, la confección de estos planes presenta un trabajo arduo y complejo, debido a la cantidad de productos que poseen, lo cual se convierte en una actividad complicada debido a la cantidad de variantes posible a analizar. Como no existen todas las condiciones posibles desde el punto de vista de los recursos humanos y materiales para la valoración de cada una de las variantes posibles, el plan se determina por la experiencia del equipo económico - productivo existente y se maneja solo una variante. En este escenario está demostrado que esta variante puede considerarse por encima o por debajo de las potencialidades de la entidad, esta cuestión queda demostrada 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 un proceso de 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 preplanificado 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, la cual es factible de utilizar en estos casos ya que se cumple con los supuestos para la aplicación de estas técnicas.

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

Las entidades cuentan con *R* recursos corrientes: 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.

## Planteamiento matemático

Como las exigencias del planteamiento matemático a esta formulación presentan restricciones en sentido contrario (mayor que y menor que), el problema tiene un alto grado de incompatibilidad. Además, el problema está enfocado a cumplimentar tres objetivos. Por tal motivo, la programación meta es una buena salida para enfocar este tipo de problemas, puesto que, este planteamiento orientado a 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 decisiones está definido por una serie de objetivos a optimizar que deben de satisfacer un determinado conjunto de restricciones. Como la optimización simultánea de todos los objetivos es usualmente imposible, pues en la vida real entre los objetivos que pretende optimizar un centro decisor suele existir un 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 desviaciones conocidas como sublogros y sobrelogros, obtener una solución que puede satisfacer las metas establecidas.

Como las diferentes variantes de producción implican diferentes consumos de recursos en las entidades, entonces la situación sería: encontrar la variante para cada entidad que satisfaga las siguientes metas con prioridades:

Prioridad 1: cumplimiento de la demanda de producción de caña.

Prioridad 2: cumplimiento de la demanda de cultivos varios.

Prioridad 3: no sobrepasar el presupuesto de gastos.

## 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 en la entidad  $i$ , medida en toneladas, 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 toneladas 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 toneladas.

$M_j$  - necesidad mínima de entrega de cultivos varios, medida en toneladas.

$a_{irq}$  - insumo de recursos de la entidad  $i$ , en su 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.

$w_3$  - peso asociado a la prioridad dos.

$w_4$  - peso asociado a los sobrelogros de los recursos.

### Variables

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

$sub_{1j}$  - sublogro asociado a la restricción de caña;  $j = 1, \dots, b$ .

$sob_{1j}$  - sobrelogro asociado a la restricción de caña;  $j = 1, \dots, b$ .

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

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

$sub_{3r}$  - sublogro asociado a las restricciones de recursos tipo  $r$ .

$sob_{3r}$  - sobrelogro asociado a las restricciones de tipo  $r$ .

$sub_{4r}$  - sublogro asociado a la restricción de gastos.

$sob_{4r}$  - sobrelogro asociado a la restricción de gastos.

### Restricciones

1- Satisfacer la entrega estatal de caña.

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

$$j = 1, \dots, b$$

2- Satisfacer la entrega estatal de cultivos varios.

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

$$j = b + 1, \dots, n$$

3- Utilización de los recursos.

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

$$r = 1, 2, \dots, R$$

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.

$$x_{iq} \text{ , es binaria } \forall i, q$$

**Función Objetivo**

$$\text{Min } Z = P_1 w_1 \sum_j^b \text{sub}_{1j} + P_2 w_2 \sum_{b+1}^n \text{sub}_{2j} + P_3 w_3 \text{sob}_4 + w_4 \sum_r^R \text{sob}_{3r}$$

El análisis de las restricciones es el siguiente:

El conjunto de restricciones 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. El conjunto de restricciones 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. El conjunto de restricciones 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 sobregros correspondientes. La restricción 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 sobregros correspondientes. Las restricciones del grupo 5) indican 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 sobregros 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  $(m * Q)$  variables de decisión,  $2 * (n + R + 1)$  variables de sobregro y sublogro, además  $(n + R + m + 1)$  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 hará una detallada explicación de los modelos utilizados para la solución de esta situación.

**Confeción de la base informativa. Obtención de la solución. Interpretación de los resultados y análisis económico**

Se entiende por aseguramiento informático al conjunto de datos, indicadores, documentos, clasificadores y ficheros que forman la base informativa del modelo, y los métodos y medios para la selección, clasificación, almacenamiento, búsqueda, actualización y elaboración de la información, que aseguren los datos necesarios para solucionar las tareas funcionales y la información requerida por todos los usuarios.

La información primaria para el desarrollo del modelo económico-matemático utilizado se obtuvo de los sistemas informáticos SICEP, IBM SPSS v.19 y Eviews 3.1, lineamientos nacionales y provinciales de AZCUBA y Empresa Azucarera provincial respectivamente, criterios de expertos de la UEB Atención al Productor "Paquito Rosales".

Para la determinación de los principales productos con que cuentan las entidades agrícolas se utilizó el coeficiente de concordancia de Kendall.

**Prueba W de Kendall**

**Estadísticos de contraste**

N	7
W de Kendall <sup>a</sup>	,829
Chi-cuadrado	34,839
gl	6
Sig. asintót.	,000

<sup>a</sup>. Coeficiente de concordancia de Kendall

### Formulación de las hipótesis

$H_0$  - no existe concordancia entre los expertos.

$H_1$  - 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.

### Coefficiente de concordancia de Kendall

El coeficiente de concordancia de Kendall se utiliza para medir el grado de concordancia o afinidad que presentan los individuos respecto a las  $k$  variables, tomando valores entre 0 y 1. Los valores  $W$  próximos a 0 indican total desacuerdo entre los individuos, mientras que los valores próximos a 1 indican total acuerdo. Si los expertos fueran totalmente concordantes, el rango asignado a los valores de una de las características principales sería sistemáticamente igual a 1, el asignado a una segunda característica, sistemáticamente igual a 2, y así sucesivamente. En consecuencia las medias de los rangos de las  $n$  características principales serían iguales a 1, 2, ...,  $n$ . Si por el contrario, los expertos fueran totalmente discordantes las medias de los rangos de las  $n$  características principales serían aproximadamente iguales entre sí.

$d_{ijq}$  - producción de la entidad  $i$  medida en toneladas, para el producto  $j$  y variante de producción  $q$  en el periodo analizado.

$m_{ijq}$  - producción de cultivos varios  $j$  de la entidad medida en toneladas, para la variante de producción  $q$  en el periodo analizado.

Para el cálculo de estos coeficientes se utilizó la regresión lineal múltiple con el objetivo de determinar el rendimiento por hectárea de todos los productos. Una vez obtenido este coeficiente se multiplicó por el área de cada producto, tomando en consideración el

balance de área de cada entidad para el año 2013 debido a la restructuración que han sufrido las entidades.

### Regresión lineal múltiple

El análisis de regresión lineal múltiple tiene como objetivo estimar la relación funcional existente entre una variable explicada (dependiente) y un conjunto de variables explicativas (independientes). Este modelo tiene cuatro etapas o pasos metodológicos fundamentales: a) identificación; b) información primaria y estimación; c) verificación; y d) pronóstico.

#### Etapa I. Identificación

Para la construcción de la función de respuesta, el planteamiento econométrico general del modelo es el siguiente:

#### Variable dependiente

$Y_i$  - observación  $i$  de los rendimientos en toneladas por hectárea ( $t/ha$ ). de los productos caña ciclo largo, caña ciclo corto, yuca, plátano, boniato, malanga y hortalizas, se determinan partiendo de valores históricos de las entidades objeto de estudio.

#### Variabes independientes

$X_{1i}$  - observación  $i$  de la lluvia en milímetros cúbicos ( $mm^3$ ) de los productos caña ciclo largo, caña ciclo corto, yuca, plátano, boniato, malanga y hortalizas, se determinan partiendo de valores históricos de lluvia caída dentro de intervalos normales para los cultivos que se contemplan en las entidades objeto de estudio.

$X_{2i}$  - observación  $i$  de las atenciones culturales medidas en puntos de los productos caña ciclo largo, caña ciclo corto, yuca, plátano, boniato, malanga y hortalizas, se determinan partiendo de valores históricos de las entidades objeto de estudio.

$X_{3i}$  - observación  $i$  del porciento de población medido en puntos de los productos caña ciclo largo, caña ciclo corto, yuca, plátano, boniato, malanga y hortalizas, se determinan partiendo de valores históricos de las entidades objeto de estudio.

### Parámetros:

$\beta_0$ - constante de la función. Representa el rendimiento medio cuando las variables independientes sean cero;

$\beta_1$ - coeficiente asociado a la lluvia en milímetros cúbicos ( $mm^3$ ). Representa la variación promedio de los rendimientos por variación unitaria de la lluvia, manteniendo constante el resto de las variables independientes;

$\beta_2$ - coeficiente asociado al porciento de población en puntos. Representa la variación promedio de los rendimientos por variación unitaria del porciento de población, manteniendo constante el resto de las variables independientes;

$\beta_3$ - coeficiente asociado a las atenciones culturales en puntos. Representa la variación promedio de los rendimientos por variación unitaria de las atenciones culturales, manteniendo constante el resto de las variables independientes;

$\varepsilon$  - perturbación estocástica, que representa una variable sustitutiva de todas las variables omitidas que puedan afectar a  $Y_i$ .

El punto de partida estará dado por cinco funciones de respuesta o modelos de regresión lineal múltiples, los cuales se muestran a continuación:

Lineal:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

Lineal-Logarítmica:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \dots + \beta_n \ln X_n + \varepsilon$$

Inversa:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{x_1}\right) + \beta_2 \left(\frac{1}{x_2}\right) + \dots + \beta_n \left(\frac{1}{x_n}\right) + \varepsilon$$

Doble logarítmica:

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \dots + \beta_n \ln X_n + \varepsilon$$

Logarítmica-Lineal:

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

### Etapa II. Información primaria y estimación

La información primaria se obtiene utilizando un intervalo para cada una de las variables; este intervalo recoge el movimiento mínimo de las variables, es decir, la variable nunca ha tomado un valor menor que ese valor mínimo, y máximo, todo lo contrario. Posteriormente, el programa utilizado SICEP (Sistema Informático para Estimados de la Producción) contempla la generación de números aleatorios dentro de dicho intervalo. Este enfoque es válido cuando la información de partida no existe o no es confiable.

Es necesario enfatizar que en la determinación de los rendimientos de los principales productos como caña ciclo largo, caña ciclo corto, plátano, boniato, yuca, malanga y hortalizas, el investigador se basó en los principales factores que determinan dichos rendimientos, tales como la *lluvia* caída, el *porciento de población* del producto y las *atenciones culturales* que se le brindan. Esto no implica que no puedan existir otras variables que describan en cierta medida el comportamiento de los rendimientos, es solo que el autor se basa en la hipótesis de parsimonia<sup>3</sup>, si con pocas variables se puede explicar un elevado por ciento del comportamiento de la variable dependiente, no es necesario incluir variables adicionales que pudieran ser irrelevantes y sesgar el modelo.

Para la determinación de los parámetros o coeficientes en las funciones de respuesta se utiliza el método de los mínimos cuadrados ordinario, el cual garantiza que la suma de los cuadrados de los residuos es mínima; el método es de varianza mínima y además, el cumplimiento o no de los supuestos planteados en el teorema de Gauss-Markov.

Se parte de una muestra representativa de la población, la cual debe cumplir con los supuestos que se verifican, mediante las pruebas de hipótesis correspondientes.

Para el cálculo de la función óptima de respuesta se utilizará el paquete estadístico IBM SPSS Statistics V.19.

<sup>3</sup>Damodar Gujarati. *Basic Econometrics*. Fourth Edition. The McGraw Hill Companies, 2004, p. 46.

### **Etapa III. Verificación o inferencia estadística**

Se refiere a refutar o confirmar la estimación realizada mediante pruebas de hipótesis, verificando si la muestra procede de la población en la que se describe el fenómeno. En este caso el cumplimiento de los supuestos se expresa a través de los modelos clásicos.

### **Etapa IV. Predicción**

Si se confirma el modelo escogido, entonces el próximo paso es la predicción o pronóstico, la cual debe corresponder, para determinados valores de las variables independientes, con el comportamiento teórico de la variable dependiente.

El cumplimiento de estos aspectos permitirá concluir que la curva es significativa y que, con las muestras que se analizan, se podrán hacer predicciones sobre la población. En caso contrario, se procede a ampliar la muestra, tratar la información nuevamente o cambiar la muestra definitivamente, y hallar una nueva función.

$D_j$  - necesidad mínima de entrega de caña medida en toneladas.

$M_j$  - necesidad mínima de entrega de cultivos varios medida en toneladas.

Teniendo en cuenta que los datos de demandas no son datos transversales sino temporales, se aplica la metodología de Box-Jenkins para modelos ARIMA, que es el procedimiento idóneo de estimación en este caso, según el principio de ergodicidad.<sup>4</sup>

### **Metodología de Box-Jenkins para modelos ARIMA**

Se ha seleccionado el enfoque Box-Jenkins por la siguientes razones: primero, porque en la literatura especializada se considera que las "... técnicas más rigurosas para la predicción univariante son las denominadas técnicas o modelos Box-Jenkins, o más

concretamente modelos ARIMA".<sup>5</sup> El nombre de los modelos ARIMA procede de las siglas en inglés *Autorregresive Integrated and Moving Average*. Su significado es modelos integrados (I) autorregresivos (AR) y de medias móviles (MA); segundo, porque se cuenta con una serie amplia, que posee un número significativo de observaciones; y tercero, porque el procedimiento que sigue esta metodología permite diferenciar la serie, para que cumpla las condiciones de estacionariedad sin grandes complicaciones. Debe tomarse en cuenta que las series económicas, por regla, no cumplen esta condición; se pueden citar tres "motivos" por los cuales no suele producirse estacionariedad en las series económicas: la serie presenta tendencia (que se puede asociar con estacionariedad en media), la varianza no es constante; y por último, la serie presenta estacionalidad.

Una parte considerable del éxito de estas técnicas esta dado por las ventajas que tiene sobre la regresión al realizar los pronósticos. Todos los modelos que utilizan la regresión para obtener un número esperado de casos son estáticos, es decir, suponen las relaciones entre las variables independientes y la dependiente en el tiempo; en cambio, la modelación ARIMA supone que estas son dinámicas. Por otra parte, mientras que la regresión es insensible a las modificaciones recientes de las variables, pues le asigna el mismo peso a todos los valores de estas, en los modelos ARIMA se puede determinar con bastante precisión los valores que en un momento del tiempo, tienen más peso y de esa manera, usarlos en el pronóstico. Esta determinación se hace con más exactitud que con los Alisamientos Exponenciales.

Por último, dado que el análisis de regresión solamente describe una relación estática, la bondad del ajuste de un modelo de este tipo con relación a los valores pasados, no implica necesariamente un pronóstico más exacto para valores futuros, aún cuando se haya obtenido un  $R^2$  alto.

<sup>4</sup>Daniel Peña. *Modelos y métodos lineales y series temporales*. 2da Edición. Alianza Editorial, 1989, p. 553.

<sup>5</sup>Ana C. Kikut Valverde y otros. "Aspectos conceptuales sobre las series de tiempo". Banco Central de Costa Rica. División Económica, 2008.

No obstante, la utilización de esta técnica tiene algunas desventajas, entre las cuales esta la necesidad de emplear numerosas unidades de observación, generalmente se exige no menos de 50; además, requiere de un entrenamiento especial para su ejecución y resulta casi imposible su aplicación sin computadoras.

En esta investigación la recogida de datos que se proyectó comprende 84 observaciones del comportamiento mensual de la demanda de cada uno de los productos, a lo largo de un período que media entre enero de 2006 y diciembre de 2012; por consiguiente, existe la base de datos fáctica adecuada para el empleo de este tipo de modelos.

Esta metodología se resume en cuatro pasos; identificación, estimación, verificación y pronóstico, lo cual se tuvo en cuenta en esta investigación.

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

En este caso pueden utilizarse tres enfoques:

a) Utilización de la distribución  $\beta$ , la cual es una distribución relativa a una variable aleatoria  $t$  comprendida en el intervalo  $[A;B]$ , siendo  $A>0$  y  $B>0$ , cuya esperanza matemática es,

$$E(t) = \frac{A+4M+B}{6}$$

donde  $A$  es el valor mínimo,  $B$  es el valor máximo y  $M$  es el valor medio. En este caso  $E(t)$  representará la esperanza matemática para cada una de las variantes utilizadas. Este enfoque fue desechado debido a que su utilización tiene lugar cuando no existe ningún registro anterior del dato que se quiere buscar.

b) Media móvil ponderada, la cual se utiliza cuando para cada dato a estimar se conocen tres datos anteriores, y cada uno de estos datos se le da un peso y se divide entre la suma total de los pesos.

c) Utilización de los índices de consumo material. Se tomaron de acuerdo al área total de las entidades sembradas y a los diferentes niveles de producción.

$B_r$  - disponibilidad máxima del recurso  $r$ , medidas en sus unidades correspondientes.

En este caso se tomó lo planificado por las entidades objetos de estudio para el año 2013.

$c_{iq}$  - gastos totales de la entidad  $i$  medida en pesos cubanos y variante de producción  $q$ .

Para la determinación de los coeficientes  $c_{iq}$  se tuvo en cuenta, como datos de partida, la ficha de costo para cada producto elaborado por el antiguo Grupo Empresarial del Azúcar (GEMA), y los coeficientes  $d_{ijq}$  y  $m_{ijq}$ . De esta manera:

$$c_{iq} = \sum_{j=1}^b d_{ijq} * \bar{c}_j + \sum_{j=b+1}^n m_{ijq} * \bar{c}_j$$

Donde:

$d_{ijq}$  - producción de caña de la entidad  $i$  en la variante de producción  $q$ .

$m_{ijq}$  - producción de cultivos varios de la entidad  $i$  en la variante de producción  $q$ .

$\bar{c}_j$  - costo de una tonelada del producto  $j$  tomado de la ficha de costos.

$G$  - presupuestos de gastos de las entidades, medido en pesos cubanos.

El presupuesto de gastos disponible  $G$  en el período que se analiza lo calcula cada entidad de acuerdo con los niveles de actividad que proyecta en el año y lo solicita al banco mediante un estado de resultados previo que presenta y que aprueba este organismo.

### **Prioridades de la Empresa Azucarera**

Para determinar el nivel de prioridad de la empresa atendiendo a los gastos totales, producción de caña y producción de cultivos varios, se utilizó el coeficiente de concordancia de Kendall, el cual se ha explicado con anterioridad. El mismo arrojó un coeficiente de 0,543, con una significación de 0,028, lo que infiere que existe concordancia entre los expertos.

## Determinación de las prioridades mediante el coeficiente de concordancia de Kendall

### Prueba W de Kendall

#### Rangos

	Rango promedio
Mayor peso caña, peso intermedio cultivos varios, menor peso gastos	4,90
Mayor peso cultivos varios, peso intermedio caña, menor peso gastos	2,40
Mayor peso gastos, peso intermedio cultivos varios, menor peso caña	3,00
Mayor peso gastos, peso intermedio caña, menor peso cultivos varios	2,60
Mayor peso caña, peso intermedio caña, menor peso cultivos varios	2,10

#### Estadísticos de contraste

N	5
W de Kendall <sup>a</sup>	,543
Chi-cuadrado	10,857
gl	4
Sig. asintót.	,028

a - coeficiente de concordancia de Kendall

#### Formulación de las hipótesis

$H_0$  - no existe concordancia entre los expertos.

$H_1$  - 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 0,028, por lo que se rechaza la hipótesis nula de no existencia de concordancia entre los expertos. Dicha concordancia no es elevada y se demuestra a través del coeficiente W de Kendall que se encuentra bastante próximo a 0,5, en este caso es de 0,543.

El orden de prioridad seleccionado es como sigue:

$P_1$  - 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.

Para el caso de  $w_1$ ,  $w_2$  y  $w_3$  se establecieron de acuerdo con el criterio de la empresa. En este caso, en una escala de 1 a 10, se le da el mayor peso a la primera prioridad, un peso intermedio a la segunda prioridad, y el menor peso a la tercera prioridad.

$w_1$  - peso asociado a la prioridad uno.

$w_2$  - peso asociado a la prioridad dos.

$w_3$  - peso asociado a la prioridad tres.

$w_4$  - peso asociado a los sobregros de los recursos tipo  $r$ .

No se le asignó peso a  $w_4$ .

La interpretación de cada una de las variables de decisión en el resultado del WINQSB es la siguiente:

**Tabla 2: Tabulación y significado de las variables de decisión.**

<b>UEB Atención al Productor “Paquito Rosales” CPA “Sabino Pupo”, UBPC “Sabanilla” y UBPC “El Leonor” Resultados de las variantes de producción Año 2013</b>	
<b>Variables de decisión</b>	<b>Significado</b>
$X_{11} = 0$	La CPA “Sabino Pupo” no debe considerar la variante de producción I.
$X_{12} = 0$	La CPA “Sabino Pupo” no debe considerar la variante de producción II.
$X_{13} = 1$	La CPA “Sabino Pupo” debería considerar la variante de producción III.
$X_{21} = 0$	La UBPC “Sabanilla” no debe considerar la variante de producción I.
$X_{22} = 0$	La UBPC “Sabanilla” no debe considerar la variante de producción II.
$X_{23} = 1$	La UBPC “Sabanilla” debería considerar la variante de producción III.
$X_{31} = 0$	La UBPC “El Leonor” no debe considerar la variante de producción I.
$X_{32} = 0$	La UBPC “El Leonor” no debe considerar la variante de producción II.
$X_{33} = 1$	La UBPC “El Leonor” debería considerar la variante de producción III.

**Fuente: Elaboración del autor.**

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

- Como se puede mostrar en la tabla anterior, 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. Tal como se muestra en la siguiente tabla 3.

**Tabla 3: Resultados proporcionados por el Paquete Profesional WINQSB**

	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
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	182,05	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

Con este resultado se lograría obtener, desde el punto de vista de la planificación para las tres entidades, un costo por peso promedio en la producción de caña de \$0,88, que con respecto al actual (\$0,95) se tendría una disminución de 7,46%, incrementándose la eficiencia de las entidades.

Con respecto a los cultivos varios se obtuvo un precio promedio ponderado teniendo 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 \$45353,21. A partir de este análisis el costo por peso de producción para cultivos varios fue de \$2,89, el actual es de \$3,05, incrementándose entonces la eficiencia en 5.2%.

## Conclusiones

*La aplicación de la Programación Meta en enteros binaria con prioridades para la determinación de la variante de desarrollo que satisfaga las metas de la las entidades seleccionadas en la UEB Atención al Productor "Paquito Rosales" condujo a las siguientes conclusiones:*

*1. La solución del modelo de Programación Meta en Enteros Binaria con Prioridades, permite, al seleccionar la variante de producción III, incrementar a nivel de planificación los indicadores físicos de la producción de caña y cultivos varios en toneladas métricas, en las entidades objeto de estudio.*

*2. El indicador costo por peso disminuye en un 7,0 % y 11,8 % con respecto al plan 2013 y real 2012. La dinámica Productividad-Salario medio aumenta 2,6 y 2,4 veces con respecto al plan 2013 y real 2012. Esto, a su vez, repercute en un mayor nivel de eficiencia a nivel de la UEB Atención al*

*Productor "Paquito Rosales", lo cual satisface los objetivos de la investigación y valida la hipótesis formulada.*

*3. La utilización de un sistema profesional posibilita en una primera fase de introducción, adecuar de forma rápida cualquier cambio que tenga lugar en el conjunto de productos a analizar, a la vez que permite ubicar las acciones de organización y de administración de las entidades en un nivel cualitativamente superior a cualquier etapa, incidiendo de esta forma, en la elevación de la eficiencia.*

*Al mejorar las atenciones culturales de la caña y cultivos varios, premisa fundamental para el incremento de los rendimientos, las entidades de la UEB Atención al Productor "Paquito Rosales", trabajarán en una forma más ordenada, cuestión altamente significativa para el cuidado y conservación de los suelos.*

## Recomendación

Implementar los resultados obtenidos en 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.

## Bibliografía

1. ÁLVAREZ, Elena. "La Planificación a mediano y largo plazo: Notas para un debate". Ponencia presentada al Seminario Nacional: *El perfeccionamiento de la planificación y el papel del estado en la economía*. MEP. La Habana, julio, 2000.
2. CASTRO RUZ, Ramón: *Problemas fundamentales a solucionar en la industria azucarera en Cuba*. La Habana, Ediciones Verde Olivo, 1996.
3. CUÉLLAR AYALA, Ismael y otros: *Álvaro Reynoso 140 años después*. Ciudad de La Habana, Cuba, (s.e), 2002.

4. DEMESTRE, Ángela y otros: *Decisiones Financieras. Una necesidad Empresarial*. Cuba, Editorial Publicentro, 2006, p.41.
5. DRAPPER, N.R.; Smith, H: *Análisis de Regresión Aplicada*. Universidad de la Habana, (s.e), 1998.
6. GARCÍA SÁNCHEZ, María Luisa. "Utilización de funciones de respuesta para la determinación de agropotenciales cañeros en agroecosistemas seleccionados del CAI "Julio A. Mella" de la provincia Santiago de Cuba". Trabajo de Diploma en opción al título de licenciado en Contabilidad y Finanzas. Universidad de Oriente, 2000.
7. GUERRA BUSTILLO, Caridad W. *Estadística*. 2ª ed. La Habana, Editorial Félix Varela, 2004.
8. Gujarati, Damodar. *Basic econometrics*. Fourth edition. The McGraw Hill Companies, 2004, p. 46.
9. \_\_\_\_\_. *Econometría*. 2a ed. 2008. p. 124-1247.
10. HORNGREN, Charles T. *Contabilidad de Costo*. Primera Parte. La Habana, (s.e), 1991, p. 46.
11. Informe del MINAZ al grupo de control gubernamental; noviembre, 1998.
12. KIKUT VALVERDE, Ana C. y otros. "Aspectos conceptuales sobre las series de tiempo". Banco Central de Costa Rica, División Económica, 2008.
13. MINAZ. "Fichas de costos de las principales producciones agropecuarias y forestales". Documento nacional, 2006.
14. PEÑA, Daniel. *Modelos y métodos lineales y series temporales*. 2da Edición. Alianza Editorial, 1989.
15. *Resolución Económica V Congreso del Partido Comunista de Cuba*. La Habana: Editora Política, p. 26.