

# Propuesta de mejoramiento del uso de las tierras en la producción de alimentos agrícolas

## *Proposal for Improvement of Land Use in Agricultural Food Production*

Ing. Víctor Luis López-Lescay<sup>I</sup>; Dr.C. Raimundo Juan Lora-Freyre<sup>II</sup>; Lic. Rubén Guillermo Pellicer-Durán<sup>II</sup>  
[lora@eco.uo.edu.cu](mailto:lora@eco.uo.edu.cu); [ruben.pellicer@eco.uo.edu.cu](mailto:ruben.pellicer@eco.uo.edu.cu)

<sup>I</sup>Presidente de la Asociación Nacional de Economistas y Contadores de Cuba (ANEC), Santiago de Cuba;

<sup>II</sup>Centro de Estudios de Investigaciones Económicas Aplicadas (CEIA), Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Oriente, Cuba

### Resumen

Este trabajo investigativo forma parte del proyecto universitario denominado "Perfeccionamiento de los procesos de producción de alimentos en Unidades Empresariales de Base (UEB), de la provincia Santiago de Cuba", perteneciente al Centro de Estudio de Investigaciones Económicas Aplicadas (CEIA). Se llevó a cabo en la "Granja Santiago", con subordinación directa al Ministerio del Interior (MININT). Tiene como objetivo fundamental la optimización de la estructura de las tierras de cultivos varios partiendo del uso de la Modelación Económico-Matemática, lo cual permite incrementar los niveles de producción e ingresos, a la vez que se reduzcan los costos. Los análisis preliminares brindan cientificidad al proceso de planificación y permiten, un mejoramiento de los resultados obtenidos. Como promedio, desde el punto de vista de la planificación, la producción se incrementa en un 35,45 %, los ingresos en un 27,92 % y los costos disminuyen en un 13,90 %.

**Palabras clave:** optimización, modelación económico-matemática, planificación.

### Abstract

This research work is part of a university project called "Process Improvement of Food Production Base in Business Units (Ueb), province of Santiago de Cuba" belonging Study Centre of Applied Economic Research (CEIA). It took place in the "Granja Santiago" with direct subordination to the Ministry of Interior (MININT). Its main objective is the optimization of the structure of land of various crops based on the use of the Economic-Mathematical modeling, which allows to increase production levels and revenue while reducing costs. Preliminary analyzes provide scientificity the planning process and allow an improvement of the results. Average, from the point of view of planning, production increases by 35,45 %, revenue by 27,92 % and the costs decrease by 13,90 %.

**Keywords:** optimization, economic-mathematical modeling, planning.

## Introducción

El desplome del campo socialista en 1991 trajo consecuencias negativas para Cuba al perder las relaciones que garantizaban más del 80% del comercio exterior, lo que provocó una recesión económica y esto, a su vez, ocasionó que no se pudiera contar con los insumos necesarios para el mantenimiento de la agricultura, tales como: combustible, fertilizantes, piezas de repuestos para los equipos, entre otros.

En este contexto se procedió a una reestructuración a gran escala de la agricultura cubana. Hasta ese momento, la agricultura estatal controlaba aproximadamente el 80% de las tierras en las antiguas granjas estatales.

En los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución se plantea:

Continuar reduciendo las tierras improductivas y aumentar los rendimientos mediante la diversificación, la rotación y el policultivo. Desarrollar una agricultura sostenible en armonía con el medio ambiente, que propicie el uso eficiente de los recursos fito y zoogenéticos, incluyendo las semillas, las variedades, la disciplina tecnológica, la protección fitosanitaria y potenciando la producción y el uso de los abonos orgánicos, biofertilizantes y biopesticida.<sup>1</sup>

El 20 de julio de 1981 fue creada la granja "Modulo de Guerra" MININT para satisfacer las necesidades de los reclusos, militares y combatientes. El 24 de septiembre de 1985, adquiere el calificativo de "Granja Vocacional", asumiendo las producciones de hortalizas, viandas, leche y carnes procedentes de la cría de ganado vacuno, porcino, ovino y caprino; así como las ventas de posturas de frutales en moneda nacional. A partir del 10 de diciembre del 2009 toma el nombre de "Granja Santiago".

Los indicadores producción, ingresos y costos de la granja muestran en cierta medida inestabilidad, lo que trae consigo la gradual insatisfacción de la demanda. En determinado orden esto pudiera ocurrir debido a la no utilización de sistemas organizativos sustentados en métodos modernos de planificación.

El objetivo del presente trabajo es encontrar la mejor estructura de las tierras destinada a la producción de los cultivos varios, sustentada en la Modelación Económico - Matemática. Lo anterior posibilita una mejora a nivel de planificación de los indicadores de producción, ingresos y costos, teniendo en cuenta los planes de la entidad.

## Desarrollo

En la actualidad existen problemas debido a la crisis alimentaria en el mundo, lo que encarece aun más los precios de los alimentos e insumos para producirlos. Cuba no está exenta de estos problemas, es por eso que se hace necesario trabajar mejor cada día con el objetivo de que los procesos agrícolas sean más eficientes, no solo con el aumento de la producción y los ingresos, generando la disminución de los costos y la sustitución de importaciones, tarea tan importante y necesaria para la economía del país.

Las granjas estatales del MININT, desde su fundación, se plantearon como fines fundamentales los siguientes:

- Cultivar y comercializar de forma mayorista viandas, hortalizas, cereales, tubérculos, leguminosas, cítricos, flores y frutas en pesos cubanos.
- Cultivar y comercializar de forma mayorista posturas de árboles frutales y maderables y plantas ornamentales en pesos cubanos.
- Capturar y comercializar de forma mayorista pescados de agua dulce y salada así como subproductos en pesos cubanos.
- Producir y comercializar de forma mayorista hielo, en pesos cubanos.
- Producir y comercializar de forma mayorista leche fluida y derivados lácteos, en pesos cubanos.
- Producir y comercializar de forma mayorista huevos en pesos cubanos.
- Prestar servicios de transportación de sus producciones en pesos cubanos.

<sup>1</sup>Lineamiento 187 de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución.

- Producir y comercializar de forma mayorista productos derivados de la arcilla, en pesos cubanos.
- Brindar servicios de comedor y cafetería a sus trabajadores, en pesos cubanos.
- Brindar servicios de transportación de personal a sus trabajadores, en pesos cubanos.
- Brindar servicios de alojamiento no turístico y alimentación asociada a sus trabajadores, en pesos cubanos.
- Comercializar de forma mayorista inventarios ociosos y de lento movimiento, en pesos cubanos.
- Brindar servicios de almacenaje, en pesos cubanos.

La superficie total es de 136,92 hectáreas (ha), de ellas 6,56 están destinadas a las instalaciones de la granja, y 65,18 ha se dedican a la producción de viandas y hortalizas. Cuenta con un total de 108 trabajadores, de ellos seis dirigentes, cinco técnicos y 23 de servicios. Del total de trabajadores existen 74 obreros, de ellos 49 son civiles y 25 corresponden a los reclusos.

El comportamiento de los planes de producción de la granja para el año 2012 se presenta en el siguiente gráfico:

El gráfico 1 indica el cumplimiento productivo de las viandas y hortalizas en el año 2012; no obstante, este comportamiento por trimestre está sujeto a las variaciones del clima, atenciones culturales, entre otros factores. Es indiscutible que la distribución de las tierras por productos juega un papel fundamental en la elevación de los rendimientos por productos, lo que incide, positivamente, en la disminución de los costos y en el incremento de la rentabilidad.

Precisamente, la novedad radica en adaptar la utilización de técnicas modernas de planificación en función de encontrar el mejor uso de las tierras en la producción de alimentos agrícola, lo cual contribuye a la toma de decisiones en el corto y mediano plazo.

Este problema reúne las condiciones para la aplicación de la Programación Meta por las siguientes razones:

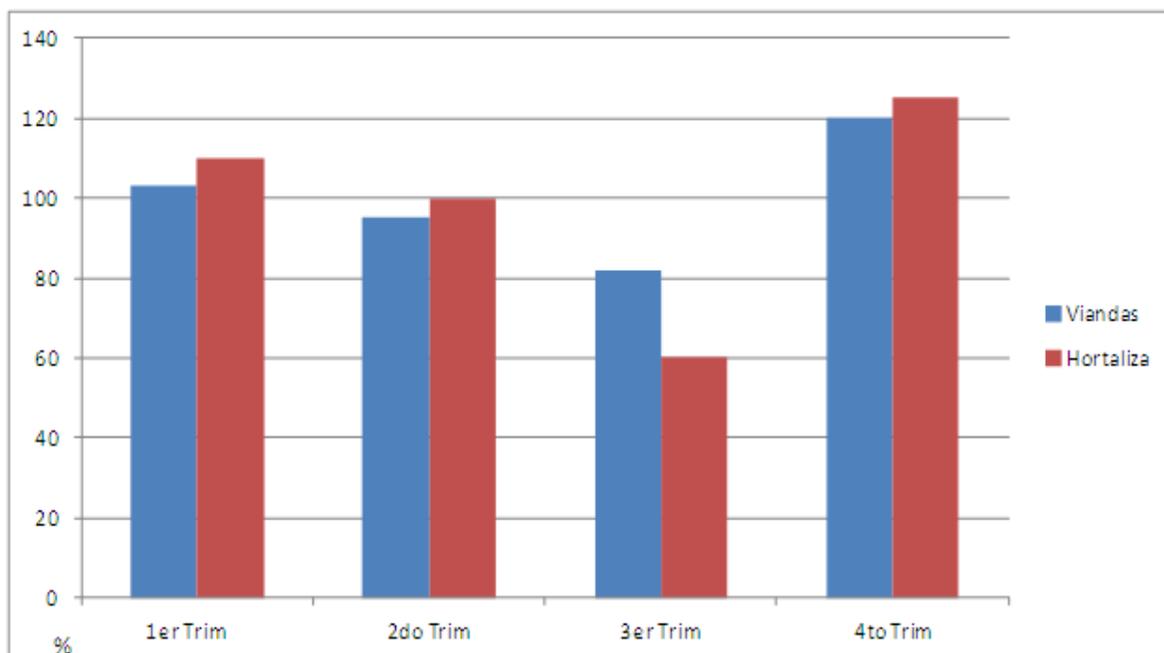


Gráfico 1: Comportamiento de los planes de producción en el año 2012.

Fuente: Gráfico elaborado por el Departamento de Economía de la "Granja Santiago".

- Los directivos y colaboradores en la entidad muestran interés y disposición en el desarrollo de una investigación con un enfoque científico, que estimulen el mejoramiento de la actividad administrativa y que potencien su crecimiento y desarrollo.

- La presencia de un significativo número de alternativas para la planificación de la producción, es decir, el conflicto clásico que surge de la intención de aumentar la producción y los ingresos y por otro lado reducir el consumo de recursos productivos.

**Formulación general del problema**

Se desea obtener una distribución óptima de las tierras teniendo en cuenta las disponibilidades de tierras en hectáreas, coeficientes de rotación de cada producto, nivel de demanda en toneladas, los diversos precios asociados a los destinos que poseen los productos, presupuesto de gastos destinado a la producción agrícola, rendimiento en toneladas de cada producto por hectárea; así como, el plan de producción en toneladas de cada producto. Con estos elementos el problema será encontrar la solución al conflicto de maximizar los valores de producción e ingresos y minimizar los costos.

**Formulación del Modelo Matemático de Programación Lineal**

**Índices:**

$j$  - tipos de productos  $j = 1, 2, \dots, d$ - viandas:  
 $j = d + 1, \dots, h$ - hortalizas

**Parámetros:**

$TV$  - total de hectáreas de tierras destinadas a la producción de viandas.

$TH$  - total de hectáreas de tierras destinadas a la producción de hortalizas.

$R_j$  - rendimiento en tonelada por hectáreas de cada producto  $j$ .

$PL$  - plan de producción en tonelada total.

$C_j$  - costo de producción, en pesos, de una hectárea del producto  $j$ .

$I$  - plan de ingresos.

$I_j$  - ingreso, en pesos, por la venta del producto  $j$ .

$CT$  - presupuesto de gastos.

$D_j$  - coeficiente de rotación del cultivo  $j$ .

$MIH_j$  - límites mínimos de hectáreas dedicadas a la producción del producto  $j$ .

$MAH_j$  - límites máximos de hectáreas dedicadas a la producción del producto  $j$ .

**Variabes:**

$X_j$  - hectáreas de tierras destinadas a la producción de cada producto  $j$ .

**Función Objetivo del Modelo de Producción**

**Función Objetivo del Modelo de Ingresos**

**Función Objetivo del Modelo de Costos**

**Restricciones:**

1. Disponibilidad de tierras, en hectáreas, para las viandas:

2. Disponibilidad de tierras, en hectáreas, para las hortalizas:

3. Cumplimiento de los límites mínimos de hectáreas dedicadas a la producción del producto  $j$ :

$$j = 1, 2, \dots, n$$

4. Cumplimiento de los límites máximos de hectáreas dedicadas a la producción del producto  $j$ :

$$j = 1, 2, \dots, n$$

5. Cumplimiento de los niveles de producción:

$$MAX \sum_{j=1}^n R_j X_j$$

6. Cumplimiento de los niveles de ingresos:

$$MAX \sum_{j=1}^n I_j R_j X_j$$

7. Cumplimiento de los niveles de costo:

$$MIN \sum_{j=1}^n C_j X_j$$

La solución óptima, representado por el valor de la función objetivo de los modelos de Programación Lineal, los cuales se han descrito de forma general,

$$\sum_{j=1}^d \frac{X_j}{D_j} \leq TV$$

serán los utilizados para establecer las metas propuestas.

$$\sum_{j=d+1}^h \frac{X_j}{D_j} \leq TH$$

Es claro que en cada modelo debe ser eliminada la restricción que coincide conceptualmente con la

$$X_j \geq MIH_j ;$$

función objetivo.

**Planteamiento matemático del modelo de Programación Meta**

$$X_j \leq MAH_j ;$$

Definición de los índices, parámetros y variables es la siguiente:

$$\sum_{j=1}^n R_j X_j \geq PL$$

**Índices:**

$$\sum_{j=1}^n I_j X_j \geq I$$

*j* - tipos de productos:

$$\sum_{j=1}^n C_j X_j \leq CT$$

*j* = 1,.....*d* para las viandas que no rotan;

*d* + 1,.....*f* para las viandas que rotan;

*f* + 1,.....*h* para las hortalizas;

*h* + 1,.....*n* para los granos.

*i* - denominación de la meta correspondiente

*i* = 1,.....*m*

**Parámetros:**

**To** - total de hectáreas de tierras disponible de la unidad.

**Tdnr** - total de hectáreas de tierras destinadas a la producción de viandas que no rotan.

**Tdr** - total de hectáreas de tierras destinadas a la producción de viandas que rotan.

**Th** - total de hectáreas de tierras destinadas a la producción de hortalizas.

**Tg** - total de hectáreas de tierras destinadas a la producción de granos.

**R<sub>j</sub>** - rendimiento en toneladas por hectáreas de cada producto *j*.

**PI<sub>j</sub>** - producción en toneladas de cada producto *j*.

**Pk<sub>j</sub>** - precio de la tonelada de cada producto *j* a cada destino *k*.

**C<sub>j</sub>** - costo de producción, en pesos, de una hectárea del producto *j*.

**I<sub>j</sub>** - ingreso, en pesos por hectárea, por la venta del producto *j*.

**IT\*** - ingreso óptimo total, en pesos, del total de hectáreas en producción.

**CT\*** - costo óptimo total, en pesos, del total de hectáreas en producción.

**PT\*** - producción óptima total, en tonelada del total de hectáreas en producción.

**D<sub>j</sub>** - coeficiente de rotación del cultivo *j*.

**W<sub>i</sub>** - importancia asignada por la entidad a la meta *i*.

**VARIABLES:**

$X_j$  - hectáreas de tierras destinadas a la producción de cada producto  $j$  durante el periodo evaluado.

$d_i^+$  - variable de desviación por encima respecto a la meta  $i$  (**sobrelogro**).

$d_i^-$  - variable de desviación por debajo respecto a la meta  $i$  (**sublogro**).

**Conjunto de restricciones:**

1. Disponibilidad de tierras, en hectáreas, para las viandas que no rotan:

2. Disponibilidad de tierras, en hectáreas, para las viandas que rotan:

3. Disponibilidad de tierras, en hectáreas, para las hortalizas:

4. Disponibilidad de tierras, en hectáreas, para granos:

5. Cumplimiento de la producción de viandas:

$$j = 1 \text{ hasta } d$$

6. Cumplimiento de la producción de hortalizas:

$$j = d + 1 \text{ hasta } h$$

7. Cumplimiento de la producción de granos:

$$\sum_{j=1}^f X_j \leq T_{dr} \quad j = h + 1 \text{ hasta } n$$

$$\sum_{j=f+1}^d \frac{X_j}{D_j} \leq T_{dr}$$

**Restricciones que constituyen metas:**

$$\sum_{j=d+1}^h \frac{X_j}{D_j} \leq T_h$$

8. Cumplimiento de la meta de producción:

$$\sum_{j=h+1}^n \frac{X_j}{D_j} \leq T_g$$

9. Cumplimiento de la meta de ingresos:

$$R_j X_j \geq P I_j$$

10. Cumplimiento de la meta de costos:

11. Condición de no negatividad

$$R_j X_j \geq P I_j$$

**Función objetivo del modelo de Programación Meta:**

$$R_j X_j \geq P I_j$$

**Conformación y perfeccionamiento de la base informativa**

La recopilación de los datos es una parte importante

$$\sum_{j=1}^n R_j X_j + d_1^- - d_1^+ = PT^*$$

en esta investigación, teniendo en cuenta que es

$$\sum_{j=1}^n I_j X_j + d_2^- - d_2^+ = IT^*$$

imprescindible para la confección de los modelos

$$\sum_{j=1}^n C_j X_j + d_3^- - d_3^+ = CT^*$$

económicos matemáticos a utilizar. Estos cuentan

$$X_j, d_i^+, d_i^- \geq 0$$

con una gran cantidad de parámetros, obtenidos algunos de ellos en los estados financieros de las

entidades, como son: el total de hectáreas dedicadas a la producción de cada cultivo, rendimiento en tonelada por hectáreas de cada producto, demanda en toneladas de cada producto, plan de producción en tonelada de cada producto, costo de producción en pesos de una hectárea de cada producto, coeficiente de rotación del cultivo, el precio en pesos de la tonelada de cada producto y el presupuesto en pesos del total de hectáreas en producción

Los parámetros que se describen a continuación fueron obtenidos de la siguiente manera:

Existen parámetros que son resultado de informaciones que posee la entidad como el total de hectáreas de tierras destinadas a la producción de viandas y hortalizas, rendimientos en tonelada por hectáreas de cada producto, plan de producción, plan de ingresos, presupuesto de gastos, precio de la tonelada de cada producto asociado a cada destino, coeficiente de rotación de los cultivos y límites mínimo y máximos de tierras dedicadas a los productos.

- Ingreso, en pesos, por la venta de cada producto: este parámetro se calcula a través de la sumatoria de las multiplicaciones del rendimiento en toneladas de una hectárea de cada producto por los precios de

venta asociados a los porcentajes de los volúmenes de producción de los diferentes destinos que sufre dichas producciones (Logística, Prisiones, Territorios, Base ATM y Comedor obrero).

- Ingreso total, en pesos, por la venta de los productos: es calculado a través de la sumatoria de los ingresos totales de cada producto en el período de un año.

## Resultados y discusión

Para la solución del problema se utilizó el programa LINDOW. Los resultados comparativos se presentan en la siguiente tabla 1:

Tabla 1: Comparación de los Resultados. "Granja Santiago"

	Datos de la entidad año 2012	Programación Meta	Variación
<b>PRODUCCION (t)</b>	<b>270,72</b>	<b>366,69</b>	<b>35,45 %</b>
<b>INGRESOS (\$)</b>	<b>198 600</b>	<b>254 049,12</b>	<b>27,92%</b>
<b>COSTOS (\$)</b>	<b>148 300</b>	<b>130 195,58</b>	<b>13,90 %</b>

Se pueden apreciar los datos que posee la entidad de producciones totales en toneladas, ingresos totales en pesos por la venta de los productos, teniendo en cuenta los destinos a los que va dirigida la producción con sus respectivos niveles de precios y los niveles de costos totales en pesos. Ahora bien, desde el punto de vista de la planificación, la producción se incrementa

en un 35,45 %. Los ingresos aumentan considerablemente en un 27,92 % y los costos disminuyen en 13,90 %. Es importante destacar que los anteriores resultados consecuencia de utilizar la Programación Meta se materializarán si se distribuyen las tierras de la manera en que se muestra en la tabla 2:

Tabla 2: Estructura optima de las tierras. "Granja Santiago"

<b>Variables</b>	<b>Cultivos</b>	<b>Propuesta (ha)</b>
<b>X<sub>1</sub></b>	Yuca	10
<b>X<sub>2</sub></b>	Boniato	10
<b>X<sub>3</sub></b>	Plátano burro	2
<b>X<sub>4</sub></b>	Plátano fruta	12,91
<b>X<sub>5</sub></b>	Malanga	1,6
<b>X<sub>6</sub></b>	Calabaza	0,5
<b>X<sub>7</sub></b>	Ajo porro	0,2
<b>X<sub>8</sub></b>	Remolacha	0,1
<b>X<sub>9</sub></b>	Ají	0,1
<b>X<sub>10</sub></b>	Lechuga	0,2
<b>X<sub>11</sub></b>	Tomate	5,4
<b>X<sub>12</sub></b>	Berenjena	0,3
<b>X<sub>13</sub></b>	Maíz	3
<b>X<sub>14</sub></b>	Frijol	21,56
<b>X<sub>15</sub></b>	Arroz	2,5

## Conclusiones

*1. Constituye un componente novedoso la adaptación al objeto de investigación, de modelos matemáticos de Programación Lineal y de Programación Meta.*

*2. Mediante la utilización de la Programación Meta para la determinación de la mejor estructura de las siembras, ha permitido optimizar, en el plano de la planificación, el nivel de producción (35,45 %); los ingresos obtenidos por las ventas (27,92 %), en tanto los costos se reducen en un 13,90 %.*

*3. Se han desarrollado las condiciones para una profundización en el cálculo de los principales parámetros productivos, a fin de validar los resultados obtenidos, ligado a la necesidad de profundizar en el cálculo de las fichas de costo como propuesta actualizada que servirá para su utilización en futuros análisis en la entidad.*

## Recomendación

Se le recomienda a la dirección de la "Granja Santiago" la aplicación de los resultados obtenidos y su generalización a las restantes granjas del MININT, teniendo en cuenta los éxitos preliminares obtenidos y la perfecta adecuación de las técnicas antes referidas a este campo de acción.

## Bibliografía

1. FELIPE, P.; GONZÁLEZ, L.; RODRÍGUEZ, B.; RAMOS J. *Programación Matemática II. La Habana: Eppes, 1982.*
2. IMBERT TAMAYO J. E. "Teoría de la Dualidad" Monografía. Universidad de Oriente.
4. LÓPEZ RUIZ M. R. "Sistema de modelos económico-matemático para optimizar la eficiencia de una empresa agropecuaria". México, 1994.
5. LORA FREYRE, Raimundo J.; LÓPEZ LESCAY, Víctor L. "Empleo de la Modelación Económico-Matemática en la planificación de la producción de alimentos en Cooperativas y UBPC del MINAZ". Anuario de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Oriente, Cuba.
6. LORA FREYRE, Raimundo J.; RODRÍGUEZ BETANCOURT, Ramón. *Técnicas de Optimización Estudio de casos. Primera parte. Monografía. Universidad de Oriente, 2007.*
7. LORA FREYRE, Raimundo. "Utilización de la Modelación Económico-Matemática para la planificación de la Maquinaria Agrícola". Tesis para la obtención del grado científico de Doctor en Ciencias Económicas. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Oriente, Cuba, 2000.
8. MOSKOWITZ, H.; WRIGHT, G.P. *Investigación de Operaciones.* México: Prentice-Hall Hispanoamericana, 1982.