

# Optimización de la distribución de las tierras para la producción de café en una empresa serrana

Dr. C Raimundo Juan Lora Freyre\* y Rubén Guillermo Pellicer Durán\*\*

\*Centro de Estudio de Investigaciones Aplicadas a la Producción y los Servicios de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Oriente, Cuba

\*\*Universidad de Oriente, Cuba

lora@eco.uo.edu.cu

## RESUMEN

La investigación que aquí se describe se llevó a cabo en la Empresa Agropecuaria y Forestal "Sierra Cristal", ubicada en el municipio Segundo Frente y perteneciente al Ministerio de la Agricultura (MINAG). Tiene como objetivo fundamental perfeccionar el proceso de planificación de la entidad, mediante el empleo de la modelación económico-matemática. Puntualmente se utilizó un modelo de Programación Lineal, resuelto a partir del uso del Sistema Informático Profesional "LINDOW". La aplicación realizada permite, desde el punto de vista de la planificación, aumentar los niveles de producción en la entidad estudiada a través de una mejor distribución de las tierras disponibles, lo cual representa un aporte significativo al programa de recuperación cafetalera que se desarrolla en el territorio. El empleo de la modelación económico-matemática mediante el referido sistema permite obtener soluciones avanzadas a los problemas, a través de los medios de procesamiento de datos e introducción de los parámetros fundamentales. En comparación con los planes de la empresa, se aprecian niveles de producción superiores en los modelos planteados. La distribución que se propone permite una producción de 508,91 toneladas (t), lo cual indica un aumento con respecto al plan de la entidad de un 17,8 %.

**Palabras clave:** *programación lineal, sistema informático, producción de café, planificación, variedades de café, optimización.*

## ABSTRACT

This research paper was carried out at the Empresa Agropecuaria y Forestal which belongs to the Ministry of Agriculture (MINAG). This enterprise is located in Segundo Frente, Santiago de Cuba province. Its main objective is to enhance the planning process of the entity by means of the economic-mathematic modelation of Lineal Programming. The use of the Informatics System "LINDOW" contributes to increase the production levels in the entity on which this research is aimed at though a better distribution of the available lands. All this represents a meaningful contribution to the planning process. The employment of the economic-mathematic modelation in the system mentioned above allows the acquisition of advanced solution, throughout the data processing means and introduction of the fundamental parameters. In comparison to the plans of the enterprise, higher levels of production in the models planned are appreciated. Taking into account the distribution which the model contributes, a 508.91 t production is achieved. This points to an increase in relation to the entity plan of 17,8 %.

**Key Words:** *lineal programming, informatic system, coffee production, planning, coffee varieties, optimization.*

## INTRODUCCIÓN

En los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, aprobados en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba (PCC), puntualmente en el N° 194, se plantea:

“...Impulsar el desarrollo de las actividades cafetaleras para contribuir a la recuperación gradual de los fondos exportables tradicionales de la actividad agrícola...”<sup>1</sup>

En los últimos 10 años los niveles de producción de café mostraron una sensible baja, por lo que las instituciones importadoras se han visto en la necesidad de invertir cerca de 50 millones de dólares en compras para el consumo nacional. Es decir, que de una situación tradicional de país exportador se ha pasado a la de importador.

Ante esta situación se ha indicado por las más altas instancias gubernamentales la necesidad de lograr la recuperación cafetalera, incrementando las áreas dedicadas a este cultivo, así como la incorporación de sistemas organizativos que incrementen la eficiencia económica de las entidades productoras.

El trabajo investigativo que aquí se expone, se desarrolla en la Empresa Agropecuaria y Forestal “Sierra Cristal”, ubicada en el municipio Segundo Frente y perteneciente al MINAG. La tendencia de la producción cafetalera en el municipio Segundo Frente ha sido descendente, al igual que en el contexto nacional (tabla 1)

**Tabla 1. Producción anual promedio por década (1971-2010), en el municipio Segundo Frente**

Período	Toneladas
1971-1980	106 399
1981-1990	86 558
1991-2000	69 010
2002-2010	33 182

Fuente: Revista Cuba-Café/99

Se puede hacer mención de varios factores que de una forma u otra influyen directamente en los bajos rendimientos del café. Entre ellos pueden citarse los siguientes: deficientes atenciones culturales, alto nivel de enyerbamiento, mal manejo de la regulación de sombra, poda y deshije de café,

bajos porcentajes de población en los cultivos, plantaciones envejecidas, comportamiento de factores climáticos, entre otros.

En los últimos 20 años la empresa ha cumplimentado sus planes de producción, pero esto obedece fundamentalmente a que los programas de producción se han confeccionado teniendo en cuenta los bajos niveles de rendimiento por área, así como las dificultades confrontadas con la entrega de tierras a productores individuales, quienes no tributan el 100 % de su producción.

El proceso de planificación se desarrolla sin un sustento científico. Se basa fundamentalmente en el empirismo. El análisis realizado conduce a considerar que el proceso de planificación en la empresa es deficiente, lo que incide en los niveles de producción, en el deterioro de los principales indicadores económicos y en la insatisfacción de la demanda.

Se estableció como objetivo, perfeccionar el proceso de planificación en la Empresa Agropecuaria y Forestal “Sierra Cristal” del Segundo Frente mediante la realización de

<sup>1</sup> Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. PCC, 18 de abril del 2011

modelos económico-matemáticos de Programación Lineal. Lo anterior conduce al mejoramiento de los indicadores de producción, ingresos y costos.

Para el cumplimiento del objetivo es necesario:

- Desarrollar modelos de Programación Lineal a partir de las tierras disponibles y en explotación.
- Desarrollar modelos de Programación Lineal a partir de los rendimientos reales y actuales
- Utilizar el Sistema Informático Profesional "LINDOW" para la solución de los modelos propuestos.

### Antecedentes y situación actual de la temática

En el año 1748 fue introducido en Cuba el café, cuyas plantaciones se incrementaron en la etapa de inmigración haitiana que tuvo lugar como motivo de la Revolución en 1790. Los sucesivos pobladores al irse estableciendo en la zonas periféricas montañosas del valle, observando la bondad del clima de montaña y la fertilidad de los suelos recién deforestados, se dedicaron al cultivo del café en pequeñas parcelas, que con el curso del tiempo se convirtieron en productivos cafetales.

El creciente número de pobladores a partir del siglo XX, motivó en corto tiempo el alcance de una rica cultura cafetalera que alcanzó renombre nacional, no sólo por el volumen de sus cosechas, sino también por la calidad del café. La generalidad de las fuentes refieren que el café fue introducido en el territorio que ocupa el municipio Segundo Frente en la segunda mitad del siglo XIX.

Es a partir del año 1935 que comienza a producirse un fuerte impulso en los desmontes para la siembra de café, tanto en pequeñas parcelas, como la ampliación de aquellos productores que habían alcanzado algún desarrollo cafetalero. Simultáneamente a este auge económico, comienzan a instalarse máquinas para la industria del café la instalación de 62 maquinas de despulpe, tres molinos de café, miles de metros cuadrados de secaderos y varios ranchos de secación.

Los años 1981 y 1982 representaron los de mayor auge en la producción cafetalera. En 1983 se inicia la depauperación, que no se logró detener hasta tocar fondo en el quinquenio 2006-2011 con un descenso en la producción del 80% respecto a las cosechas de los años 1981 y 1982.

Cuba ha sido, desde la introducción del cultivo del café, en el siglo XVIII uno de los principales productores mundiales. La producción se incrementó gradualmente, hasta lograr a mediados del siglo XIX un papel protagónico, al convertirse en 1833 en el mayor productor mundial de este renglón.

En la tabla 2 se puede apreciar que en la actualidad, Cuba no aparece entre los principales exportadores ni entre los principales productores de café verde.

En los últimos 10 años los niveles de producción de café mostraron una sensible baja, por lo que las instituciones importadoras se han visto en la necesidad de invertir cerca de 50 millones de dólares en compras para el consumo nacional, es decir, que de una situación

Tabla 2. Los diez principales productores de café verde

País	Toneladas
Colombia	17 000 000
Brasil	13 580 000
Vietnam	11 400 000
Indonesia	2 770 554
Etiopía	1 705 446
México	772 000
India	954 000
Perú	677 000
Guatemala	568 000
Honduras	370 000
Resto del mundo	7 742 675
PRODUCCIÓN MUNDIAL	57 539 675

Fuente: Organización de Agricultura y Alimentación de las Naciones Unidas: Departamento Económico y Social. Año 2012

tradicional de país exportador se ha convertido en importador.

Cuba necesita producir para no tener que importar no menos de 29 000 toneladas de grano limpio.

En el municipio Segundo Frente se desarrolla un proceso de trabajo con los productores para transformar las áreas que muestran condiciones óptimas para el cultivo del café en el período de 2010-2015 y lograr a partir del año 2015 1 200 t de café oro.

La concepción del programa de transformación de las áreas se sustenta no sólo en la renovación de las viejas plantaciones, sino también de la rehabilitación de las áreas con condiciones para este tratamiento y la tecnificación de las áreas de altos rendimientos y alto potencial, con riguroso sistema de atención cultural, haciendo énfasis en la limpia, regulación de sombra, poda y deshije.

Teniendo en consideración lo anterior se plantea incorporar al programa de recuperación cafetalera acciones que posibiliten la búsqueda de métodos o técnicas modernas para perfeccionar el proceso de planificación, que permita superar los resultados anteriores y equilibrar los rendimientos en las áreas y plantaciones.

Este problema de la disminución de la producción total y de los rendimientos está dado en todas las unidades productivas del municipio Segundo Frente.

Bajo esta premisa, la búsqueda de un conjunto de recomendaciones que permita revertir esta situación sería de una importancia singular para el futuro del cultivo de café.

### **Metodología Utilizada**

En el desarrollo de la investigación se aplican los procedimientos que identifican a la Metodología de la Ciencia de la Administración - Investigación de Operaciones, como la fundamentación científica de la introducción y validación de los resultados de las ciencias, que en este caso se utilizan en el perfeccionamiento de la toma de decisiones en la gestión administrativa.

Existe una secuencia de pasos a cumplir en la referida Metodología de la Investigación de Operaciones-Ciencia de la Administración (Roscoe, 2004) del proceso de Programación Lineal que a continuación se relacionan: 1) Observación e Identificación del Problema, 2) Formulación General para la Construcción del Modelo, 3) Construcción del Modelo, 4) Generación de una solución, 5) Prueba y Evaluación de la Solución, 6) Implementación y 7) Perfeccionamiento y Desarrollo.

A continuación, se hará una exposición de la aplicación de la referida metodología.

#### **1. Identificación y observación del problema**

Este primer epígrafe constituye el primer paso de la aplicación coherente de la Metodología de la Investigación de Operaciones en la Empresa Agropecuaria y Forestal "Sierra Cristal" parte de considerar las Ciencias Económicas como componente de las Ciencias Reales.

Se puede afirmar lo anterior debido a las acciones que identifican esta ciencia y su factibilidad como la explicación, la predicción, la verificación, la acumulación, la aplicación y el relativismo.

Como consecuencia de ejercicios de trabajo en grupo realizados tanto en la entidad, como en las Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA), Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC), Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS), Ejército Juvenil del Trabajo (EJT) y en una Granja del Ministerio del Interior (MININT), con el personal vinculado directamente a la producción y los departamentos de Estadística y Contabilidad de la propia entidad, se pudo apreciar el comportamiento histórico de la

entidad, arrojando una clara necesidad de introducir técnicas rigurosas de planificación, con un sustento económico-matemático para lograr un mayor rigor en el proceso, dirigida a optimizar la distribución de las tierras con el objetivo de lograr mejores resultados desde la óptica de la producción y los ingresos.

## 2. Formulación general para la construcción del modelo

La formulación del problema a diferencia de otras investigaciones toma en cuenta el problema científico a resolver, la descripción narrativa de las variables y parámetros, las restricciones y las desviaciones que se desean minimizar, son el resultado de la aplicación de técnicas de dirección quedan respuesta a los objetivos planteados. Lo anterior implica el conocimiento de la entidad donde se realiza el estudio. La descripción verbal del problema es un elemento muy importante de la etapa dos, porque es la base sobre la cual se planteará el modelo matemático.

Se desea obtener una estructura de distribución de las tierras, para la producción de las dos variedades de café, que cumplimentando las restricciones establecidas y las disponibilidades de recursos, optimice los niveles de producción.

Partiendo de lo anterior, se puede considerar que se conoce lo siguiente:

- Los niveles de disponibilidad de tierras destinadas al café.
- Las diferentes especies de café a cultivar.
- Los límites mínimos de hectáreas (ha) por tipo de producto.
- El cumplimiento de los planes, dados en toneladas y por tipo de cultivo.
- Los diferentes precios según las diversas calidades de las variedades.
- El rendimiento en toneladas de cada producto por hectáreas (ha) cultivadas.

Teniendo en cuenta la formulación anterior se examina cuáles son los modelos económico-matemáticos que satisfacen estos requerimientos partiendo de las corridas de seis modelos lineales con un mismo objetivo (maximizar la producción) pero con enfoques diferentes, teniendo en cuenta diversos parámetros, tanto en la función objetivo como en el conjunto de restricciones.

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

- Existen productos que deben ser producidos por normativas estatales.
- Cada tipo de producto responde a un plan de producción.
- El criterio de estructura de tierra implica que existen límites mínimos para cada producto sujetos a las cantidades mínimas de (ha) que dedicarán para cumplir al menos con el plan de producción de cada producto.
- El criterio de estructura de tierra implica que existe un límite máximo de tierras (disponibilidad) para el cultivo del café.

Con estos elementos el planteamiento matemático sería:

## 3. Formulación del Modelo Matemático de Programación Lineal

Se realiza una descripción del problema a modelar. Se identifican los elementos que constituyen variables, así como los parámetros. Esta fase demanda un intenso intercambio entre los productores y el autor de la investigación para ayudar a plantear el modelo matemático.

Índices:

$j \rightarrow$  tipos de variedades  $j = 1, \dots, n$

$k \rightarrow$  calidad del producto  $k = 1, \dots, l$

$d \rightarrow$  Arábigo  $j = 1, \dots, d$

$h \rightarrow \text{Robustaj} = d+1 \dots n$

Parámetros:

$T_d \rightarrow$  Total de hectáreas de tierras destinadas a la producción de café Arábigo

$T_h \rightarrow$  Total de hectáreas de tierras destinadas a la producción de café Robusta

$R_j \rightarrow$  Rendimiento en tonelada por hectáreas de cada producto  $j$

$I \rightarrow$  Plan de ingreso en pesos, por la venta de los productos

$I_j \rightarrow$  Ingreso, en pesos, por la venta del producto  $j$

$L_{minj} \rightarrow$  Límites mínimos de hectáreas dedicadas a la producción del producto  $j$

Variables:

$X_j \rightarrow$  Hectáreas de tierras destinadas a la producción de cada producto  $j$  en un año

Función Objetivo del Modelo de Producción:

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

Restricciones:

Disponibilidad de tierras, en hectáreas, para Arábigo:

$$\sum_{j=1}^d X_j \leq T_d$$

Disponibilidad de tierras, en hectáreas, para Robusta:

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

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

$X_j \geq L_{minj} = 1 \dots n$

Cumplimiento de los niveles de ingresos:

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

Lo reflejado hasta el momento, es el modelo de Programación Lineal, el cual se ha descrito de forma general.

Conformación y perfeccionamiento de la base informática

La recopilación de los datos es un momento importante, teniendo en cuenta que es imprescindible para la confección de los modelos económico-matemáticos a utilizar. Estos cuentan con una determinada cantidad de parámetros, encontrados 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, plan de producción en tonelada de cada producto y el

precio, en pesos, de la tonelada de cada producto teniendo en cuenta la calidad de los mismos.

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

- 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 estándares de calidad (de primera, de segunda y fuera de norma)
- 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.

#### 4. Generación de una solución

La obtención de una solución de estos modelos matemáticos, fue posible a través del uso del sistema informático profesional LINDOW, el cual debe su nombre a las siglas en inglés de Linear Interactive and Discrete Optimizer for Windows. Pertenece a un paquete profesional que se especializa en programas de optimización lineal. Puede ser encontrado en todas las plataformas disponibles conocidas. La velocidad y facilidad de uso, han hecho del LINDOW el estándar de la industria para resolver problemas de optimización. Es uno de los sistemas informáticos más populares para la instrucción e investigación, pues se puede utilizar para solucionar modelos grandes o pequeños, lineales o enteros, entre otros.

El programa parte de la entrada de los datos del problema, o sea, la función objetivo y las restricciones a las que va sujeta. Con esta información y de una manera muy rápida el programa ofrece una solución, que en este caso es óptima. En el caso de que no se muestre la solución óptima, permite detectar donde se encuentran los puntos o componentes restrictivos que propician condiciones anormales, que en este caso se denominan soluciones especiales. La solución encontrada está basada en el Método Simplex, que consiste en la utilización de un algoritmo para optimizar el valor de la función objetivo teniendo en cuenta las restricciones planteadas.

En muchos casos la información lograda por la aplicación del análisis de sensibilidad puede ser más importante y más informativa que el simple resultado obtenido en la solución óptima.

La utilización de este sistema profesional permitió dar respuesta a los objetivos que se plantearon al inicio de este trabajo, pero indudablemente, la introducción de los datos y la interpretación de los resultados lo asume el autor, teniendo en cuenta lo complejo que resulta para el personal de dichas entidades, generalmente entregado al quehacer operativo de su medio laboral, adentrarse en el manejo de modelos matemáticos. El haber podido modelar este objeto y más puntualmente, su campo de acción, representa además un incentivo para diseñar y utilizar en un futuro otros sistemas informáticos.

#### 5. Prueba y evaluación de la solución

Se evalúan y se aprueba la solución del modelo adoptado en la generación de la solución con el objeto de determinar la existencia de resultados útiles para el problema original, así como considerar los factores que afectan el desarrollo de las actividades.

Es evidente el papel trascendente que asume la computadora en la acción de propiciar comodidad y rapidez a la búsqueda de la solución, lo que no niega el preponderante rol que juega la técnica utilizada para esa búsqueda (entiéndase el método de solución que

plantea el modelo), lo cual representa el elemento más importante, desde el punto de vista científico, de toda esta exposición.

Se asume la permanente interacción entre los directivos y las soluciones que brinda el modelo, convirtiéndose aquellos evaluadores de la aplicación.

Es interesante señalar que es precisamente el logro de esta interacción uno de los elementos que permiten considerar los resultados de la metodología aquí expuesta como hechos que trascienden a las investigaciones precedentes.

#### 6. Implementación

El problema general de la implementación es determinar qué actividades científicas y de la dirección de la producción son más apropiadas para producir una relación efectiva. Además se desarrollan las acciones de adaptación del sistema informático, en este espacio se desarrollan complementándose con sesiones de entrenamiento al personal encargado de la operatoria de los resultados investigativos. El éxito de la implementación dependerá en gran medida de la adaptación por parte de los miembros de la organización.

#### 7. Perfeccionamiento y desarrollo

Se considera de suma importancia la utilización de modelos que optimicen las acciones económicas-productivas ya que representa una herramienta poderosa en la toma de decisiones, logrando que los directivos sean más explícitos en el registro entre las variables de decisiones.

Los resultados de la implementación de la solución del modelo deben evaluarse en forma continua para determinar si los valores de los parámetros han cambiado y/o analizar si el modelo sigue satisfaciendo las metas de quien toma las decisiones. Si las características del problema cambian, si no se están cumpliendo las metas de quien toma las decisiones o existen nuevas metas a cumplimentar, entonces debe considerarse una modificación en la concepción y planteamiento del modelo.

### Resultados Prácticos

Aplicación práctica de los modelos de Programación Lineal en las condiciones de la Empresa Agropecuaria y Forestal "Sierra Cristal" del municipio Segundo Frente.

A continuación se expondrá el despliegue práctico de dos de los modelos de Programación Lineal corridos, el N° 1 y el N° 4. El primero contempla los datos correspondientes a los rendimientos reales y a las tierras en explotación. El segundo refleja los datos planificados de rendimiento (fichas técnicas) y las tierras disponibles (Plan). En total se corrieron seis modelos, que se corresponden con las posibles combinaciones existentes, pero por razones de espacio, se exponen sólo los dos modelos comentados.

#### MODELO N°1

Función Objetivo:

$$\text{MAX} = 0.14X_1 + 0.17X_2$$

Restricciones:

Disponibilidad de tierras, en hectáreas, para el cultivo del café:

$$X_1 + X_2 \leq 3260.1$$

Cumplimiento de los límites mínimos de hectáreas dedicadas a la producción del Arábigo:

$$X_1 \geq 1510$$



Cumplimiento de los límites mínimos de hectáreas dedicadas a la producción del Robusta:

$$X2 \geq 1310$$

Cumplimiento del plan de ingresos:

$$2954.33X1 + 3756.30X2 \geq 9693600$$

LP OPTIMUM FOUND AT STEP2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 508.9170

VARIABLE VALUE REDUCED COST

X1 1510.0000000.000000

X2 1750.0999760.000000

ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES

2) 0.0000000.170000

3) 0.000000-0.030000

4) 440.10000.000000

5) 1341338.8750.000000

El modelo N° 1 refleja el comportamiento de la producción teniendo en cuenta las tierras en uso y los bajos rendimientos de las variedades (valores reales).

#### MODELO N°4

Función Objetivo:

$$\text{MAX} = 0.36X1 + 0.57X2$$

Restricciones:

Disponibilidad de tierras, en hectáreas, para el cultivo del café:

$$X1 + X2 \leq 4312.9$$

Cumplimiento de los límites mínimos de hectáreas dedicadas a la producción del Arábigo:

$$X1 \geq 1510$$

Cumplimiento de los límites mínimos de hectáreas dedicadas a la producción del Robusta:

$$X2 \geq 1310$$

Cumplimiento del plan de ingresos:

$$2954.33X1 + 3756.30X2 \geq 9693600$$

LP OPTIMUM FOUND AT STEP0

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 2141.253

VARIABLE VALUE REDUCED COST

X1 1510.0000000.000000

X2 2802.8999020.000000

ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES

2) 0.0000000.570000

3) 0.000000-0.210000

4) 1492.9000.000000

5) 5295971.50.000000

El modelo N° 4 corresponde al análisis de la producción teniendo en cuenta los datos potenciales, tanto los rendimientos según la ficha técnica (rendimientos esperados) y el total de (ha) disponibles.

### **Comparación de los resultados:**

El modelo N° Cuatro brinda el mayor valor de producción teniendo en cuenta los rendimientos procedentes de la ficha técnica y el total de tierras disponibles. Como se puede apreciar, el único parámetro que cambia con respecto al modelo N° Tres es la disponibilidad de ha, sin embargo se obtiene el mismo valor de producción, lo que indica la no necesidad de prescindir de el total de ha disponible en la entidad. Lo anterior no niega la posibilidad de incorporar ha de tierras.

De esta manera queda definida la formulación matemática de los modelos que se propone resolver para alcanzar el logro de los objetivos propuestos.

En el caso puntual de esta investigación, considerando los datos de los modelos N° Uno y Cuatro, con los datos planes de la entidad, se aprecian niveles de producción superiores en los modelos propuestos. Teniendo en cuenta la distribución que se brinda por el modelo, se obtiene, en el primer caso, niveles de producción de 508.91 t, lo cual indica un aumento con respecto al plan de la entidad de un 17.8 %.

El modelo N° Cuatro supera los resultados productivos, es decir, si la empresa explotara el total de tierras disponibles, y los rendimientos (principalmente resultado de las adecuadas atenciones culturales) alcanzan los valores descritos por la ficha técnica, se obtendrían, a nivel de planificación resultados productivos de 2 141 t.

Los modelos N° Dos, Tres, Cinco y Seis, también reportan niveles de producción superiores a los actuales, destacándose los modelos N° Tres y Cinco, que parten de condiciones favorables, en lo que a disponibilidad de tierras y rendimientos respecta. Por otra parte, los modelos N° Dos y Seis alcanzan producciones inferiores a los dos anteriores, pero sin embargo superiores a los planificados por la entidad.

### **CONCLUSIONES**

Se desarrolla a nivel nacional y puntualmente, en el municipio Segundo Frente, acciones de recuperación de este importante sector.

El empleo de la Metodología de la Ciencia de la Administración-Investigación de Operaciones, ha permitido la formulación de seis modelos de Programación Lineal que inciden en el perfeccionamiento de la planificación de la producción del café.

Mediante la utilización del Sistema Informático "LINDOW", para la determinación de la mejor estructura de las siembras del cultivo del café, se ha permitido optimizar, en el plano de la planificación, los niveles de producción en un 17.8 % (Modelo N° Uno), con respecto al plan de la entidad, cumpliendo de esta manera los objetivos de la investigación y validándose la hipótesis formulada.

Los cinco modelos restantes también superan los planes actuales de la empresa.