

MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA LA PLANIFICACIÓN DE FINCAS MAXIMIZANDO LA CANTIDAD DE PERSONAS A ALIMENTAR

A. ROCHE, R. LARDUET, R. E. MEDEROS, ANAILY SOTOLONGO, VERENA TORRES, O. FUNDORA

Instituto de Ciencia Animal, Apdo. 24. San José de Las Lajas, La Habana – Cuba.

RESUMEN

Se presenta un modelo de programación lineal que determina la cantidad máxima de personas a alimentar con una superficie de terreno dada y la distribución de cultivos seleccionados. Como datos para el modelo se utilizan los requerimientos anuales de una persona en energía, proteína animal, proteína vegetal y hortalizas; así como diferentes cultivos y las contribuciones en estos nutrientes. El modelo balancea entre las necesidades de las personas y el aporte de los alimentos, informando la superficie de tierra que es necesario sembrar de cada cultivo para garantizar la alimentación a la mayor cantidad de personas, considerando aspectos como la biodiversidad. El problema es resuelto usando el método SIMPLEX en su forma revisada. Se propone un algoritmo para la solución computacional del mismo. El sistema implementa una base de datos para el almacenamiento de los cultivos y su composición.

Palabras Claves: Planificación de Fincas, Alimentación humana, Programación Lineal.

1. INTRODUCCIÓN

La programación lineal pretende la obtención de niveles óptimos de una función lineal, cuyas variables se encuentran sujetas a una serie de condiciones restrictivas, expresadas bajo forma de inecuaciones lineales.

Los problemas de cómo organizar la finca, cómo planear el uso de la tierra de labor y de cómo ordenar el sistema de cultivos, etc., son cuestiones tan importantes y difíciles de resolver, que han permitido la amplia utilización de la programación lineal al compás de su alto grado de eficacia. (Rodríguez 1965)

La explotación de fincas por ordenador tiene dos grandes ventajas. En primer lugar, el plan obtenido es el mejor que puede formularse con los datos empleados; es decir, ningún otro sistema de explotación podría sugerirse, sin cambiar los supuestos referentes a los rendimientos previstos o sin modificar alguna de las limitaciones impuestas al planteamiento. En segundo lugar, como los problemas de programación lineal suelen resolverse por computadoras, la dimensión del programa de cálculo tiene poca importancia. (Hardaker 1971).

El objetivo fundamental del modelo de programación lineal expuesto, es la planificación óptima de la tierra, maximizando la cantidad de personas a alimentar en una superficie dada, tomando en consideración los requerimientos nutricionales de las personas, la disponibilidad de los cultivos y la cantidad de tierra y basando la planificación en la garantía de la biodiversidad como factor agroecológico.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Planteamiento del problema

A partir de:

1. los requerimientos nutricionales anuales de una persona en energía, proteína animal, proteína vegetal y hortalizas ,
2. los aportes de esos mismos nutrientes por los cultivos disponibles (los cuales tienen aproximadamente un año de duración), y
3. la cantidad de tierra a cultivar;

Se pretende determinar la proporción que debe ocupar cada cultivo en esa superficie de tierra, para alimentar la mayor cantidad de personas.

Descripción del modelo

Se confecciona un modelo de programación lineal, el cual tiene la siguiente representación algebraica (Simmonard 1972):

Variables:

X_i : Cantidad de tierra a sembrar del cultivo i
RE : Requerimiento de energía
RPA : Requerimiento de Proteína Animal
RPV : Requerimiento de Proteína Vegetal
RH : Requerimiento de Hortalizas
 E_i : Aporte de Energía del cultivo i
 PA_i : Aporte de proteína Animal del cultivo i
 PV_i : Aporte de proteína Vegetal del cultivo i
 H_i : Aporte de Hortalizas del cultivo i
 p : Personas a alimentar
CantHa: Cantidad de Hectáreas.

La Función Objetivo (F.O.) definida para este modelo es maximizar la cantidad de personas a alimentar:

F.O. Máx. p

Sujeto a (s.a.) las siguientes restricciones:

$$\begin{aligned} \text{s.a.} \quad (1) \quad X_1 E_1 + X_2 E_2 + \dots + X_n E_n - p \cdot RE &\geq 0 && \left(\sum_{i=1}^n X_i E_i - p \cdot RE \geq 0 \right) \\ (2) \quad X_1 PA_1 + X_2 PA_2 + \dots + X_n PA_n - p \cdot RPA &\geq 0 && \left(\sum_{i=1}^n X_i PA_i - p \cdot RPA \geq 0 \right) \\ (3) \quad X_1 PV_1 + X_2 PV_2 + \dots + X_n PV_n - p \cdot RPV &\geq 0 && \left(\sum_{i=1}^n X_i PV_i - p \cdot RPV \geq 0 \right) \end{aligned}$$

¹La hortaliza se refiere a un consenso de todas las vitaminas y nutrientes que aportan estos tipos de cultivos y que resultan necesarios para el hombre

$$(4) \quad X_1H_1 + X_2H_2 + \dots + X_nH_n - p.RH \geq 0 \quad \left(\sum_{i=1}^n X_iH_i - p.RH \geq 0 \right)$$

$$(5) \quad X_1 + X_2 + \dots + X_n \leq \text{CantHa} \quad \left(\sum_{i=1}^n X_i \leq \text{CantHa} \right)$$

Se define la cota inferior (CI) y la cota superior (CS) para cada variable (Xi) de la siguiente forma:

$$(6) \quad CI = 0$$

$$(7) \quad CS = \text{CantHa}/2$$

Discusión del modelo

Las inequaciones de la (1)-(4) suman el aporte que hace cada cultivo en Energía, Proteína Animal, Proteína Vegetal y Hortalizas, respectivamente, y resta la cantidad de personas multiplicado por el requerimiento de una persona de ese nutriente; el resultado debe ser mayor o igual que cero. De esa forma se garantiza que el aporte de los nutrientes de los cultivos satisfaga los requerimientos de las personas.

La inequación (5) restringe la cantidad de tierra a sembrar de cada cultivo, sumando todos los valores de modo que el resultado sea menor o igual que el total de tierra disponible.

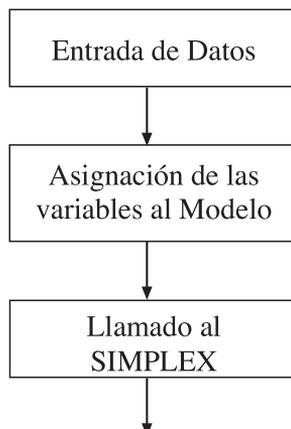
Con la cota inferior igual 0 (6) se garantiza que un cultivo pueda excluirse, garantizando que la solución óptima esté en la inclusión de los demás.

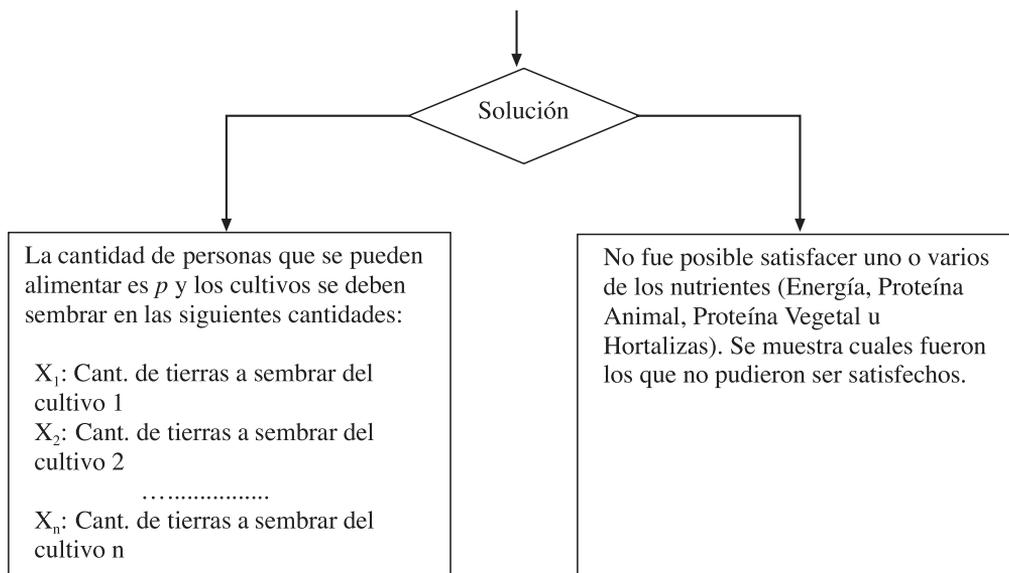
Con la cota superior (7) se garantiza que nunca un solo cultivo ocupe toda la superficie.

A través de la Función Objetivo se maximiza la cantidad de personas a alimentar.

Algoritmo

Desde el punto de vista computacional se propone el siguiente algoritmo para la solución del modelo:





Se aplicó el método SIMPLEX en su Forma Revisada. Se utiliza este método, ya que permite sistematizar y disminuir los cálculos, así como reducir el volumen de los valores numéricos que se deben conservar en la memoria de la computadora.

La implementación del algoritmo se realizó en Borland Delphi 6.0, ya que es un lenguaje de programación orientada a objeto y visual. Se garantiza una interfaz amigable y fácil de usar para los usuarios finales.

Los datos introducidos al Modelo son: 1. los requerimientos de las personas, 2. los cultivos disponibles y 3. la superficie del terreno.

A nivel de ejemplo, se podrían introducir los siguientes datos considerando :

1. Los requerimientos anuales de las personas: Energía: 1022 Mcal, Proteína Animal: 29.2 kg, Proteína vegetal: 18.3 kg, Hortalizas: 109.5 kg.
2. Las posibles combinaciones anuales de cultivos disponibles y los aportes de los nutrientes son mostrados en la Tabla #1.

Tabla #1. Ejemplo del aporte de diferentes combinaciones de cultivos.

Combinaciones de Cultivos (De un año de duración)	Energía (Mcal)	Prot. Animal (kg)	Prot. Vegetal (kg.)	Hortalizas (kg.)
(Yuca)	14400	0	144	0
(Yuca + Maíz Animal)	14520	13	132	0
Pasto	3090	146	0	0
(Tomate) – (Boniato)	5370	0	327	10000

En el caso del Pasto, se considera el aporte en Energía y Proteína de la leche obtenida a partir de la alimentación que hace el ganado de este cultivo.

3. La superficie del terreno considerado fue de 10 Hectáreas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuando es posible obtener solución óptima aplicando el modelo con los datos introducidos, se muestra: 1. cantidad máxima de personas que se pueden alimentar, 2. la cantidad de hectárea que se debe sembrar de cada cultivo, del total del área.

Según el ejemplo ilustrado, una vez ejecutados los datos en el modelo se obtuvo como solución óptima que pueden ser alimentadas 22 personas al año en las 10 hectáreas de tierra y para eso se deben distribuir las combinaciones de cultivos de la siguiente forma:

(Yuca + Maíz Animal): 4.50 há
Pasto: 5.00 há
(Tomate) – (Boniato): 0.50 há

Cuando no es posible obtener solución con los datos introducidos se muestra cuáles nutrientes no pudieron ser cubiertos con los alimentos dados para cubrir los requerimientos de las personas.

El modelo tiene en cuenta aspectos agroecológicos como garantizar la biodiversidad a través de la asignación de la cota superior como la cantidad total de tierras dividido entre dos (ecuación 7) para cada cultivo.

En muchos casos se emplea la programación lineal para aplicaciones de uso específico como analizar una rotación de término largo, con diferentes tratamientos de N (Knobloch 1995), o en sistemas de cultivos convencionales a ser comparados con diferentes sistemas alternativos en una zona determinada (Painter, et. al. 1995), o para calcular cuál rotación de cultivo y manejo de malas hierbas resulta de mayor ganancia para diferentes tamaños de fincas (Martin et. al. 1991), así como otros. El modelo desarrollado se emplea como una aplicación de propósito general, sobre el cual se pueden realizar simulaciones en dependencia de las situaciones reales que se pretenden analizar y adaptándose a las condiciones locales de cada lugar, apoyado en la base de datos con combinaciones de cultivos y permitiendo escoger otros niveles de requerimientos de las personas que pretenden alimentar.

La implementación de este modelo permite ayudar a los productores para realizar sus planificaciones a nivel de finca, teniendo en cuenta las producciones necesarias para satisfacer las necesidades del mayor número de personas posibles.

4. BIOGRAFÍA

- Hardaker, J. B. 1971. "Programación de granjas por computadoras". Editorial ACRIBIA
- Knobloch, S. 1995. Kuhn Archiv. 89:2, 235-244
- Manual de Borland Delphi. Versión 6.0. 2002. Borland Corp.
- Martin, M.A., Schreiber, M.M., Riepe, J.R., Bahr, J.R. 1991. Weed Science. 39:2, 299-307
- Painter, K.M., Young, D.L., Granatstein, D.M., Mulla, D.J. 1995. American Journal of Alternative Agriculture. 10:2, 88-96
- Rodríguez, J. J. 1965. "Programación Lineal en Industrias y Empresas Agropecuarias". Editorial ACRIBIA.
- Simonnard, M. 1972. "Programación Lineal". Editorial PARANINFO.

