

# MODELO LINEAL MULTI OBJETIVO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN ALIMENTACIÓN DEL GANADO.

Manuel Eduardo Cortés Cortés, Teresita Milagros Sánchez Navarro<sup>1</sup>  
Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo la aplicación de un modelo lineal multiobjetivo para la alimentación del ganado vacuno con aptitud cárnica en una Empresa Pecuaria. El trabajo de programación lineal multiobjetivo emplea los siguientes criterios: tipos de cultivo, nutrientes presentes en la dieta animal, presupuesto económico, así como área total a cultivar y/o limpiar.

Entre los principales resultados se puede constatar la superioridad del modelo multiobjetivo con respecto a los modelos unicriteriales estándares, lo que permite tomar decisiones óptimas en la empresa.

## ABSTRACT

This paper presents the application of a multiobjective linear model of the feeding process for a cattle assigned to meat production in a Cattle Farm. The multiobjective linear programming work uses the following criteria: Types of pasture, nutrients present in the animal diet, budget, as well as the total area to be cultivated and/or cleaned.

Among the most relevant results are stated the superiority of the multiobjectives linear model with respect to the unicriterial standards models. This allows to optimal decisions making in the farm.

**KEY WORDS:** Mathematical Modelling, Linear Programming, Multicriterial Linear Programming, Mathematical Modelling Applied to the feeding process of a cattle

MSC: 90B90.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Empresa Pecuaria tiene en su misión la producción de carne del ganado vacuno, por tanto su principal problema es la alimentación del ganado con aptitud cárnica. Por existir dificultades con el presupuesto para la compra de alimentos concentrados se hace necesario el incremento de alimentos en lo que se refiere a pastos y forrajes. Una de las dificultades que se presentan es la existencia de malezas como el marabú (*Dichrostachys cinerea*) y la aroma (*Acacia farnesiana*) en una gran parte de su área lo que impide el aprovechamiento de un por ciento considerable de su superficie total, por tanto el objetivo esencial está relacionado con el deseo de aprovechar al máximo el área, sujeta a restricciones sobre presupuesto, requerimientos de nutrientes y otras especificidades de la granja.

Este trabajo tiene como objetivo la elaboración de un modelo lineal multicriterial de dieta con financiamiento para el ganado vacuno que facilite la toma de decisiones en la Empresa Pecuaria. Los principales objetivos del modelo multicriterial son: aprovechamiento máximo del área para pastos, los requerimientos mínimos de nutrientes, los tipos de cultivos y el presupuesto dedicado a la actividad de alimentación de la granja.

## 2. DESARROLLO:

La Matemática Aplicada es una herramienta universal de aplicación y de búsqueda de parámetros y condiciones óptimas, por lo cual si los métodos y modelos que proporciona esta disciplina se ligan a los propósitos del Perfeccionamiento Empresarial se deben obtener resultados muy favorables.

La modelación multiobjetivo, desarrollada sobre la década del 60, viene a resolver el problema de la optimización pero incluyendo varios objetivos. Surge por la necesidad de realizar análisis más

---

<sup>1</sup> [mcortes@ucf.edu.cu](mailto:mcortes@ucf.edu.cu), [tsanchez@ucf.edu.cu](mailto:tsanchez@ucf.edu.cu)

integradores, donde se incluyan múltiples objetivos como pudieran ser los ya enumerados en la optimización unicriterial, más otros nuevos de corte técnico económico, ambientales y o sociales. (CORTÉS (1999)).

En general los modelos multiobjetivos de programación lineal o entera proporcionan una solución que “satisface” los objetivos múltiples en vez de una solución que optimice todos los objetivos, manejando los objetivos (metas) como restricciones y utiliza en la función objetivo un sistema de variables de metas a optimizar (CORTÉS et. al. (2005)). El Modelo Lineal Multiobjetivo que se presenta tiene 20 variables de decisión, de ellas 4 Booleanas y 16 continuas, 13 variables de desviación y 19 metas, se resuelve, inicialmente mediante un modelo de Programación Entera Mixta unicriterial con el objetivo de maximizar el área total a cultivar y posteriormente con un modelo multiobjetivo, con un paquete de programas, tanto el modelo teórico como los resultados se presentan mas adelante.

La Empresa tiene como misión producir y comercializar carne de ganado vacuno con la cantidad y calidad que satisfaga la demanda de los clientes a través de la compra y la crianza del ganado cebú, otras razas y cruzamiento.

Una de las dificultades que se presentan, es la existencia de malezas como el marabú (*Dichrostachys cinerea*) y la aroma (*Acacia farnesiana*) en una gran parte de su área impidiendo esto el aprovechamiento de un porcentaje considerable de su superficie total. Una de las herramientas empleadas para la toma de decisiones es la Programación Multiobjetivo (HILLIER, (1991)) de manera que no solamente se decidiera la cantidad de hectáreas a sembrar de ciertos pastos a considerar, sino también si resultaba óptima la decisión de chapear, limpiar o desmontar las áreas infectadas, superar los requerimientos de nutrientes así como la mejor utilización del presupuesto económico.

## 2.1 Modelo Multiobjetivo teórico general de dieta con financiamiento.

Definición de Variables:

$X_{ij}$  : Hectáreas de cultivo “i” a sembrar en área que requiere tipo de limpieza “j”.

$Y_j$  :Decide si se limpia o no el área que requiere limpieza tipo “j”.

$i = 1, \dots, I \quad j = 1, \dots, J$

$d_m^+$ ; Desviación por encima en la meta m

$d_m^-$ ; Desviación por debajo en la meta m

$m = 1, \dots, M$  (EVANS, (1984))

Sistema de restricciones:

$$X_{ij} \geq 0 ; \text{ No negatividad}$$

$$Y_j \in \{0,1\} \quad i = 1, \dots, I \quad j = 1, \dots, J$$

$$d_m^+ \geq 0, \quad d_m^- \geq 0 \quad m = 1, \dots, M$$

### Restricciones de áreas según tipo de limpieza

$$\sum_{i=1}^I x_{ij} + d_m^- = A_j y_j ; j=1, \dots, J, m=1, \dots, M$$

donde  $A_j$  indica el área de la granja que requiere el tipo de limpieza “j”.

$$\sum_{j=1}^J y_j \geq T \quad ; \quad \text{con } T \leq J \quad \text{y} \quad j=1, \dots, J$$

donde T representa la cantidad de tipos de limpieza que se pretende, al menos, realizar.

$$Y_j \geq Y_{j+1}, \quad j=1, \dots, J$$

esto indica el grado de preferencia de los tipos de limpieza a realizar.

### **Restricciones sobre tipos de cultivos**

Para  $i=h$  ;  $i=1, \dots, I$ ;  $m=1, \dots, M$

$$\sum_{j=1}^J x_{ij} + d_m^- - d_m^+ = \frac{1}{a} \sum_{i=1, i \neq h}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}$$

$$\sum_{j=1}^J x_{ij} + d_m^- - d_m^+ = \frac{1}{b} \sum_{i=1, i \neq h}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}$$

donde  $\frac{1}{a}, \frac{1}{b}$  representan requerimientos sobre las partes, que del total, se desea dedicar a la siembra del cultivo “j”.

### **Restricciones económicas**

$$c_1 \sum_{j=1}^J x_{1j} + c_2 \sum_{j=1}^J x_{2j} + c_3 \sum_{j=1}^J x_{3j} + c_4 \sum_{j=1}^J x_{4j} + \sum_{j=1}^J \alpha_j y_j + d_m^- - d_m^+ = P$$

donde  $c_1, c_2, c_3$  y  $c_4$  representan los costos totales por hectáreas relativas a las labores asociadas al fomento de cada cultivo.

$\alpha_j$  : representa el costo por hectárea asociado al tipo de limpieza “j”.

P: es el presupuesto de que se dispone para acometer las tareas de limpieza y fomento de los cultivos

### **Restricciones sobre los nutrientes**

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J a_{ij} x_{ij} + d_m^- - d_m^+ = N_k ; \quad k=1, \dots, K$$

$N_k$  : requerimiento mínimo por nutrientes de tipo “k” para la masa ganadera en la granja.

$a_{kji}$ : norma que indica cuánto aporta en nutriente “k” a una hectárea de cada cultivo “i” a sembrar en área que requiere de limpieza tipo “j”.(CRAMPTON, (1967)).

Función Objetivo:

$$\text{Minimizar} \quad z = \sum_{m=1}^M d_m^- + d_m^+$$

## **2.2 Resultados del Modelo:**

El Modelo Multiobjetivo resuelto computacionalmente presenta los resultados siguientes:

Tabla 1. Resultados del Modelo. Hectáreas a tratar.

Cultivos\Limpieza	Ligera	Media	Pesada	Buldozer	Comentario
Caña					No sembrar caña
Kingras	36.905 ha	168.42 ha	79.54 ha		200.7 ha por encima
Guinea				125.86 ha	
Leucaena	10.06 ha				6.71 ha por debajo
Comentario			42 ha por debajo	74.7 ha por debajo	

Según los resultados obtenidos no es recomendable sembrar caña, en su lugar se siembran 200.7 ha de kingras por encima del plan y 6.71 ha por debajo del plan de leucaena. En cuanto al área destinada se siembra toda el área que requiere limpieza ligera, que requiere limpieza media, se deja de sembrar 42 ha la pesada y no se siembran 74.7 ha de buldózer.

Se alcanzan los niveles establecidos de Nutrientes, se cumplen exactamente en proteína bruta y se sobre cumplen en calcio y energía metabolizable.

Debe señalarse que del presupuesto de la granja se ahorran 109,414 pesos para un 46 % de ahorro.

El modelo multicriterial planteado presenta resultados superiores a los modelos unicriteriales corridos, en el caso del presupuesto, por ejemplo, el ahorro en el presupuesto es un 35 % mayor, la distribución de la siembra de los cultivos es diferente, ya que en el unicriterial se siembra un por ciento alto de caña en detrimento de otros cultivos más convenientes y la siembra en áreas que requieren limpieza con buldózer presentan un costo asociado enorme.

### 3. CONCLUSIONES:

- La modelación matemática multicriterial está llamada a resolver los problemas productivo-ambiental al incluir objetivos múltiples en los que se tomen no sólo los objetivos clásicos (producción, costos, ganancias, etc.) sino también objetivos de índole social o corte ambiental.
- Los modelos multicriteriales presentan resultados superiores a los unicriteriales, siendo más generales y abarcadoras las soluciones en la práctica.
- Se fundamenta la necesidad e importancia de la siembra de pastos y forrajes para mejorar el problema de la alimentación en la ganadería.
- Para determinar los coeficientes tecnológicos y económicos del modelo se necesita conocer con anterioridad:
  1. las necesidades diarias por categorías de animales,
  2. el aporte de proteína bruta, energía y minerales de cada uno de los cultivos,
  3. el costo por sembrar una hectárea de cada uno de ellos,
  4. la cantidad de hectáreas que requieren diferentes tipos de limpieza.
- La programación lineal multicriterial mixta puede ser aplicada a problemas de dieta del ganado vacuno con financiamiento para determinar la siembra de los cultivos en áreas que requieren de diferentes tipos de limpieza con el menor costo y que al mismo tiempo cubra las necesidades alimenticias de los mismos.
- En el caso de estudio expuesto puede verse claramente como una solución multicriterial a un problema brinda una solución de compromiso que satisface los objetivos múltiples (de presupuestos, de nutrientes, de áreas, de tipos de cultivos y otras).
- En la Granja con los resultados obtenidos se ahorran 109 414 pesos del presupuesto, se hace una siembra más conveniente de los cultivos tradicionales, se logra una mejor distribución de la limpieza en las áreas y se cumplen o sobre cumplen los requerimientos de nutrientes.

## REFERENCIAS

- [1] CORTÉS, M., R. MIRANDA, T. SÁNCHEZ y D. CURBEIRA (2005): **Aplicaciones de la Modelación Matemática a la Administración y la Economía**. Universidad Autónoma del Carmen. Mérida. México.
- [2] CORTÉS, M. (1999): **Introducción a la Investigación de Operaciones**. – Editorial Universidad de Cienfuegos. , Cienfuegos.
- [3] CRAMPTON, E.W. (1967): **Nutrición Animal Aplicada. El uso de los alimentos en la formulación de raciones para el ganado**. Editorial Revolucionaria,.
- [4] EVANS, G. W. (1984): An Overview of Techniques for solving multiobjective Mathematical Program. **Management Sc.** 30, 1268-1282.
- [5] HILLIER, F; LIEBERMAN, G. (1991): **Introducción a la Investigación de Operaciones**. Lieberman Hillier F. -- México: Mc Graw Hill..

Received October 2006  
Accepted September 2007