

APLICACION DEL METODO SIMPLEX A LA SOLUCION DE PROBLEMAS DE FORMULACION DE DIETAS

MANUEL CHAPARRO BELTRAN

Ph. D.

SIMON SULBARAN

GUSTAVO CORDOVA

Universidad del Oriente y Ciencias Aplicadas

Núcleo de Anzoátegui.

Puerto la Cruz (Venezuela)

INTRODUCCION

La popularidad de la programación lineal puede atribuirse a muchos factores incluyendo su capacidad para resolver grandes y complejos problemas, en un tiempo razonable, mediante el uso del método simplex y computadores. Es por ello que este método se ha convertido en una técnica de computación práctica.

El planteamiento matemático completo de un problema de programación lineal incluye un conjunto de ecuaciones lineales simultáneas, que representan las condiciones o restricciones del problema y una función lineal que expresa el objetivo del mismo, bien sea de maximización o minimización. Normalmente en el problema hay un gran número de variables las cuales deben ser manejadas simultáneamente con varias interacciones entre variables. Así, el modelo involucra una serie de interacciones complejas de las variables que pueden expresarse en forma matemática lineal y está caracterizado por la presencia de sub-objetivos que entran en conflicto con el objetivo principal, Es por ello que se requiere comúnmente de un computador para obtener la solución final.

El problema general de la programación lineal puede establecerse así: dado un conjunto de m ecuaciones y/o desigualdades lineales que implican n variables, encuentrense los valores no negativos de éstas que satisfacen las ecuaciones y desigualdades y, además maximizan o minimizan una función objetivo lineal.

m : Número de elementos nutritivos

n : Número de alimentos

a_{ij} : Número de miligramos de elemento nutritivo i en un kilogramo de alimento j

- b_j : Número de miligramo necesarios del elemento nutritivo i
 c_j : Costo por kilogramo del alimento j
 x_j : Número de kilogramos del alimento j que deberán comprarse.

La cantidad total del alimento nutritivo i contenido en todos los alimentos comprados está dada por:

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n$$

Puesto que esta cantidad total deberá ser mayor que, o igual al mínimo diario necesario del elemento nutritivo i . Este problema de programación lineal involucra la minimización de la función de costos.

$$C_1x_1 + C_2x_2 + \dots + C_nx_n$$

Sujeto a las siguientes condiciones

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \geq b_2$$

... ..

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \geq b_m$$

y

$$\begin{array}{rcl}
 x_1 & & \geq 0 \\
 & x_2 & \geq 0 \\
 & & \dots \\
 & & x_n \geq 0
 \end{array}$$

Así, se denota el vector fila (C_1, C_2, \dots, C_n) por c se consideran los siguientes vectores " x " y " b ", y la matriz " A " ($m \times n$).

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \quad b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix} \quad A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

Entonces el problema puede describirse como sigue:

$$\begin{array}{l} \text{Minimizar } CX \\ \text{Sujeto a } AX \geq b \\ y \quad \quad \quad x \geq 0 \end{array}$$

PLANTEAMIENTO MATEMATICO

Para la dieta iniciador (ver Tablas 1 y 2)
Función objetivo (Z)

$$\text{Min } Z = 2,2X_1 + 2,2X_2 + 1,7X_3 + 0,9X_4 + 2,6X_5 + 0,6X_6 + \\ 0,65X_7 + 12X_8 + 20X_9 + 18X_{10} + 20X_{11} + 3X_{12} + \\ 0,3X_{13} + 1,57X_{14} + 1,6X_{15}$$

Siendo las variables:

- X_1 : Sorgo
- X_2 : Maíz
- X_3 : Soya
- X_4 : Afrechillo de trigo
- X_5 : Fosfato dicálcico
- X_6 : Carbonato cálcico
- X_7 : Sal
- X_8 : Premezcla de mineral
- X_9 : Premezcla de vitaminas
- X_{10} : Metionina sintética
- X_{11} : Lisina sintética
- X_{12} : Cebo
- X_{13} : Vinaza
- X_{14} : Arroz
- X_{15} : Ajonjolí

Donde cada una de estas variables están expresadas en Kg.

Restricciones

A.- Debidas a los requerimientos nutricionales del pollo.

1) Energía

$$33,7X_1 + 34,3X_2 + 24,4X_3 + 18X_4 + 77X_{12} + \\ 6,876X_{13} + 29,9X_{14} + 26,4X_{15} \geq 28$$

$$33,7X_1 + 34,3X_2 + 24,4X_3 + 18X_4 + 77X_{12} + \\ 6,876X_{13} + 29,9X_{14} + 26,4X_{15} \leq 28,25$$

2) Proteína

$$0,09X_1 + 0,086X_2 + 0,475X_3 + 0,167X_4 + \\ 0,0697X_{13} + 0,087X_{14} + 0,42X_{15} \geq 0,21$$

$$0,09X_1 + 0,086X_2 + 0,475X_3 + 0,167X_4 + \\ 0,0697X_{13} + 0,087X_{14} + 0,42X_{15} \leq 0,215$$

3) Fibra

$$0,02X_1 + 0,029X_2 + 0,07X_3 + 0,07X_4 + \\ 0,01X_{13} + 0,098X_{14} + 0,065X_{15} > 0$$

4) Grasa

$$0,028X_1 + 0,039X_2 + 0,01X_3 + 0,036X_4 + X_{12} + \\ 0,0075X_{13} + 0,017X_{14} + 0,07X_{15} > 0$$

5) Metionina

$$0,001X_1 + 0,0018X_2 + 0,0072X_3 + 0,0012X_4 + \\ 0,98X_{10} + 0,0015X_{14} + 0,0148X_{15} \geq 0,0045$$

$$0,001X_1 + 0,0018X_2 + 0,0072X_3 + 0,0012X_4 + \\ 0,98X_{10} + 0,0015X_{14} + 0,0148X_{15} \leq 0,005$$

6) Lisina

$$0,0027X_1 + 0,002X_2 + 0,0318X_3 + 0,006X_4 + \\ 0,98X_{11} + 0,0024X_{14} + 0,00148X_{15} \geq 0,010$$

$$0,0027X_1 + 0,002X_2 + 0,0318X_3 + 0,006X_4 + \\ 0,98X_{11} + 0,0024X_{14} + 0,00148X_{15} \leq 0,012$$

7) Fósforo

$$0,008X_1 + 0,001X_2 + 0,0018X_3 + 0,0027X_4 + 0,185X_5 + \\ 0,0008X_{13} + 0,0039X_{14} + 0,013X_{15} \geq 0,008$$

$$0,008X_1 + 0,001X_2 + 0,0018X_3 + 0,0027X_4 + 0,185X_5 + \\ 0,0008X_{13} + 0,0039X_{14} + 0,013X_{15} \leq 0,0085$$

8) Calcio

$$0,0028X_1 + 0,0002X_2 + 0,0027X_3 + 0,0012X_4 + 0,22X_5 + 0,38X_6 + 0,008X_{13} + 0,0008X_{14} + 0,02X_{15} \geq 0,01$$

$$0,0028X_1 + 0,0002X_2 + 0,0027X_3 + 0,0012X_4 + 0,22X_5 + 0,38X_6 + 0,008X_{13} + 0,0008X_{14} + 0,02X_{15} \leq 0,011$$

B.- Debido a los pesos de las materias primas.

1) Cantidad total de alimento a preparar (1 Kg)

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} = 1$$

2) Sorgo: $X_1 > 0$

3) Maiz : $X_2 > 0$

4) Soya : $X_3 > 0$

5) Afrechillo de trigo: $0,05 \leq X_4 \leq 0,15$

6) Fosfato dicálcico : $X_5 > 0$

7) Carbonato cálcico : $X_6 > 0$

8) Sal : $X_7 = 0,0041$

9) Premezclas de minerales : $X_8 = 0,0025$

10) Premezclas de vitaminas : $X_9 = 0,0025$

11) Metionina sintética : $X_{10} > 0$

12) Lisina sintética : $X_{11} > 0$

13) Sebo : $X_{12} = 0,03$

14) Vinaza : $0,0432 \leq X_{13} \leq 0,438$

15) Arroz : $X_{14} > 0$

16) Ajonjolí : $X_{15} > 0$

Con la aplicación de las variables de holgura.

Función objetivo (Z):

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 2,2X_1 + 2,2X_2 + 1,7X_3 + 0,9X_4 + 2,6X_5 + 0,6X_6 + \\ & 0,65X_7 + 12X_8 + 20X_9 + 18X_{10} + 20X_{11} + 3X_{12} + \\ & 0,3X_{13} + 1,57X_{14} + 1,6X_{15} + 0(X_{16} + X_{17} + X_{18} + \\ & X_{19} + X_{20} + X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + \\ & X_{27} + X_{28} + X_{29} + X_{30} + X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + \\ & X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{38} + X_{39} + X_{40} + X_{41} + X_{42}) \end{aligned}$$

Restricciones

A.- Debido a los requerimientos nutricionales del pollo.

1) Energía

$$\begin{aligned} 33,7X_1 + 34,3X_2 + 24,4X_3 + 18X_4 + 77X_{12} + \\ 6,876X_{13} + 29,9X_{14} + 26,4X_{15} - X_{16} = 28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 33,7X_1 + 34,3X_2 + 24,4X_3 + 18X_4 + 77X_{12} + \\ 6,876X_{13} + 29,8X_{14} + 26,4X_{15} + X_{17} = 28,25 \end{aligned}$$

2) Proteína

$$\begin{aligned} 0,09X_1 + 0,086X_2 + 0,475X_3 + 0,167X_4 + \\ 0,0697X_{13} + 0,087X_{14} + 0,42X_{15} - X_{18} = 0,21 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,09X_1 + 0,086X_2 + 0,475X_3 + 0,167X_4 + \\ 0,0697X_{13} + 0,087X_{14} + 0,42X_{15} + X_{19} = 0,215 \end{aligned}$$

3) Fibra

$$\begin{aligned} 0,021X_1 + 0,029X_2 + 0,07X_3 + 0,07X_4 + \\ 0,01X_{13} + 0,098X_{14} + 0,065X_{15} - X_{20} = 0 \end{aligned}$$

4) Grasa

$$\begin{aligned} 0,028X_1 + 0,039X_2 + 0,01X_3 + 0,036X_4 + X_{12} + \\ 0,0075X_{13} + 0,017X_{14} + 0,07X_{15} - X_{21} = 0 \end{aligned}$$

5) Metionina

$$\begin{aligned} 0,001X_1 + 0,0018X_2 + 0,0072X_3 + 0,0012X_4 + \\ 0,98X_{10} + 0,0015X_{14} + 0,0148X_{15} - X_{22} = 0,0045 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,001X_1 + 0,0018X_2 + 0,0072X_3 + 0,0012X_4 + \\ 0,98X_{10} + 0,0015X_{14} + 0,0148X_{15} + X_{23} = 0,005 \end{aligned}$$

6) Lisina

$$0,002X_1 + 0,002X_2 + 0,0318X_3 + 0,006X_4 + \\ 0,98X_{11} + 0,0024X_{14} + 0,0148X_{15} - X_{24} = 0,010$$

$$0,0027X_1 + 0,002X_2 + 0,0318X_3 + 0,006X_4 + \\ 0,98X_{11} + 0,0024X_{14} + 0,0148X_{15} + X_{25} = 0,012$$

7) Fósforo

$$0,0087X_1 + 0,001X_2 + 0,0018X_3 + 0,0027X_4 + 0,185X_5 \\ 0,0008X_{13} + 0,0039X_{14} + 0,0013X_{15} - X_{26} = 0,008$$

$$0,0087X_1 + 0,001X_2 + 0,0018X_3 + 0,0027X_4 + 0,185X_5 \\ 0,0008X_{13} + 0,0039X_{14} + 0,013X_{15} + X_{27} = 0,0085$$

8) Calcio

$$0,0028X_1 + 0,0002X_2 + 0,0027X_3 + 0,0012X_4 + 0,22X_5 \\ 0,38X_6 + 0,008X_{13} + 0,0008X_{14} + 0,002X_{15} - X_{28} = 0,01$$

$$0,0028X_1 + 0,0002X_2 + 0,0027X_3 + 0,0012X_4 + 0,22X_5 \\ 0,38X_6 + 0,008X_{13} + 0,0008X_{14} + 0,02X_{15} + X_{29} = 0,011$$

B.- Debido a los pesos de las materias primas.

1) Sorgo: $X_1 - X_{30} = 0$

2) Maíz : $X_2 - X_{31} = 0$

3) Soya : $X_3 - X_{32} = 0$

4) Afrechillo de trigo

$$: X_4 + X_{33} = 0,15$$

$$: X_4 - X_{34} = 0,05$$

5) Fosfato dicálcico : $X_5 - X_{35} = 0$

6) Carbonato cálcico : $X_6 - X_{36} = 0$

7) Metionina sintética : $X_{10} - X_{37} = 0$

8) Lisina sintética : $X_{11} - X_{38} = 0$

9) Vinaza

$$\begin{aligned} &: X_{13} - X_{39} = 0,438 \\ &: X_{13} + X_{40} = 0,0432 \end{aligned}$$

10) Arroz : $X_{14} - X_{41} = 0$

14) Ajonjolí : $X_{15} - X_{42} = 0$

Con la aplicación de las variables artificiales.

Función objetivo (Z):

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 2,2X_1 + 2,2X_2 + 1,7X_3 + 0,9X_4 + 2,6X_5 + 0,6X_6 + \\ & 0,65X_7 + 12X_8 + 20X_9 + 18X_{10} + 20X_{11} + 3X_{12} + \\ & 0,3X_{13} + 1,57X_{14} + 1,6X_{15} + 0(X_{16} + X_{17} + X_{18} + \\ & X_{19} + X_{20} + X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + \\ & X_{27} + X_{28} + X_{29} + X_{30} + X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + \\ & X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{38} + X_{39} + X_{40} + X_{41} + X_{42} + \\ & X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{46} + X_{47} + X_{48} + X_{49} + X_{50} + \\ & X_{51} + X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{55} + X_{56} + X_{57} + X_{58} + \\ & X_{59} + X_{60} + X_{61} + X_{62} + X_{63} + X_{64} + X_{65} + X_{66}) \end{aligned}$$

Restricciones

A.- Debido a los requerimientos nutricionales del pollo.

1) Energía

$$33,7X_1 + 34,3X_2 + 24,4X_3 + 18X_4 + 77X_{12} + 6,876X_{13} + 29,9X_{14} + 26,4X_{15} - X_{16} + X_{43} = 28$$

2) Proteína

$$0,09X_1 + 0,086X_2 + 0,475X_3 + 0,167X_4 + 0,0697X_{13} + 0,087X_{14} + 0,42X_{15} - X_{18} + X_{44} = 0,21$$

3) Fibra

$$0,02X_1 + 0,029X_2 + 0,07X_3 + 0,07X_4 + 0,01X_{13} + 0,098X_{14} + 0,065X_{15} - X_{20} + X_{45} = 0$$

4) Grasa

$$0,028X_1 + 0,039X_2 + 0,01X_3 + 0,036X_4 + X_{12} + 0,0075X_{13} + 0,017X_{14} + 0,07X_{15} - X_{21} + X_{46} = 0$$

5) Metionina

$$0,001X_1 + 0,0018X_2 + 0,0072X_3 + 0,0012X_4 + 0,98X_{10} + 0,0015X_{14} + 0,0148X_{15} - X_{22} + X_{47} = 0,0045$$

6) Lisina

$$0,0027X_1 + 0,002X_2 + 0,0318X_3 + 0,006X_4 + 0,98X_{11} + 0,0024X_{14} + 0,0148X_{15} - X_{24} + X_{48} = 0,010$$

7) Fósforo

$$0,0087X_1 + 0,001X_2 + 0,0018X_3 + 0,0027X_4 + 0,185X_5 + 0,0008X_{13} + 0,0039X_{14} + 0,013X_{15} - X_{26} + X_{49} = 0,008$$

8) Calcio

$$0,0028X_1 + 0,0002X_2 + 0,0027X_3 + 0,0012X_4 + 0,22X_5 + 0,38X_6 + 0,008X_{13} + 0,0008X_{14} + 0,02X_{15} - X_{28} + X_{50} = 0,01$$

B.- Debido a los pesos de las materias primas.

1) Cantidad total de alimento a preparar (1 Kg)

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{51} = 1$$

2) Sorgo: $X_1 - X_{30} + X_{52} = 0$

3) Maíz : $X_2 - X_{31} + X_{53} = 0$

4) Soya : $X_3 - X_{32} + X_{54} = 0$

5) Afrechillo de trigo : $X_4 - X_{34} + X_{55} = 0.0$

6) Fosfato dicálcico : $X_5 - X_{35} + X_{56} = 0$

7) Carbonato cálcico : $X_6 - X_{36} + X_{57} = 0$

8) Sal : $X_7 + X_{58} = 0,0041$

9) Premezclas de minerales : $X_8 + X_{59} = 0,0025$

10) Premezclas de vitaminas : $X_9 + X_{60} = 0,0025$

11) Metionina sintética : $X_{10} - X_{37} + X_{61} = 0$

12) Lisina sintética : $X_{11} - X_{38} + X_{62} = 0$

13) Sebo : $X_{12} + X_{63} = 0,03$

14) Vinaza : $X_{13} - X_{39} + X_{64} = 0.438$

15) Arroz : $X_{14} - X_{41} + X_{65} = 0$

16) Ajonjolí : $X_{15} - X_{42} + X_{66} = 0$

La aplicacione del método simplex para la solución de la dieta de engorde se plantea de igual forma. La estimación se llevó a cabo mediante el listado del programa (15) y el dado por MPOS versión 4.0 - Multi-purpose Optimazation System -North-Western University.

TABLA 1. Materiales y sus composiciones requeridas.

Materia	E Kcal/Kg	Prot. %	Fibra %	Grasa %	M %	L %	P %	Ca %	Bs/Kg
Sorgo	3370	9,0	2,0	2,80	0,10	0,27	0,87	0,28	2,20
Maíz	3430	8,6	2,9	3,90	0,18	0,20	0,10	0,02	2,20
Soya	2440	47,5	7,0	1,00	0,72	3,18	0,18	0,27	1,70
Afrecho	1800	16,7	7,0	3,60	0,12	0,60	0,27	0,12	0,90
Pulpa de cítricos	1839	0,6	13,0	0,34	0,08	0,20	0,03	2,00	
Harina de coco	1496	20,4	13,0	5,80	0,33		0,20	0,20	
Fósforo dicálcico							18,50	22,00	2,60
Carbonato de calcio								38,00	0,60
Sal									0,65
Premezcla minerales									12,00
Melaza	1960	3,0							
DL-metionina					98,00				18,00
Lisina sintética						98,00			20,00
Sebo	7700			100,00					3,00
Vinaza	687,6	6,97	1,0	0,75			0,08	0,80	0,30
Repe	1750	20,0	8,0	2,50	0,45	0,63	0,80	0,40	
Arroz	2990	8,7	9,8	1,70	0,15	0,24	0,30	0,09	1,57
Ajonjolí	2640	42,0	6,5	7,00	1,48	1,37	1,30	2,00	1,60

E: Energía; P: Proteína; M: Metionina; L: Lisina;

P: Fósforo Ca: Calcio.

%: Porcentaje en peso en base seca.

Fuente: Escuela de Zootecnia, Jusepin - U.D.O

Estimaciones propias.

TABLA 2. Tipo de dieta y restricciones nutritivas del animal.

DIETA A	ESPECIFICACIONES	RESTRICCIONES DE ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS NUTRITIVOS													
		E		Prot.		F	G	M		L		P		Ca	
FORMULAR		Kcal/Kg		%		%	%	%		%		%		%	
		mín	máx	mín	máx			mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx
Iniciador	Desde su nacimiento hasta la 4 ^{ta} semana	2800	2825	21	21,5	0	0	0,45	0,5	1,0	1,2	0,8	0,85	1	1,1
Engorde	Desde la 4 ^{ta} semana hasta la 8 ^{va} semana	2900	2925	18	18,25	0	0	0,35	0,4	0,8	0,9	0,8	0,85	1	1,1

‡ : Porcentaje por kg de alimento en base seca

F : Fibra; G: Grasa.

mín : mínimo; máx: máximo.

Fuente: M.A.C

RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos (Tablas 1 y 2), se observa que la materias primas escogidas para la dieta iniciador y engorde son, entre otras: Sebo, afrechillo de trigo, arroz, vinaza, sorgo, ajonjolí. Esto nos indica que las materias primas escogidas permiten obtener una solución que satisface tanto las condiciones del problema como a la función objetivo, debido a que sus contenidos de energía, proteínas, aminoácidos, fibras, grasas, etc., permiten un agrupamiento de ellas, satisfacer las necesidades nutricionales del pollo. Ha de notarse que dentro de la selección de materias primas que permite una minimización de los costos, está la inclusión de materias primas consideradas desechos o subproductos, como por ejemplo: vinaza, afrechillo de trigo, sebo y ajonjolí

Lo mencionado anteriormente es factor favorable en los resultados de la función objetivo para las dietas iniciador y engorde, la función objetivo o costo es 1,74 Bs/Kg para la dieta iniciador y 1,80 Bs/Kg para la dieta engorde (1987-1988).

Figura No 1.

DIETA INICIADOR

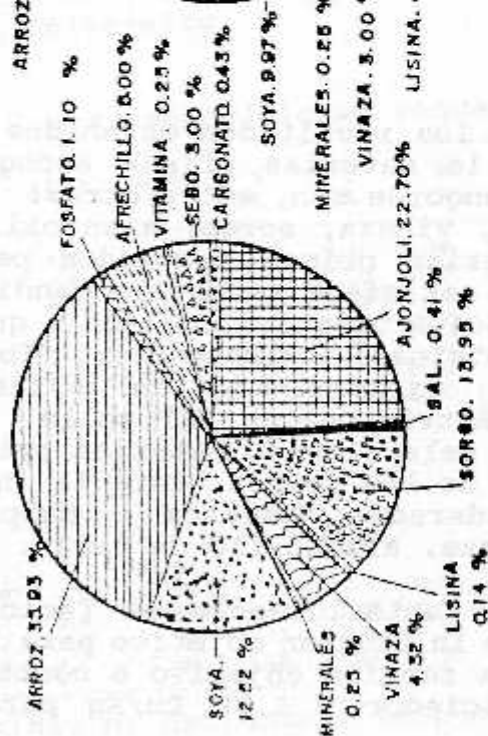
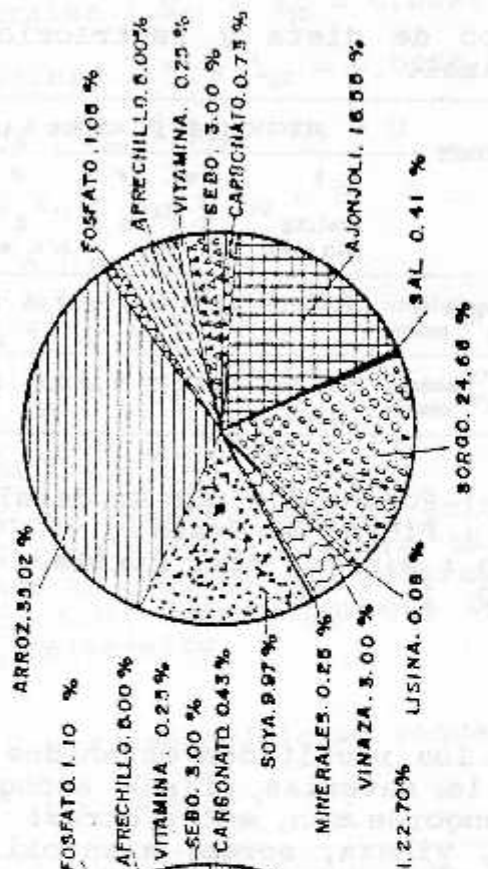


Figura No 2.

DIETA ENGORDE



BIBLIOGRAFIA

1. ABRAMS, Jonh. Nutrición animal y dietética veterinaria. Zaragoza, España. 1965.
2. ADAMS, William J. Elements of programing. Van Nostrand Reinhold, New York. 1969.
3. BORIE, S. A. Methanization des eaux residuaires de distilleries vinicoles. Cahier scientifique et technique. Industries alimentaires et agricoles. 1982.
4. DOUIMAN, Robert. Linear programing and economic analysis, Mc graww-Hill, 1958.
5. GASS, Saul I. Programación lineal. Métodos y aplicaciones. Compañía editorial Continental S.A., tercera edición, México 1981.
6. HADLEY, George. Linear programing, Addison Wesley. 1963.
7. HARROW, Lee S., HAMN, Robert., MEACHAN, Kirby and MONROE, Frederick. Evaluating new business opportunities from food wastes. Food Technology, june, 1977.
8. JAUFRED M., Francisco., MORENO, B., Alberto. y ACOSTA F., J. Jesús., Métodos de optimización. Programación lineal gráficas. representaciones de servicios de ingeniería S.A.. 1^{ra} edición, México, 1971.
9. LESLIE e., Cord and Malden C., Nescheim. Poultry production. Lea & Febiger, 11^{va} edición. Philadelphia. 1970.
10. MARTY, Gregori. Cálculo y equilibrio de raciones alimenticias. Editorial Aedos. España. 1968.
11. MAYNARD, Leonard A. nutrición animal. Editorial Uteha. 3^{ra} edición. México, 1969.
12. MERCIER R de, Bruzual, E. y Zorrillas, L. Efectos de las dietas elaboradas de desechos agroindustriales de la región nor-oriental de Venezuela, sobre la

ganancia de pesos en pollos de engorde. Instituto Universitario de Tecnología. Cumaná, 1984.

13. Nutrient requirements of domestic animals. Number 1, Seventh revised edition. Washington D.C., 1977.
14. RODRIGEZ, Gustavo. La agorindustria de alimentos concentrados para animales. U.C.V. mayo 1980.
15. Lazaro cremades y colaboradores. Aplicación del método simplex a la resolución de problemas de ingeniería química. Revista Ingeniería Química, Madrid, Noviembre 1986.