

MEJORAMIENTO DE DIETA PORCINA POR METODOLOGÍA SIMPLEX

Jorge Luis García Alcaraz

Departamento de Ingeniería Industrial,

Instituto Tecnológico de Celaya.

jorgel@itc.mx

RESUMEN

Este artículo presenta los resultados de la continuación de una investigación de tesis de maestría, en la que se generó una mezcla para la alimentación de cerdos por medio de la técnica de Investigación de Operaciones denominada método SIMPLEX. Se generó una mezcla para cada una de las seis etapas de crecimiento recomendadas por el NRC 2001 (National Research Council) por medio de un modelo, el cual integraba maíz, sorgo, harina de pescado, alfalfa, minerales, melaza y soya. El experimento se corrió en dos grupos de cerdos de la raza Duroc-Jersey por un período de 22 semanas en Michoacán, México; el periodo de alimentación fue de septiembre de 2003 a febrero de 2004. Se logró demostrar que es posible generar una mezcla con granos regionales con la que se alcanza una mejor conversión alimenticia en los cerdos y que se reducen los costos; por lo que los modelos son calificados como eficientes.

PALABRAS CLAVE: mezcla alimenticia, ganado porcino, programación lineal.

CLASIFICACIÓN JEL: C61, L70, Q10.

INTRODUCCIÓN

La porcicultura es una actividad pecuaria que se desarrolla ampliamente en regiones tropicales y según Quijano (1990), los cerdos son una especie animal consumidora de granos; sin embargo, Flores et al. (1999) declara que estas regiones tropicales del mundo son deficitarias en producción agrícola y que la mayor parte de los insumos son importados y la cotización internacional se establece en dólares. Bajo circunstancias de estabilidad económica la importación de granos no afecta los costos de producción porcina, sin embargo en situaciones financieras como devaluación e inflación repercuten negativamente ya que al aumentar el precio del dólar, los productos importados son más caros.

En el caso particular de México, según un informe de Porkworld (2002), la porcicultura se encuentra en un estado de crisis y se ha tenido que recurrir a la importación de granos y de carne; lo que es confirmado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público SHCP (2001), la cual manifiesta que la balanza comercial de los mismos es negativa. Ante una situación como la anterior, el país se ha convertido en uno de los importadores más importantes del ramo y tiene uno de los costos de producción por kilo de carne de cerdo más alto, según la Asociaciones de Países de Sudamérica (2000). A nivel estatal, Michoacán, México, ha pasado de ocupar los primeros lugares a nivel nacional en producción de carne de cerdo, para ubicarse en la séptima posición en el año 2000. En respuesta a lo anterior se han implantado varios Programas de Desarrollo; especialmente la zona costera de éste estado ha recibido un fuerte impulso en este sector productivo; pero son solamente pequeños productores y las grandes regiones productoras como La Piedad (región michoacana tradicionalmente porcina) han tenido un decremento importante en su volumen de producción, según informes del SIAP-SAGARPA (2000).

Ante la problemática anterior, el objetivo de esta investigación fue generar una mezcla alimenticia que cumpla los requisitos nutritivos de los cerdos en cada una de sus etapas de desarrollo haciendo uso del método simplex de Programación Lineal (PL) y con un enfoque general de Investigación de Operaciones (IO), que minimice los costos de producción de la mezcla y que al menos el 50% de sus ingredientes sean granos regionales. Este trabajo de investigación inicia con los modelos y resultados reportados por García et al. (2004), en los que se han modificado valores relativos a los precios sombra e ingresado nuevas restricciones de alimentación sugeridos por el NRC (2001) que no existían en el NRC (1998), en el cual se basó para generar los modelos iniciales. El problema de la dieta se encuentra en muchos de los libros de investigación de operaciones, algunos de los autores que se pueden mencionar son Kaufmann y Labordere (1976), Ackoff y Sasieni (1977), Hillier y Lieberman (1994), Thaa (1997), Ayres (1997), Bazaraa (1998), entre otros.

Los supuestos hechos en esta investigación se resumen en las siguientes hipótesis:

H1 La mezcla alimenticia propuesta por el método simplex brinda al menos la misma conversión alimenticia que la proporcionada por el proveedor local de alimento porcino actual.

H2 El costo de producción por kilo de carne de los cerdos alimentados con la mezcla porcina propuesta por el método simplex es menor que la propuesta por el proveedor local de alimento.

El presente artículo se encuentra dividido en cuatro secciones, primeramente se presenta un resumen, en la segunda sección se encuentra la introducción, en la tercera se describe la metodología de trabajo y finalmente se presenta una discusión de los resultados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este capítulo se encuentra dividido en dos secciones, primero se describe el procedimiento seguido en el desarrollo de esta investigación y en la segunda se describe brevemente el método Simplex empleado en la generación de los modelos.

Procedimiento

Para generar los modelos de Programación Lineal (PL) se identificaron primeramente los granos regionales que podían ingresar a la mezcla y que se ofrecían a bajo costo. Después de un análisis del mercado local se decidió emplear Alfalfa, Harina de Soya, Maíz Amarillo, Sorgo, Melaza, Harina de Pescado y Minerales; estas son las variables que se ingresaron en el modelo de PL. La información nutricional de los granos se obtuvo de las tablas de la FEDNA (Federación Española de Nutrición Animal) y los requerimientos nutritivos de los cerdos se basaron en la edición 2001 del NRC (National Research Council), la cual divide en seis etapas el desarrollo de los cerdos, generándose un modelo para cada una de éstas. Con estos datos se generaron los modelos de PL basados en el Método Simplex (MS), en los cuales la función objetivo buscó minimizar el costo de la mezcla y las restricciones estaban compuestas por los requerimientos nutricionales de los cerdos en cada etapa y el contenido nutricional de cada uno de los ingredientes. Cada modelo estaba restringido a 100 Kgs de mezcla y se ejecutaron haciendo uso del software denominado WINQSB, el cual facilita la introducción de la información en forma matricial. Los porcentajes de cada uno de los ingredientes fueron molidos y revueltos siguiendo las recomendaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-Y-III 1976 y de la División de Nutrición Animal de Continental Grain Co. (2000).

La mezcla propuesta por el MS y la proporcionada por el proveedor local de alimentos se ofrecieron a dos camadas de lechones diferentes, esto con la finalidad de realizar comparaciones entre grupos y su descripción aparece en la Tabla 1. Cada uno de los grupos de cerdos provenían de madres y padres de la raza Duroc-Jersey y fueron aislados y alimentados de manera independientes. El periodo destete fue diferente en ambos grupos e inmediatamente después de esta actividad, fueron colocados en corrales separados, el cual estaba techado completamente y con piso de concreto con una pendiente regular.

Tabla 1. Descripción de la Muestra

Grupo	Alimento Ofrecido	Número		Periodo de lactancia
		H	M	
Testigo	Trad	5	5	30 días
Muestra	Proa	6	4	15 días

Fuente: Elaboración propia.

El alimento balanceado por el método simplex y el propuesto por el proveedor se suministró a los cerdos hasta que éstos tenían 22 semanas de edad, iniciando en el mes de agosto del 2004 y finalizando en enero de 2005. Los alimentos fueron suministrados a libre acceso en ambos grupos.

Los cerdos se pesaron cada tres días por la mañana en una balanza que fue calibrada dos veces por mes, llevándose un registro del peso acumulado por el cerdo, alimento consumido y conversión alimenticia que éstos alcanzaban, las cuales son las variables que se recomiendan en las tablas de la FEDNA (2000) como indicadores o variables de respuesta para medir la eficiencia de nuevos alimentos.

Método Simplex

Para Taha (1999) los componentes de un modelo de Programación Lineal, lo mismo que cualquier modelo de IO, incluyen los siguientes tres elementos:

Variables de decisión que se desea determinar.

Objetivo (meta) que se busca optimizar.

Restricciones que se deben satisfacer.

La estructura general de un problema de PL es la que se indica en (1); la primera línea representa la función objetivo o meta que se desea resolver; las variables y restricciones son las líneas inferiores.

$$MinZ = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

S.A.

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$$

...

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$$

En donde:

C_i representa el costo de las variables.

a_{ij} es la aportación de una variable en cierto contenido.

b_i es la cantidad requerida de cierto nutriente.

X_i es la variable (maíz, sorgo, etc.)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar los modelos propuestos para cada etapa de desarrollo de los cerdos para cada una de sus etapas de desarrollo en el software empleado, se obtuvieron los resultados expuestos en la Tabla 2, donde para cada una de dichas etapas se expone la cantidad del ingrediente que se requiere (Q) y el costo incurrido por el mismo (\$).

Tabla 2. Soluciones por WINQSB para los Modelos por Etapas.

Ingrediente	Etapa de Desarrollo											
	3 a 5 Kg.		5 a 10 kg.		10 a 20 kg.		20 a 50 kg.		50 a 80 kg.		80 a 120 kg.	
	Q	\$	Q	\$	Q	\$	Q	\$	Q	\$	Q	\$
Alfalfa	2	3.9	2	3.9	3.5	6.825	3.5	6.825	5	9.75	5.52	10.76
Soya	8	25.28	34.64	109.4	20.86	65.91	15.02	47.46	10.8	34.12	5.47	17.28
Maiz	54.34	70.64	42.49	55.23	50.02	65.02	47.52	61.77	42.5	55.25	44.16	57.40
Sorgo	5	5.65	7	7.91	15	16.95	25	28.25	35	39.55	39.01	44.08
Melaza	2	7	2.5	8.75	0	0	0	0	0	0	0	0
Pescado	28.65	156.4	6.59	35.98	9.61	52.47	7.95	43.40	5.7	31.12	4.818	26.30
Mineral	0	0	4.7662	14.87	1	3.12	1	3.12	1	3.12	1	3.12
Suma	100	268.9	100	236.1	100	210.3	100	190.8	100	172.9	100	158.9
Costo/kilo		2.68		2.36		2.10		1.90		1.72		1.59

Después de alimentar a los cerdos por veintidós semanas, los resultados obtenidos por los dos grupos se indica en la Tabla 3, donde se señala la cantidad de alimento que consumieron, el peso promedio alcanzado, la conversión alimenticia, el costo por kilo de carne producida y sus respectivas varianzas.

Tabla 3. Resultados obtenidos

Grupo	Alimento consumido Kg.	Peso del cerdo Kg.	Conversión Kg./Kg.	Varianza en conversión	Costo/kilo	Varianza en costo/kilo
Testigo	263.5	102.01	2.583	0.2565	6.66	0.5978
Muestra	247.9	101.91	2.4325	0.1879	4.68	0.4261

Fuente: Elaboración propia con datos de WINQSB.

El grupo de cerdos que obtuvo una mejor conversión alimenticia fue el alimentado con la mezcla propuesta, al final se logró una cifra de 2.4325 Kg/Kg, lo cual significa que se requirió de 2.4325 kilos de alimento para generar en un kilo de carne, con una diferencia de 0.1505 Kg./Kg entre los dos grupos. Con respecto al costo de alimentación por kilo de carne, el grupo muestra alcanzó un costo de \$4.68/Kg. y el testigo \$6.66/Kg, lo que significa que existe un ahorro de \$1.98 por cada kilogramo de carne producida.

Basados en la información contenida en la Tabla 3, se contrastan las hipótesis planteadas inicialmente a un nivel de confianza de 0.05; además, se ha comprobado que las varianzas muestrales son iguales. El procedimiento seguido en las contrastación de las hipótesis es el sugerido por Sánchez (2001).

H₁ La mezcla alimenticia propuesta por el método simplex brinda al menos la misma conversión alimenticia que la proporcionada por el proveedor local de alimento porcino actual.

En esta contrastación μ_1 representa la media muestral de los cerdos alimentados con la mezcla propuesta y μ_2 la media muestral de cerdos alimentados con la mezcla tradicional proveída por el proveedor.

Hipótesis

$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$

$H_1: \mu_1 > \mu_2$

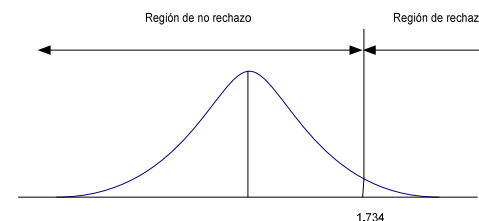
Estadístico de prueba

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S^2_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}} \quad t_{0.05,18} = 1.734$$

Supuestos

Las muestras son independientes
La distribución de diferencias de medias muestrales es aproximadamente normal

Región de rechazo



Regla de decisión

Si $t_c > 1.734$ entonces rechazar H_0 , de otra manera no rechazar H_0 .

Cálculos

$$Sp^2 = \frac{S_1^2(n_1 - 1) + S_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$= \frac{(0.1879)(9) + (0.2565)(9)}{18} = 0.2222$$

$$S^2_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = Sp^2 \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]$$

$$= 0.2222 \left[\frac{1}{10} + \frac{1}{10} \right] = 0.04444$$

$$t_c = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S^2_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}} = \frac{2.4325 - 2.5830}{0.04444} = -3.3868$$

Decisión

Como $t_c < 1.734$, entonces no rechazar H_0 .

H₂ El costo de producción por kilo de carne de los cerdos alimentados por la mezcla porcina balanceada por el método simplex es menor al generado por la mezcla propuesta por el proveedor local de alimento.

En esta contratación μ_1 representa la media muestral de los costos de alimentación de los cerdos que consumieron la mezcla propuesta y μ_2 la media muestral de los cerdos alimentados con la mezcla tradicional suministrada por el proveedor; además, se realizó una prueba de hipótesis de igualdad para las varianzas muestrales y se encontró que éstas son iguales.

Hipótesis

$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$

$H_1: \mu_1 > \mu_2$

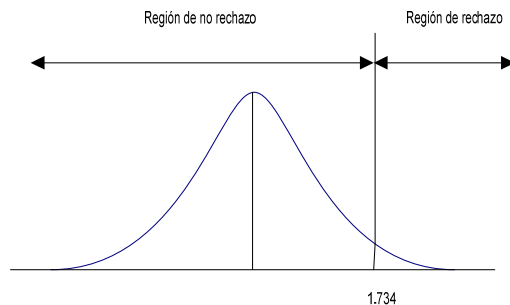
Estadístico de prueba

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S^2_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}} \quad t_{0.05,18} = 1.734$$

Supuestos

Las muestras son independientes. La distribución de diferencias de medias muestrales es aproximadamente normal

Región de rechazo



Regla de decisión

Si $t_c > 1.734$ entonces rechazar H_0 , de otra manera no rechazar H_0 .

Cálculos

$$Sp^2 = \frac{S_1^2(n_1 - 1) + S_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$= \frac{(0.4261)(9) + (0.5978)(9)}{18} = 0.51195$$

$$S^2_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = Sp^2 \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]$$

$$0.51195 \left[\frac{1}{10} + \frac{1}{10} \right] = 0.10239$$

$$t_c = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S^2_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}} = \frac{4.68 - 6.66}{0.10239} = -19.33$$

Decisión

Como $t_c < 1.734$, entonces no rechazar H_0 .

CONCLUSIONES

Al final del experimento se logró obtener una serie de modelos eficientes para generar mezclas alimenticias para cerdos en cada una de las fases de crecimiento que recomienda en el NRC (2001), en las que se usaron ingredientes regionales; además, se concluye que existe suficiente evidencia para afirmar que el índice de conversión alimenticia del grupo de cerdos alimentados con la

mezcla propuesta sea mayor a la del grupo alimentado con la mezcla suministrada por el proveedor local; asimismo, los datos no proporcionan suficiente evidencia para soportar la afirmación de que el costo medio de producir un kilo de carne en pie de cerdo alimentado con la mezcla propuesta sea mayor a la de los cerdos alimentados con la mezcla suministrada por el proveedor local.

Finalmente, aunque la mezcla y metodología de alimentación propuesta demostraron ser eficientes en el parámetro de la conversión alimenticia, el proyecto estuvo a punto de abandonarse en lo que respecta al periodo de destete temprano, ya que existió un rechazo por parte de los cerdos al alimento en la primera etapa (3 a 5 Kgs de peso) y se sugiere continuar con investigaciones en esta etapa.

REFERENCIAS

- Ackoff, R. y Sasieni, M. 1977. *Fundamentos de investigación de operaciones*. Limusa. México, D. F. p 80-160.
- Antón, H. 1976. *Álgebra Lineal*. 4ª edición. Trillas. México, D. F. p 45-90.
- Ayres, F. y Mendelson, E. 1998. *Cálculo diferencial e integral*. McGraw-Hill. México, D. F. p 90-210.
- Bazaraa, M., Jarvis, J. y Sherali, H. 1998. *Programación Lineal y flujo en redes*. Limusa. México, D. F. p 288-348.
- Boletín de la División de Nutrición Animal de Continental Grain Co. 2000.
- Flores, C., Haro, T., Hernández, M., Martínez, G. y Trujillo, O. 1999. *Procedimientos de Cálculos en la Producción Porcina*. UNAM. México, D. F. p 18-45.
- García, J. L; Ríos, M; Ramírez, J. J. y Díaz, J. J. (2004). *Balanceo de dieta porcina por método simplex*. Cathedra, Instituto Tecnológico de Cd. Juárez. pp 8-13.
- Hillier, F. y Lieberman G. 1994. *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Mc Graw Hill. México, D. F. p 18-48.
- Informe Porkworld*. Edición 2002. Miami, FL. USA.
- Informe Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)*. Edición 2001. México,
- Informe SIAP-SAGARPA*. Edición 2001. México.
- Informe de la Asociación de Países de Sudamérica*. Edición 2000. Lima, Perú.
- Kaufmann, A. y Henry-Labordere, A. 1976. *Métodos y modelos de la investigación de operaciones* (Tomo III). C.E.C.S.A. Barcelona, España. p 45-68.
- Morrison, F. 1991. *Compendio de Alimentación del Ganado*. Limusa. México, D. F. p 68-144.

- National Research Council. Edición 2001. USA.
- Sánchez, J. 2001. *Estadística*. Taller Editorial del Instituto Tecnológico de Cd. Juárez. 1º Edición. Cd. Juárez, Chihuahua, México. p 460-466.
- Quijano G. 1990. *Manual de Sacrificio e Industrialización del Cerdo*. Trillas. México, D. F. p 14-22.
- Tablas de la FEDNA. Federación Española de Nutrición Animal. Edición 2000. Madrid, España.
- Taha, H. 1999. *Investigación de Operaciones, una Introducción*. Ed. Pearson. Sexta edición en Español. México, D. F. p 38-59.