

CIAT (Colombia)
000194 c.2

Serie ES-No. 4
Septiembre, 1974



CENTRO DE DOCUMENTACION

Cálculo de raciones de mínimo costo para cerdos en zonas tropicales

Néstor Gutiérrez
Julián Buitrago

Internacional de Agricultura Tropical

CIAT es una organización sin ánimo de lucro, dedicada al desarrollo agrícola y económico de las tierras bajas tropicales. El Gobierno de Colombia proporciona su apoyo como país sede del CIAT y el terreno en que se encuentran localizadas sus principales instalaciones, una finca experimental de 522 hectáreas cerca de la ciudad de Cali. Se llevan a cabo proyectos cooperativos con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), principalmente en los Centros Experimentales de Turipaná y Carimagua. El CIAT está financiado por varios miembros institucionales del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional. En 1973 estos donantes fueron la Agencia Estadinense para el Desarrollo Internacional (USAID), la Fundación Rockefeller, la Fundación Ford, la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA), la Fundación W. K. Kellogg, el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) por medio de la Agencia Internacional del Desarrollo (IDA), y los Gobiernos de Holanda, Suiza y República Federal Alemana. Varias de las entidades mencionadas, junto con el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID) del Canadá y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), proporcionan también fondos para proyectos especiales. La información y conclusiones de esta publicación no reflejan necesariamente la posición de ninguna de las agencias, fundaciones o gobiernos mencionados.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, CIAT

Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia, S. A.
Cables: CINATROP

SF
395
167
02

Domestication of the pig

Serie ES-No. 4
Septiembre, 1974



CENTRO DE EVALUACION

Cálculo de raciones de mínimo costo para cerdos en zonas tropicales



Néstor Gutiérrez
Julián Buitrago

Centro Internacional de Agricultura Tropical

CALCULO DE RACIONES DE MINIMO COSTO PARA CERDOS EN ZONAS TROPICALES*

Néstor Gutiérrez y Julián Buitrago

Introducción

En la producción de cerdos el factor de costos más importante es la alimentación, la cual representa entre el 75 y 85 por ciento del costo total de producción.

El objeto de este trabajo es el cálculo de raciones concentradas de mínimo costo para cerdos, empleando para el ejemplo que se ilustra en este caso, productos y subproductos alimenticios disponibles en el Valle del Cauca, Colombia. Se trata de proporcionar la mezcla más "eficiente", seleccionando los ingredientes alimenticios en forma de cumplir con los requerimientos nutricionales del animal, basándose en la composición nutritiva de los alimentos.

Este método de cálculo de raciones ofrece grandes ventajas a los investigadores y porcicultores por su rapidez, exactitud y bajo costo.

Metodología

Se empleó el modelo de Programación Lineal, utilizando el computador IBM 370/145*** con el programa MPS/360 (1). Este modelo de cálculo determina la cantidad (actividad) de cada ingrediente alimenticio disponible (variables estructurales o de decisión) que debe incluirse en una mezcla alimenticia para satisfacer las necesidades nutricionales mínimas (restricciones nutricionales) del cerdo en una determinada etapa de su ciclo de vida. De todas las raciones posibles (soluciones factibles) que cumplan estas restricciones nutricionales se buscan aquellas que tengan el menor costo (objetivo). Esta es la solución óptima desde el punto de vista de la Programación Lineal. La dieta de costo mínimo que se calcule para cada etapa de desarrollo del cerdo debe proporcionar los niveles predeterminados de energía, proteína, calcio, fósforo y aminoácidos esenciales de acuerdo a los requerimientos nutricionales que se presentan en el Cuadro 1.

* Se agradece la colaboración de los Dres. J. H. Maner, A. Valdés y G. Gómez.

** Investigador Asociado, Nutricionista Asistente, respectivamente. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Apartado Aéreo 67-13, Cali, Colombia, S. A.

*** El montaje y la corrida del programa estuvo a cargo de J. Villalobos como consultor, y J. A. Porras, Oficina de Biometría, CIAT.

Cuadro 1. Especificaciones y requerimientos nutricionales para cerdos

Ciclo de producción	Crecimiento				Acabado	Gestación	Lactancia	Reproductor
	5-10	10-20	20-35	35-60				
Peso vivo, kg.	5-10	10-20	20-35	35-60	60-100	100-160	140-200	110-180
Peso calculado para la ración, kg.	1.0	1.05	1.05	1.05	1.0-1.05	1.0-1.05	1.0-1.05	1.0-1.05
Energía Dig., Kcal.	3.5	3.5	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Proteína, kg.	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	0.14	0.15	0.14
Calcio (max), kg.	0.0095	0.0095	0.0095	0.008	0.008	0.0095	0.0095	0.0095
Calcio (min), kg.	0.0065	0.0065	0.0065	0.005	0.005	0.0075	0.005	0.0075
Fósforo disponible (max), kg.	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.008	0.008	0.008
Fósforo disponible (min), kg.	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005
Metionina, kg.	0.004	0.003	0.003	0.0025	0.002	0.002	0.002	0.002
Met + Cist, kg.	0.008	0.005	0.005	0.0035	0.003	0.0035	0.0035	0.0035
Lisina, kg.	0.012	0.007	0.007	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Triptófano, kg.	0.0018	0.0018	0.0013	0.001	0.009	0.008	0.008	0.008
Sal, kg.	0.0025	0.0025	0.0025	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Afsillin, kg.	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002

Fuente: Adaptación de las Recomendaciones del NRC (4). ICA, 1973. Programa de Porcinos, Palmira, Colombia.

Se incluyeron, como ingredientes, los principales granos que se producen en el país, las materias primas nativas con mayores perspectivas y los principales subproductos, a precios corrientes durante el segundo semestre de 1973 en el Departamento del Valle del Cauca, (ver Cuadro 1 del Apéndice). La información sobre su composición química proviene del ICA, CIAT y de otras entidades científicas (3), (ver Cuadro 2 del Apéndice).

En las restricciones, se limitó la cantidad de melaza y de torta de algodón, según la etapa de desarrollo del cerdo, y la cantidad de harinas de carne y de sangre debido a limitaciones del mercado.

Resultados

En el Cuadro 2 se puede observar la parte fundamental de los resultados del análisis. En él aparece la composición de las dietas de mínimo costo en unidades por cada 100 kilogramos de ración completa, calculadas para cada etapa de peso del cerdo.

Como fuentes principales de energía se utilizan harina de arroz y azúcar. A medida que el cerdo aumenta de peso se sustituye la harina de arroz por melaza. Este cambio va acompañado de una baja en el costo total de la dieta.

La proteína proviene principalmente de la torta de algodón y de las harinas de carne y sangre.

Se observa una mayor sensibilidad en el costo de la ración al variar los precios de los insumos empleados como fuentes de energía y proteína, que representan el mayor volumen físico en la ración. Esta observación sugiere que la sensibilidad del costo al cambio de los precios es directamente proporcional al volumen empleado.

Otra información disponible en el modelo de programación lineal es la variación en el costo total de la dieta como consecuencia de cambiar los requerimientos nutritivos. Se especifica el nutriente e ingredientes que saldrían (o entrarían) si se cambian los límites de requerimientos. Se presenta asimismo información sobre los ingredientes que no resultaron incluidos finalmente o estaban limitados en la ración, indicándose las cantidades y precios a los cuales podrían incluirse en la dieta óptima y los cambios que se hubiesen causado en los costos totales de la ración si se hubiese incorporado un kilo de dicho ingrediente.

Conclusiones

Con los precios anotados hay buenas perspectivas de incrementar el uso en la dieta de subproductos de arroz, caña de azúcar, torta de algodón, torta de ajonjolí y harinas de hueso, sangre y pescado, además de algunas materias primas nativas tales como la yuca.

Los valores de todas las dietas de mínimo costo resultaron menores en un 10 por ciento o más con relación a los concentrados existentes en el comercio.

Cuadro 2. Composición de dietas de mínimo costo en cerdos, para el Valle del Cauca (Colombia)

Categorías	Crecimiento				Acabado 60 a 100	Gestación 100 a 160	Reproducción 110 a 180	Lactancia 140 a 200
	5 a 10	10 a 20	20 a 35	35 a 60				
<u>Ingredientes:</u>								
	<u>(Expresado en kilos de cada ingrediente por cada 100 kilos de ración)</u>							
Mafz opaco*	2.21							
Harina de arroz	23.15	28.70	28.99	29.16		16.98	16.98	7.15
Harina de trigo		0.11						
Yuca fresca								0.02
Azúcar	42.67	46.00	35.34	35.34	49.21	42.64	42.64	47.03
Melaza			14.40	19.05	25.82	19.05	19.05	19.05
Torta de soya		8.65						
Torta de algodón	4.76	4.76	9.52	5.44	13.59	9.27	9.27	14.28
Torta de ajonjolí	12.94							
Harina de carne	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76
Harina de sangre	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76
Harina de pescado	4.19							
Harina de hueso			0.92			0.92	0.92	2.26
Fosfato bicálcico		0.72	0.14	0.30	1.15	0.61	0.61	
Carbonato de calcio		0.95	0.42	0.46		0.32	0.32	
Sal	0.24	0.24	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
D-Metionina		0.03	0.06	0.04	0.02			
Afsillin	0.32	0.32	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Peso total kilos	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Costo de 100 kilos (\$Col.)	387.68	339.81	294.27	280.04	269.53	278.18	278.18	281.10

* Ingredientes considerados pero que no quedaron incluidos en la dieta: mafz amarillo, sorgo, salvado de mafz, harina de yuca, banano fresco, harina de banano, ñame fresco, harina de ñame, L-Lisina, metionina y cistina.

Las dietas óptimas resultaron ser muy sensibles a cambios en los precios, a la composición de los alimentos y a los requerimientos nutricionales. Cualquier cambio que ocurra en estas variables puede ser incorporado y evaluado fácilmente mediante el programa. La sensibilidad es mayor en aquellos productos que ocupan un mayor peso dentro de la dieta, especialmente harina de arroz y azúcar.

Para algunos ingredientes que representan una pequeña fracción del costo, como son harina de sangre, torta de algodón y melaza, se dan los límites de cantidad y los márgenes de precios hasta los cuales se podrían subir y aun ser empleados en la ración.

Considerando la existencia de variabilidad de precios, el sistema calcula en cuánto deberían bajar los precios de los ingredientes que resultaron excluidos o se incluyeron en forma limitada, para incorporarlos o aumentarlos a la dieta de mínimo costo. Uno de los productos con mejores perspectivas para ser utilizado al realizar pequeños cambios en el precio resultó ser la harina de yuca, como se muestra en el Cuadro 3. Se dispone de la misma información para todos los ingredientes considerados en cada una de las dietas calculadas.

Con este método puede detectarse la posibilidad de substituir ingredientes que tengan un valor nutritivo similar. De la misma manera se puede detectar la influencia de las restricciones nutricionales impuestas al programa, proporcionando información sobre el efecto en el costo al cambiarlos.

Se debe tener en cuenta la importancia de incluir información exacta y actualizada sobre el valor nutritivo de los ingredientes que se van a utilizar, ya que se presenta mucha variabilidad en la calidad de muchos de los productos y subproductos disponibles. Además, es necesario revisar cuidadosamente las fórmulas finales con respecto a la condición física y palatabilidad de la dieta, problemas que no están bajo el control del computador.

La gran ventaja del método es su rapidez y bajo costo. Se estima que el cálculo de una nueva ración tiene actualmente un costo inferior a \$100 (pesos) por corrida. Esto lo hace atractivo para productores e investigadores de dentro y fuera de Colombia, ya que no hay dificultad en recalcular la dieta variando las fuentes nutritivas y los precios, según la disponibilidad de alimentos y precios pertinentes para la región en cuestión.

Para estos efectos se incluye en el Cuadro 3 del Apéndice un ejemplo del tipo de formulario con la información que el usuario debería enviar cuando tenga interés en hacer uso del servicio de Programación Lineal.

Cuadro 3. Análisis de sensibilidad para harina de yuca

Categoría	Cantidad que <u>entraría</u> en la dieta óptima	Precio al cual <u>entraría</u> en la dieta óptima	Precio al cual <u>entró</u> en la dieta
	Por cada 100 kg de ración	Pesos/tonelada	
Crecimiento 5-10 kg	2.93	1.520	2.600
Crecimiento 10-20	14.63	2.593	2.600
Crecimiento 20-35	10.43	2.593	2.600
Crecimiento 35-60	5.54	2.572	2.600
Acabado 60-100	10.85	2.399	2.600
Gestación 100-160	6.77	2.574	2.600
Reproducción 110-180	6.77	2.574	2.600
Lactancia 140-200	0.31	2.531	2.600

APENDICE

Cuadro 1. Precios de ingredientes disponibles en el Valle del Cauca*

Ingredientes	US\$ por** tonelada	Valor ingrediente relativo al precio del cerdo en pie***	Pesos por tonelada
Mafz amarillo	160	0.18	4.000
Mafz opaco	168	0.19	4.200
Sorgo	128	0.15	3.200
Arroz	160	0.18	4.000
Salvado de mafz	112	0.13	2.800
Harina de arroz	112	0.13	2.800
Harina de trigo	112	0.13	2.800
Yuca fresca	32	0.04	800
Harina de yuca	104	0.12	2.600
Banano fresco	40	0.05	1.000
Harina de banano	160	0.18	4.000
Ñame fresco	48	0.05	1.200
Harina de ñame	124	0.14	3.100
Azúcar	104	0.12	2.600
Melaza	32	0.04	800
Torta de soya	200	0.23	5.000
Torta de algodón	140	0.16	3.500
Torta de ajonjolí	232	0.26	5.800
Harina de carne	232	0.26	5.800
Harina de sangre	220	0.25	5.500
Harina de pescado	360	0.41	9.000
Harina de hueso	112	0.13	2.800
Harina de ostras	32	0.04	800
Fosfato bicálcico	140	0.16	3.500
Carbonato de calcio	20	0.02	500
Sal	60	0.07	1.500
L-Lisina	6.000	6.82	150.000
D-Metionina	4.000	4.55	100.000
Afsillfn	2.400	2.73	60.000

* Segundo semestre de 1973.

** Tasa de conversión empleada: \$25 por dólar.

*** Valor tonelada ingrediente sobre valor tonelada cerdo en pie (\$22.000).

Cuadro 2. Composición de las materias primas utilizadas para formulación de raciones por Programación Lineal

	Energía Digestible (Mcal/kg)	Proteína (%)	Fibra (%)	Calcio (%)	Fósforo disponible (%)	Lisina (%)	Metionina (%)	Metionina + cistina (%)	Triptófano (%)
Mafz amarillo (13% humedad)	3.60	10	2	0.07	0.1	0.2	0.2	0.36	0.1
Mafz opaco (13% humedad)	3.60	10	2	0.07	0.1	0.4	0.4	0.8	0.1
Sorgo-Millo (13% humedad)	3.45	10	3	0.06	0.2	0.27	0.09	0.27	0.09
Arroz (11% humedad)	3.75	8	1	0.04	0.05	0.27	0.27	0.36	0.09
Salvado mafz (11% humedad)	3.20	12	6	0.08	0.3	0.4	0.18	0.36	-
Harina arroz (10% humedad)	3.20	15	10	0.05	0.7	0.77	0.29	0.69	0.1
Harina trigo (11% humedad)	3.00	16	11	0.17	0.48	0.6	0.1	0.4	0.3
Azúcar (0% humedad)	3.80	0	0	0	0	0	0	0	0
Melaza (78% humedad)	2.46	0.02	0	0.6	0.02	0	0	0	0

.....

Cuadro 2 (continuación)

	Energía Digestible (Mcal/kg)	Proteína (%)	Fibra (%)	Calcio (%)	Fósforo disponible (%)	Lisina (%)	Metionina (%)	Metionina + cistina (%)	Triptófano (%)
Yuca fresca (65% humedad)	1.32	1	1	0.12	0.6	0.015	0.003	0.006	0.005
Harina yuca (10% humedad)	3.38	2	3	0.3	0.9	0.03	0.007	0.01	0.01
Banano fresco (80% humedad)	0.63	1	1	0.008	0.02	0.04	0.016	0.092	0.038
Harina banano (9% humedad)	2.81	3	3	0.03	0.04	0.2	0.09	0.1	-
Ñame fresco (65% humedad)	1.2	2	2	0.01	0.016	0.09	0.038	0.06	0.021
Harina ñame (10% humedad)	3.1	5	5	0.02	0.04	0.2	0.08	0.15	0.05
Torta soya (10% humedad)	3.3	48	4	0.23	0.35	2.9	0.65	1.32	0.6
Torta algodón (8% humedad)	2.94	42	8	0.13	0.61	1.6	0.65	1.6	0.5
Torta ajonjolí (9% humedad)	3.0	46	6	1.9	0.6	1.3	1.4	2.0	0.7

Cuadro 2 (continuación)

	Energía Digestible (Mcal/kg)	Proteína (%)	Fibra (%)	Calcio (%)	Fósforo disponible (%)	Lisina (%)	Metionina (%)	Metionina + Cistina (%)	Triptófano (%)
Harina carne (9% humedad)	2.4	60	8	2.6	1.6	3.8	0.8	1.6	0.3
Harina sangre (15% humedad)	2.6	80	1	0.28	0.22	6.9	0.9	1.0	1.1
Harina pescado (8% humedad)	2.99	63	0.8	5.0	2.8	5.4	2.1	3.0	0.6
Harina huesos (5% humedad)	-	24	0	23.0	11.0	-	-	-	-
Harina ostras (2% humedad)	-	1	-	32.0	0.05	-	-	-	-
Fosfato bicálcico (4% humedad)	-	0	0	22.0	18.0	0	0	0	0
Carbonato cálcico (4% humedad)	-	0	0	30.0	0	0	0	0	0

Referencias

CIAT. 1973. Programa de Porcinos. Cali, Colombia.

Herrera, H., J. T. Gallo, J. H. Maner y E. Ceballos. 1970. Análisis químico-bromatológico de algunas materias colombianas empleadas en nutrición animal. Boletín ICA, Bogotá, Colombia.

ICA. 1973. Programa de Porcinos. Palmira, Colombia.

NRC. 1968. Nutrient requirements of swine. No. 2. Washington, D. C., USA.

Cuadro 3. Formulario para el cálculo de raciones de mínimo costo para cerdos

Señale con una X la(s) categoría(s) para la(s) cual(es) necesita la(s) dieta(s).

Crecimiento				Acabado	Gestación	Reproducción	Lactancia
de 5 a 10 kg	10-20	20-35	35-60	60 a 100	100 a 160	110 a 180	140 a 200
<input type="checkbox"/>							

Indique los alimentos que Ud. tenga disponibles de la siguiente tabla llenando la columna de precio por tonelada al cual Ud. puede comprar el producto y la cantidad disponible.

Producto*	Precio por tonelada	Cantidad disponible kilogramos
Mafz amarillo		
Mafz opaco		
Sorgo		
Arroz		
Salvado de mafz		
Harina de arroz		
Harina de trigo		
Yuca fresca		
Harina de yuca		
Banano fresco		
Harina de banano		
Ñame fresco		
Harina de ñame		
Azúcar		
Melaza		
Torta de soya		
Torta de algodón		

* Se omiten aquellos productos que deben entrar necesariamente en la dieta (sal, premezcla mineral, etc.).

Producto*	Precio por tonelada	Cantidad disponible kilogramos
Torta de aioniof		
Harina de carne		
Harina de sangre		
Harina de pescado		
Harina de huesos		
Harina de ostras		
Fosfato bicálcico		
Carbonato de calcio		
L-Lisina		
DL-Metionina		

* Se omiten aquellos productos que deben entrar necesariamente en la dieta (sal, premezcla mineral, etc.).

Literatura citada

1. IBM. 1969. Mathematical Programming System 1360, versión 2, Control Language User's Manual. Application Program Manual No. H20-290-3, 4a. Ed. , reimpresso.
2. Herrera, H. , J. T. Gallo, J.H. Maner y E. Ceballos. 1970. Análisis químico-bromatológico de algunas materias primas colombianas empleadas en nutrición animal. Boletín ICA, 34 pp. Bogotá, Colombia.
3. National Research Council. 1964. Joint United States - Canadian Tables of Feed Composition. Publication 1232, 167 pp. Washington, D. C. , USA.
4. _____ 1968. Nutrient Requirements of Swine. No. 2. Washington, D. C. , USA.