

Evaluación biológica y económica de dietas con un modelo lineal que relaciona el peso en función del tiempo

Samuel Marañón Herrera*
Luis A. García Hernández**
David Martínez Espinosa*

Resumen

Se evaluó la rentabilidad de cerdos en una economía de traspatio en Axochiapan, Morelos, en 1990. Se proponen tres dietas balanceadas de bajo costo, eficientes y conformadas con ingredientes de la zona; tomando como punto de referencia el crecimiento de los animales con Albamex. El diseño experimental incluía 24 cerdos con peso inicial de 30 kilogramos, divididos en cuatro tratamientos; quincenalmente se registró el peso y la talla por animal, así como los costos de la evaluación. El análisis se realizó con un modelo que relaciona el peso en función del tiempo, evaluando su fidelidad por el análisis de residuos. Los resultados indican que los modelos explican el comportamiento de los cerdos. El crecimiento de los mismos, alimentados con Albamex fue superior a las otras dietas. La dieta 2 es la más eficiente, de acuerdo con la ponderación de crecimiento y costo, siguiéndole en eficiencia la dieta 1. El costo de operación por alimento en Albamex fue de 71.2%, mientras que la dieta 1 tuvo la menor proporción, con 54.83%. El costo por tonelada de alimento fluctuó entre \$ 903,750.00 y \$ 453,690.00 respectivamente. La evaluación confirma que en una economía de traspatio, el alimento comercial no es conveniente.

Introducción

Actualmente la porcicultura de traspatio representa un estrato significativo en el sector agropecuario mexicano, que en términos de volumen fue para 1985 de aproximadamente 60% sobre la producción total. Por lo general se le asocia a pequeños productores y a limitaciones en inversión de capital.¹⁵

En su mayoría esta actividad es de autoconsumo y

constituye una fuente importante de proteína animal, de ingreso familiar y la única forma de ahorro de un amplio estrato de la población rural de bajos ingresos.

La alimentación de los cerdos es rústica y con base en desperdicios, escasa o nula aplicación de medidas sanitarias y razas de explotación de baja productividad.¹¹

Una alternativa para que la actividad resulte rentable consiste en aumentar la calidad de la dieta con base en elaboración de alimentos balanceados, sin llegar a los niveles de la porcicultura tecnificada, donde los costos de producción debidos a la alimentación, representan entre el 60 y 70% del costo total de la producción.¹⁴

La propuesta se fundamenta en el uso de insumos regionales que respondan a las necesidades nutricionales de los cerdos, para que sustituyan al alimento comercial y consecuentemente disminuyan el costo de producción.^{5, 12} Sin embargo, es escasa la información sobre el uso de dietas balanceadas en la alimentación de cerdos que sean accesibles, eficientes y elaboradas con productos regionales, lo que ocasiona carencias de registros confiables sobre los posibles beneficios económicos que se pueden obtener.¹

La propuesta resulta interesante ante el panorama que se presenta a los productores de alimento comercial, en donde la escasez de materias primas (proteínicas y energéticas), la competencia en el uso de estos ingredientes, destinados en algunos casos para la alimentación humana y, por otro lado, la estabilización del precio del cerdo en pie, repercuten en el precio del alimento comercial, afectando la rentabilidad de la porcicultura.²

Al igual que en muchas partes de México, el municipio de Axochiapan, Morelos, pertenece a una de las innumerables zonas rurales en las cuales la explotación familiar porcina se ve afectada por todo lo antes citado, aun cuando en esta localidad se cuenta con los suficientes recursos de materia prima (maíz, sorgo, alfalfa, melaza de caña de azúcar, etcétera) para la formulación de las dietas. El presente trabajo evaluó tres dietas regionales para porcinos de traspatio en Axochiapan, Morelos, tanto desde el punto de vista biológico como del costo de la dieta.

Recibido para su publicación el 19 de octubre de 1993.

* Departamento El Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Coyoacán. 04960, México, D.F.

** Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Coyoacán, 04960, México, D.F.

La evaluación se sustentó en el uso de un modelo lineal que relaciona el peso en función del tiempo, lo que permite generar estrategias de engorda, con repercusiones económicas inmediatas sobre el proceso productivo.⁸

El modelo se basó en la relación de la tasa de crecimiento animal y el tiempo a la que alcanza el peso deseado, siendo ampliamente utilizado en diversas ramas de la biología como la investigación pesquera, la acuicultura y la zootecnia. Además de ser considerada una ley de crecimiento,¹³ ya que considera el crecimiento corporal como la diferencia entre factores anabólicos (superficie) y catabólicos (peso). La tasa metabólica de los animales de diferente peso corporal aumenta proporcionalmente a la superficie, de acuerdo con la ley de Rubner,³ así, el crecimiento disminuye en proporción al incremento de la edad y es en este momento cuando el animal consume más alimento.

El planteamiento anterior permite al productor contar con un instrumento para tener una visión proyectiva del manejo de la engorda de los cerdos, que optimiza los recursos existentes en función de los costos de producción.

Material y métodos

Las dietas propuestas corresponden a una evaluación que se realizó durante el año de 1990, en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 129 (C.B.T.A.), en el municipio de Axochiapan, Morelos; localizado a 18°30' y 98°45', a 1025 metros sobre el nivel del mar con un clima cálido subhúmedo, con lluvias en verano hasta otoño, una precipitación pluvial media anual de 872.9 milímetros y una temperatura media anual de 25.2°C que oscila entre 22.6 y 27.1°C.⁷

Los ingredientes de las dietas fueron de fácil adquisición en la zona de estudio, siendo baratos y eficientes para el crecimiento. El periodo experimental fue de 11 quincenas y se llevó a cabo en dichas instalaciones.

Se emplearon 24 cerdos mestizos provenientes de cruces entre Yorkshire y Duroc (todos machos, castrados y desparasitados previamente). Su peso promedio inicial fue de 30 kilogramos y su talla promedio inicial de 0.85 metros.

Se propusieron tres dietas y se tomó como punto de referencia el alimento que se les proporciona en la zona, Albamex para cerdos. En total se administraron cuatro tratamientos.

Cada unidad experimental (tratamiento) fue formada por seis animales (repeticiones), confinados aleatoriamente en corraletas previamente numeradas. En total se utilizaron cuatro corraletas de cemento con medidas de 5 x 3.20 metros, provistas con bebederos y comederos de cemento (2 metros de largo por 0.35 metros de ancho). Quincenalmente se registró el peso y la talla de cada animal.

El alimento se proporcionó de acuerdo con la biomasa registrada al final de cada quincena, siendo la cantidad inicial de ocho kilogramos, racionada en dos partes, cuatro kilogramos por la mañana y cuatro kilogramos por la tarde. Después se aumentó la ración según el peso alcanzado por los cerdos. Las cantidades de ali-

mento consumido se registraron diariamente. El agua se proporcionó *ad libitum*.

Los ingredientes de las dietas propuestas se trituraron con anterioridad utilizando un molino de nixtamal (30 H.P. de capacidad). Las materias primas presentaron un tamaño granular pequeño. Posteriormente, se mezclaron los ingredientes conforme a los porcentajes del balance previo de la dieta, agregando la melaza como último ingrediente; por último se agregó agua para que adquiriera forma de amasijo.¹⁰

Evaluación de los resultados

Para evaluar el efecto de la dieta sobre los cerdos por quincena, se realizó el análisis de varianza (ANDVA) con un criterio de clasificación, para determinar diferencias significativas en peso y en talla. En caso de resultar afirmativo, se procedió a determinar entre qué dietas, por la prueba de Tukey.⁹

La generación del modelo de producción, que relaciona el peso *vs.* tiempo, denominado modelo integrador, se estimó a partir de dos modelos previos, los cuales se integran en un tercero, de la siguiente manera:

1. *Relación peso-longitud.* Constituye una forma indirecta de crecimiento muy usual en animales de granjas, en donde el peso varía como una potencia de longitud (talla). La descripción del modelo no es relevante, ya que únicamente interesan los coeficientes para el modelo integrador, cuya ecuación es:

$$W = W_0 * L^b$$

donde:

- W = Peso estimado
- W₀ = Peso inicial
- L = Longitud observada
- b = tasa intrínseca de crecimiento

Expresada en forma de logaritmo natural, como:

$$\ln W = \ln W_0 + b \ln L$$

2. *Crecimiento longitudinal.* Conforme al modelo de Von Bertalanffy,¹³ el cual establece la longitud (talla) estimada con respecto al tiempo, donde la ecuación que describe su comportamiento es:

$$L_t = L_{\max} [1 - e^{-k(t - t_0)}]$$

donde:

- L_t = Longitud estimada al tiempo t
- L_{max} = Longitud máxima estimada
- e = Base de los logaritmos naturales
- k = Tasa intrínseca de crecimiento
- t₀ = Edad teórica en la cual la longitud es igual a cero
- t = Tiempo

Para estimar las constantes de $L_{\text{máx}}$, k y t_0 , se realizaron dos regresiones del siguiente tipo:

1a) Para obtener la longitud máxima ($L_{\text{máx}}$) se aplicó el modelo de Ford Walford, que consiste en la intersección de dos rectas, de la siguiente manera:

Analíticamente, si $L_{t+1} = b L_t$ y la intersección con la recta que parte del origen $L_{\text{máx}}$, entonces $L_{\text{máx}} = b * L_{\text{máx}}$ y despejando:

$$L_{\text{máx}} = a / (1 - b)$$

2a) Para estimar las constantes k y t_0 , se lineariza la ecuación integral y se obtiene la siguiente relación:

$$\ln [(L_{\text{máx}} - L_t) / L_{\text{máx}}] = -k (t - t_0)$$

donde:

K = Coeficiente de regresión

t_0 = ordenada al origen/pendiente (a/b)

3. *Modelo integrador.* A partir de los coeficientes estimados en los dos modelos anteriores, se confirma el modelo cuya respuesta sea el peso en relación con el tiempo, el cual es descrito por:

$$\text{Ecuación 1 } W = W_0 * L^b$$

$$\text{Ecuación 2 } L_t = L_{\text{máx}} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

$$\text{Ecuación 3 } W_t = W_{\text{máx}} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$$

En donde $W_{\text{máx}}$ se estima a partir de la ecuación 1, sustituyendo en L la $L_{\text{máx}}$ de la ecuación 2. La k procede también de la ecuación 2. El significado es el mismo que el citado para el modelo de Von Bertalanffy, con la diferencia de que la respuesta es el peso con respecto al tiempo. La última ecuación es objeto del presente, pues la comercialización del animal es en peso.

La estimación de los coeficientes se realizó por el método de mínimos cuadrados. La fidelidad de los modelos se validó a través del análisis de residuos,^{4,6} de la siguiente manera:

$$\hat{e}_i = y_i - \bar{y}_i$$

donde:

$\hat{e}_i$ = Error estimado

y_i = Valor observado

$\bar{y}_i$ = Valor estimado

Para determinar la dieta adecuada se compararon por dieta: el costo para su elaboración, el costo la producción de un kilogramo de cerdo, la ganancia neta en peso, la conversión alimenticia y la producción total.

La evaluación consideró a la utilidad bruta como la diferencia entre el ingreso y el costo.

Los costos variables de las dietas incluyeron los ingredientes y la molienda, así como los siguientes costos de producción: compra de animales, castración, desparasitación y vacunas.

Lo anterior se realizó con el objeto de tener elementos económicos que permitan contrastar la utilidad del uso de las dietas propuestas.

Resultados

El análisis se realizó según las estimaciones que se obtuvieron de los cerdos por quincena y por dieta, siendo tres dietas elaboradas (balanceadas) con productos de la región de Axochiapan, Morelos. El alimento comercial Albamex sirvió como punto de referencia (testigo).

Se analizaron 66 registros por dieta y 264 registros en total. Para tener una idea del comportamiento de la variable comercial de interés (peso) se presenta la Figura 1. Esta muestra que los cerdos alimentados con las dietas 1 y 3 tuvieron mayor incremento en peso durante las seis primeras quincenas; a partir de la quincena siete, la dieta no respondió a sus requerimientos nutricionales y, por alguna razón, el crecimiento pareció estabilizarse. De hecho, la curva cambia de trayectoria; en cambio los cerdos alimentados

Cuadro 1
ANÁLISIS DE VARIANZA

Qna.	Peso		Longitud	
	F Calculada	Probabilidad	F Calculada	Probabilidad
1	.2838	.8365	.0000	1.0000
2	.1558	.9247	1.2774	.3092
3	.5007	.6861	4.5102	.0143
4	.8002	.5083	3.3774	.0366
5	.7689	.5249	2.5801	.0821
6	.2834	.8368	1.5669	.2286
7	.1276	.9426	.5063	.6824
8	1.9450	.1549	1.6138	.2177
9	5.8936	.0047	3.6256	.0308
10	16.3284	.0000	5.8997	.0047
11	22.6004	.0000	4.3652S	.0161

Los valores que se encuentran dentro del recuadro son aquellos que muestran diferencias significativas. $P < 0.05$

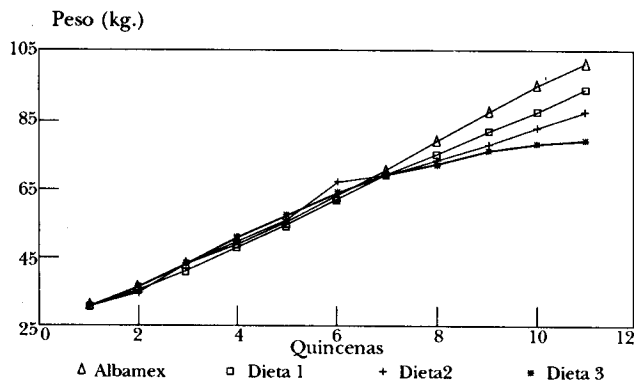


Figura 1. Incremento en peso de los cerdos.

con Albamex empiezan a crecer más que los cerdos alimentados con las otras dietas. Cabe hacer notar que tanto el peso como la longitud siguen un mismo patrón.

En el Cuadro 1 se compara el peso y la longitud de los cerdos en las 11 quincenas y en las cuatro dietas por el ANDVA. En la primera columna se muestra el valor de F calculado y en la segunda la significancia (probabilidad). Respecto al peso del animal, hubo diferencias significativas durante las ocho primeras quincenas; a partir de la novena y hasta finalizada la evaluación se conserva la tendencia ($P < 0.05$). En cuanto a la longi-

tud hay significancia en la tercera y cuarta quincenas ($P < 0.05$); en la quinta quincena hasta la octava no se detectó diferencia. Por último, al igual que en el peso, hay significancia de la quincena nueve hasta finalizar la evaluación.

En el Cuadro 2 se muestran todos los posibles contrastes, en donde el doble subrayado indica significancia ($P < 0.05$), el comportamiento en peso (g) y longitud (cm) en las cuatro dietas durante el tiempo que duró la evaluación. El análisis del peso indica que los cerdos alimentados con Albamex (dieta 4) son los que muestran mayor número de diferencias. En lo que respecta a la longitud, la dieta testigo no mostró tanta diferencia como sucedía con el peso. Para el productor la longitud no tiene significado, ya que la comercialización es en peso.

En el Cuadro 3 se muestran los coeficientes estimados para cada uno de los modelos por dieta: el modelo potencial, el modelo de Von Bertalanffy y finalmente el modelo integrador.

La Figura 2 muestra los valores estimados por el modelo de Von Bertalanffy para cada dieta, donde se aprecia en todos los casos la precisión del modelo. Los cerdos alimentados con Albamex alcanzaron mayor talla en menor tiempo, con respecto a los alimentados con las dietas propuestas y, por el contrario la dieta 3 promovió el menor crecimiento.

Cuadro 2
PRUEBA DE TUKEY

Comparación de longitudes								Comparación de peso							
Q Calculada								Q Calculada							
QNA	Q TAB	X1 = X2	X1 = X3	X1 = X4	X2 = X3	X2 = X4	X3 = X4	QNA	Q TAB	Y1 = Y2	Y1 = Y3	Y1 = Y4	Y2 = Y3	Y2 = Y4	Y3 = Y4
1	0.049	0	0	0	0	0	0	1	1.488	-15	-29	0.23	-14	0.38	0.52
2	0.052	0.007	-0.022	0.018	-0.015	0.025	0.04	2	2.81	0.567	0.084	-15	0.483	-717	-234
3	0.04	0.007	-0.02	0.043	-0.27	0.036	0.063	3	4.326	2.05	0.7	1.166	-1.35	-883	0.467
4	0.047	0.011	-0.014	0.043	-0.025	0.032	0.057	4	5.580	1.51	-1.69	0.91	-3.2	-6	2.6
5	0.060	0.006	-0.019	0.045	-0.025	0.039	0.064	5	6.589	1.8	-1.95	1.05	-3.75	-75	3
6	0.053	0.025	-0.004	0.04	-0.021	0.015	0.036	6	8.499	0.717	-2.25	-0.51	-2.96	-1.23	1.734
7	0.043	0.02	0.012	0.015	-0.008	-0.005	-0.003	7	8.46	0.57	-0.45	-1.43	-1.02	-2	-98
8	0.05	0.014	0.024	-0.018	-0.01	-0.032	-0.042	8	7.461	-2.01	0.95	-5.61	2.967	-3.6	-6.56
9	0.052	0.015	0.036	-0.03	-0.021	-0.045	-0.066	9	7.275	-2.73	2.8	-8.75	5.53	-5.96	-11.5
10	0.061	0.015	0.035	-0.062	-0.02	-0.077	-0.097	10	6.161	-4.41	5.434	-11.0	9.85	-6.58	-16.4
11	0.043	0.021	0.041	-0.017	-0.02	-0.038	-0.058	11	7.13	-5.07	7.22	-15.3	12.29	-10.2	-22.5

1, 2, 3 y 4 = Dietas

X = Longitud

Y = Peso

== = Son valores significativos

Nota: Los valores de Q calculada se tomaron como valores absolutos.

Cuadro 3
COEFICIENTES UTILIZADOS EN LOS MODELOS

Dieta	Coeficientes	Potencial	Bertalanffy	Integrador
		Peso vs. Long.	Long. vs. Tiempo	Peso vs. Tiempo
Albamex	a =	3.5979	-0.6525	
	Exp a =	36.525		36.525
	b =	2.58		2.58
	k =		-0.117	-0.117
	Lmáx =		1.673	1.673
	to =		5.576	5.576
1	Wmáx =			137.94
	a =	3.5696	-0.8074	
	Exp a =	35.505		35.505
	b =	2.46		2.46
	k =		-0.197	-0.197
	Lmáx =		1.464	1.464
2	to =		4.098	4.098
	Wmáx =			90.75
	a =	3.5530	-0.8246	
	Exp a =	34.92		34.92
	b =	2.705		2.705
	k =		-0.205	-0.205
3	Lmáx =		1.434	1.434
	to =		4.022	4.022
	Wmáx =			92.655
	a =	3.5515	-0.9222	
	Exp a =	34.865		34.865
	b =	2.56		2.56
	k =		-0.261	-0.261
	Lmáx =		1.375	1.375
	to =		3.5333	3.5333
	Wmáx =			78.80

La Figura 3 muestra el modelo integrador para cada dieta, en donde, al igual que el modelo anterior, se advierte la precisión con que se estimó el peso en respuesta al tiempo y el mismo comportamiento de las dietas; es decir, Albamex promueve el mayor peso en menor tiempo.

Se presenta el modelo integrador para cada una de las dietas, los cuales son:

$$\text{Albamex} \quad W_t = 137.94 [1 - e^{-0.117 (t + 5.576)}]^{2.58}$$

$$\text{Dieta 1} \quad W_t = 90.75 [1 - e^{-0.197 (t + 4.098)}]^{2.46}$$

$$\text{Dieta 2} \quad W_t = 92.655 [1 - e^{-0.205 (t + 4.228)}]^{2.70}$$

$$\text{Dieta 3} \quad W_t = 78.80 [1 - e^{-0.261 (t + 3.533)}]^{2.58}$$

En la Figura 4 se muestra el error de los modelos estimados para la longitud (Von Bertalanffy), agrupándose los residuos como casos que corresponden a una quincena y se agruparon por dieta en forma consecutiva; en donde se aprecia que los cerdos alimentados con las dietas 1 y 2 crecieron en forma más o menos constante, a excepción de la quincena 2, en la cual el productor tuvo problemas. En cambio las dietas 3 y Albamex ocasionaron a los cerdos un crecimiento no proporcional, ya que, en el caso de la primera, los animales crecieron en forma sobresaliente hasta la séptima quincena; a partir de este momento los animales tuvieron problemas en su crecimiento. En el caso de la

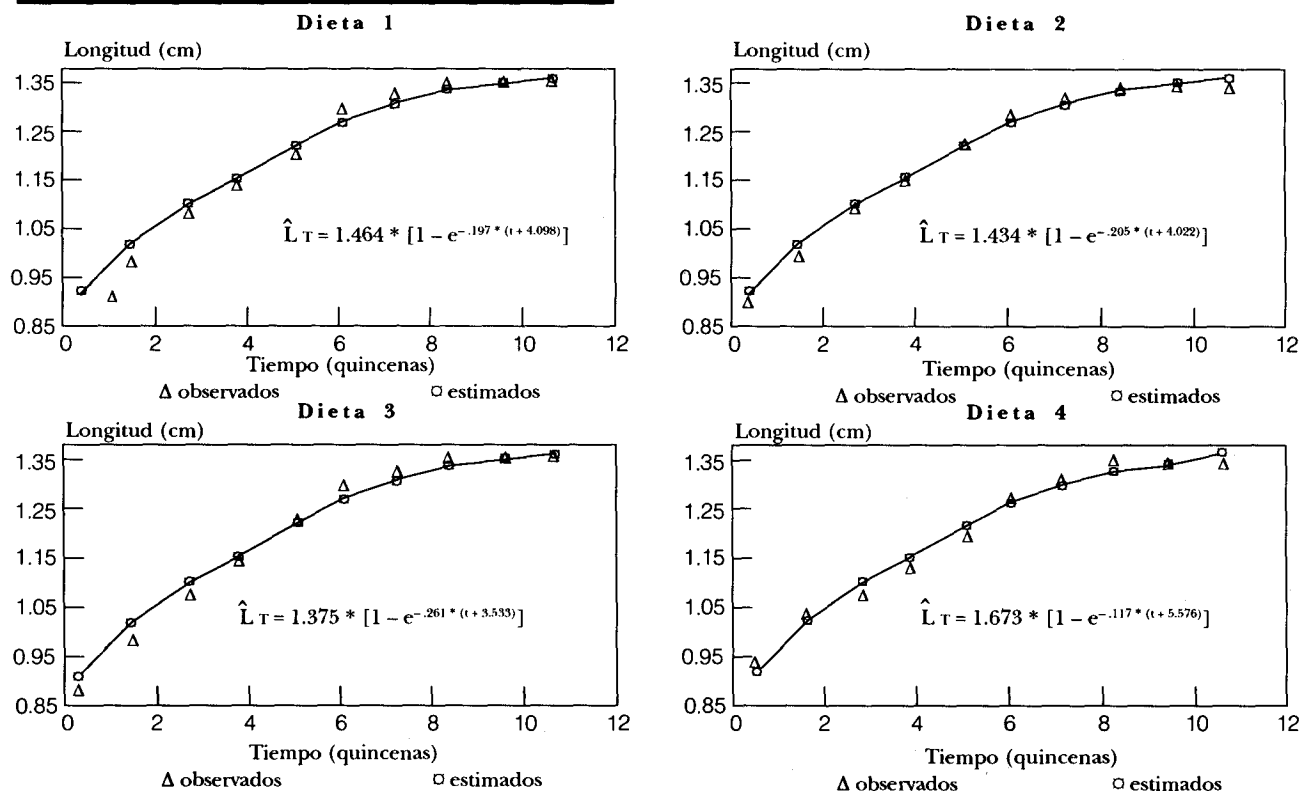


Figura 2. Modelos de crecimiento de los cerdos con las dietas propuestas.

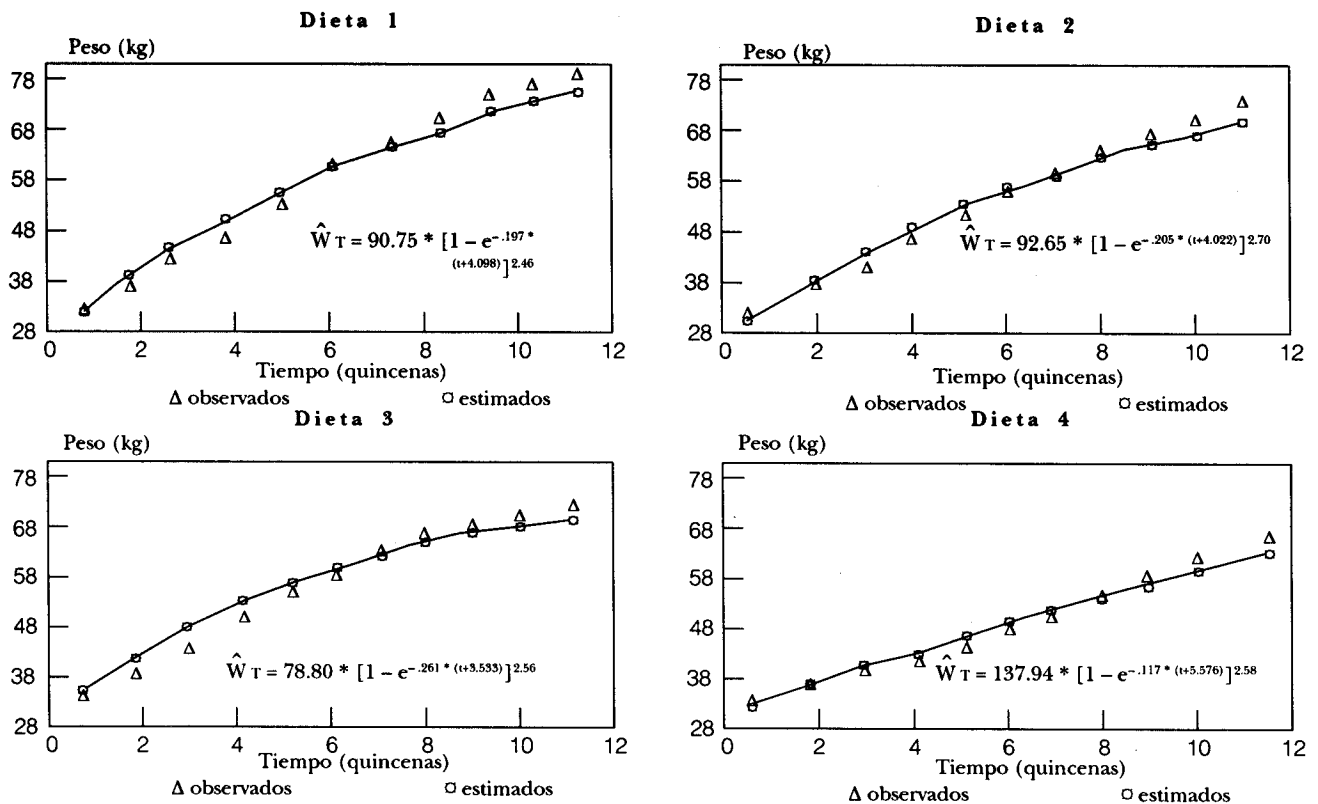


Figura 3. Modelo integrador de los cerdos para cada una de las dietas probadas.

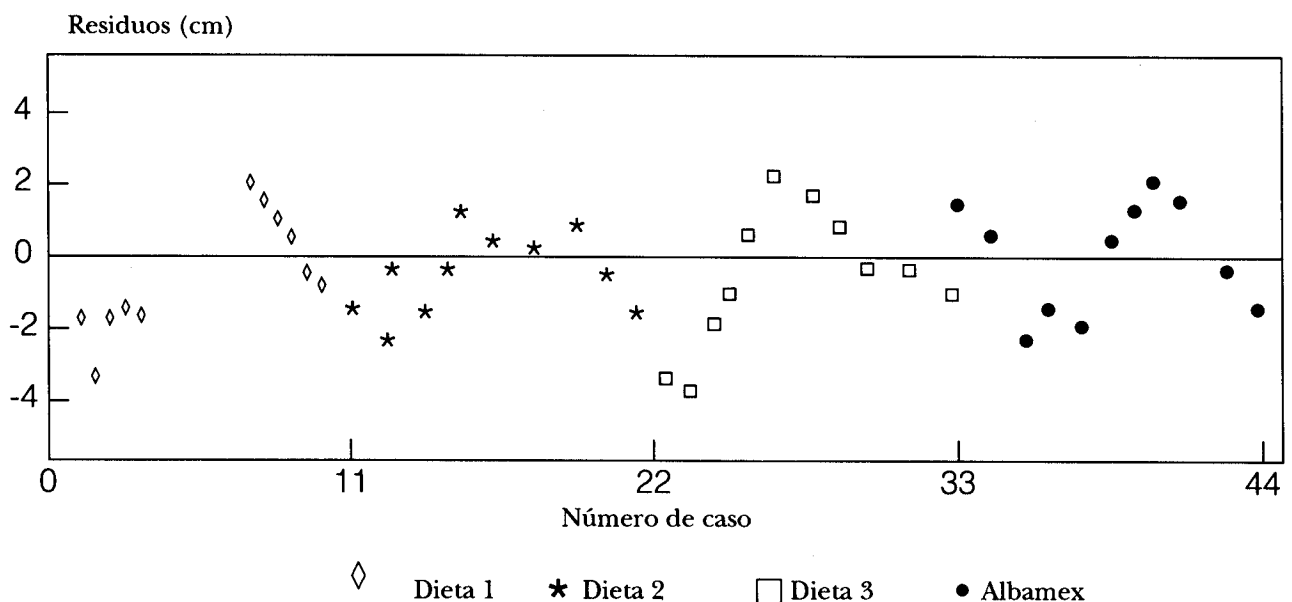


Figura 4. Análisis del error del modelo de longitud. Cada caso corresponde a una quincena y se agrupan por dieta (casos del 1 al 11 para la dieta 1, del 12 al 22 para la dieta 2, del 23 al 33 es dieta 3 y del 34 al 44 es Albamex).

segunda dieta fue al revés, porque al principio de la evaluación los cerdos alimentados con Albamex no crecieron mucho y a partir de la citada quincena, se manifestó como la mejor dieta. El análisis de residuos muestra tales consideraciones.

La Figura 5 muestra el error de los modelos de la

variable de interés (peso), de la misma forma que la figura anterior, en donde se aprecia que el crecimiento de los animales no fue constante, lo cual conduce a pensar que ninguna dieta responde a los requerimientos de los animales, aun los cerdos alimentados con el alimento comercial.

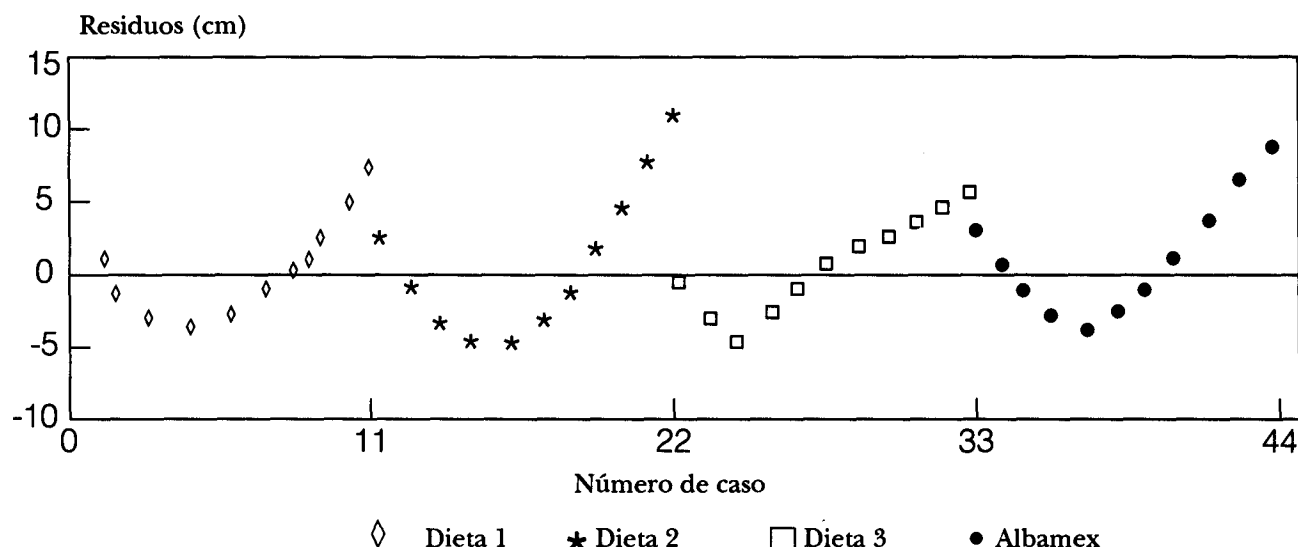


Figura 5. Análisis del error del modelo integrador. Cada caso corresponde a una quincena y se agrupan por dieta (casos del 1 al 11 para la dieta 1, del 12 al 22 para la dieta 2, del 23 al 33 es dieta 3 y del 34 al 44 es Albamex).

En el Cuadro 4 se muestra el costo por dieta e ingrediente, en donde la dieta 3 presenta el mayor costo, mientras la dieta 1 fue la más barata. En cuanto a la accesibilidad de los ingredientes, no hubo ningún problema, bajo la consideración de que la unidad de producción era pequeña.

El Cuadro 5 muestra el costo de la producción para la engorda de los cerdos, donde se aprecia que el alimento comercial vale casi dos veces más que cualquiera de las dietas propuestas, además de tener la mayor producción. En cuanto a las dietas propuestas, la 1 es la más barata, mientras que la dieta 2 es la más eficiente, ya que sin tener la misma eficiencia que el alimento comercial, resulta más barato producir un kilogramo de cerdo con esta dieta. La dieta 3 definitivamente no es recomendable su uso, pues su conver-

Cuadro 4
COSTOS POR DIETA E INGREDIENTES

Ingredientes	DIETAS					
	1		2		3	
	kg	\$	kg	\$	kg	\$
Sorgo	997.00	319,040	245.1	78,432	—	—
Maíz amarillo	180.60	63,210	748.0	261,800	954.6	334,110
Melaza*	51.60	46,440	64.5	50,050	—	—
Fosfato dicálcico	36.20	20,000	—	—	—	—
Piedra caliza	21.93	5,000	—	—	12.9	—
Salvado de arroz	—	—	129.0	77,400	232.2	139,320
Harina de alfalfa	—	—	90.3	9,030	64.0	6,400
Sal yodada	—	—	—	—	25.8	15,480
Costos por dieta		453,690		484,712		495,310

*Expresada en litros

Cuadro 5
EVALUACION DEL COSTO DE PRODUCCION
PARA LA ENGORDA DE CERDOS

Dieta	Albamex	1	2	3
Costo por dieta	903,750	453,690	484,712	495,310
Costo por kg de alimento	750	351.69	375.75	367.0
Peso inicial (kg)	30.08	30.31	30.46	30.60
Peso final (kg)	100.88	86.08	91.10	78.81
Ganancia neta en peso (kg)	70.80	55.17	60.64	48.21
Ganancia promedio por quincena (kg)	6.43	5.01	5.51	4.38
Consumo total de alimento (kg)	1,205	1,290	1,290	1,290
Conversión alimenticia (kg)	1.99	2.49	2.36	2.72
Producción total (kg)	605.28	516.48	546.6	472.86
Producción total (\$)	1,815,840	1,549,440	1,639,800	1,418,580
Costo para producir un kilogramo de cerdo	2,136.2	1,644.99	1,611.1	1,884.75

sión alimenticia fue la más alta y la que presentó mayor problema de crecimiento. Sin embargo, un aspecto interesante es que durante las 6 primeras quincenas, los cerdos alimentados por esta dieta tuvieron un buen incremento en peso.

El Cuadro 6 muestra el beneficio económico de cada una de las dietas, los cálculos se estimaron a partir del precio del kilogramo de cerdo en pie al momento de la venta, el cual fue de \$ 3,000.00. Los cerdos alimentados con Albamex fueron los que crecieron más y en menor tiempo, además de tener el mayor ingreso por venta. Sin embargo, también tuvieron el mayor costo de operación, ya que la utilidad bruta fue menor, comparados con los cerdos alimentados con el resto de las dietas, incluso con la dieta 3.

Cuadro 6
BENEFICIO ECONOMICO DE LAS CUATRO DIETAS

<i>Entrada de operación bruta (\$)</i>				
	<i>Albamex</i>	<i>Dieta 1</i>	<i>Dieta 2</i>	<i>Dieta 3</i>
<i>Ingreso por venta (\$)</i>	1'815,840	1'549,440	1'639,800	1'418,580
Costos por operación:				
Compra de cerdos				
(\$60,000 por cerdo)	\$360,000	\$360,000	\$360,000	\$360,000
Castración	18,0000	18,0000	18,0000	18,0000
Desparasitación	2,250	2,250	2,250	2,250
Vacuna contra el cólera	9,000	9,000	9,000	9,000
Molienda	—	6,666	6,666	6,666
Costo por alimentación	903,750	453,690	484,712	495,310
Total	\$1'293,000	\$849,606	\$880,628	\$891,226
Proporción	71.20%	54.83%	53.70%	62.82%
Utilidad bruta	\$522,840	\$699,834	\$759,172	\$527,354

Respecto de las dietas experimentales, los cerdos alimentados con la dieta 2 tuvieron la mayor utilidad, siguiéndole la dieta 1, que fue la que registró el menor costo. La dieta 3 es la que presentó el costo más alto, por lo que no es recomendable su utilización.

Discusión

Los resultados del presente estudio indican que durante las primeras seis semanas, las dietas 1 y 3 prometían un buen rendimiento en el peso; sin embargo, todo parece indicar que los requerimientos de los animales no son satisfactorios a partir de la quincena 7. Por el contrario, la dieta de Albamex no mostró buen rendimiento durante las citadas seis quincenas, pero finalmente terminó la evaluación mostrando mayor rendimiento.

A pesar de que en la Figura 1 se aprecian diferencias en peso, el ANDVA no detectó significancia ($P < 0.05$) en las primeras 6 quincenas, siendo hasta la quincena 9 que se determinaron diferencias significativas, situación que se aprecia en la figura. En la longitud (talla) sí se manifiestan las diferencias entre la dieta 3 y Albamex, de la quincena 3 a la 5. Al finalizar la evaluación, el peso y la longitud se comportaron de la misma manera (últimas 3 quincenas).

El análisis consecutivo de los modelos muestra lo siguiente:

Modelo potencial. Los cerdos alimentados con Albamex y la dieta 2 son los que tienen el mayor coeficiente de crecimiento, siendo esta última la que integra mayor peso cuando aumenta la longitud.

Modelo de Von Bertalanffy. Los cerdos alimentados con Albamex tienen el mayor coeficiente de crecimiento (k), la mayor talla cuando el tiempo es igual a cero (t_0) y la mayor longitud máxima. Por el contrario, los cerdos alimentados con la dieta 3 presentaron el menor crecimiento.

Modelo integrador. Es evidente la precisión con la que se estimó el peso (engorda) a través del tiempo, con la diferencia de que el productor puede comprender fácilmente su significado y puede estimar el tiempo que se requiere para tener a los cerdos en un peso deseado; es decir, es real y manejable. Por último, se apreció que el crecimiento de los cerdos alimentados con la dieta Albamex es superior a las demás dietas, donde la $W_{\text{máx}}$ estimada es mayor, siguiéndole en orden las dietas 1, 2 y 3 respectivamente.

El análisis de los residuos de los modelos muestra dos aspectos relevantes:

1. El análisis de la relación peso *vs.* longitud y el de longitud *vs.* tiempo, indica que es válida la consideración para generar otras variables que expliquen un fenómeno más complejo, como el caso del modelo de peso *vs.* tiempo.

2. El análisis indica que el modelo integrador tiene una buena aproximación al crecimiento de los cerdos; sin embargo, también indica que las dietas (incluyendo a Albamex) no proporcionan un crecimiento constante. De hecho se aprecia un comportamiento parabólico, lo que desde la perspectiva de la teoría de los residuos, indica que "se está violando el principio de independencia (estadística)",⁶ lo cual tiene sentido, ya que significa que el diseño experimental no es el adecuado, o bien se está omitiendo una variable para integrarla al modelo. Es muy posible que se trate de alguna consideración relacionada con el factor "calidad de la dieta", en especial la del alimento comercial.

En lo concerniente a las dietas propuestas, lo más relevante fue la accesibilidad de los ingredientes y los bajos costos de producción, en relación con el alimento comercial. La dieta 2 resultó la más eficiente, de acuerdo con la ponderación de crecimiento y costo (utilidad bruta), siguiéndole en eficiencia la dieta 1.

En cuanto al costo del alimento, con respecto al costo de operación, se confirma que Albamex representa 71.2%, mientras que la dieta 1 tuvo menor proporción, con 54.83%. El costo por tonelada de alimento fluctuó entre \$903,750.00 y \$453,690.00 respectivamente.

La evaluación confirma que en una economía de traspaso, no conviene utilizar el alimento comercial Albamex.

Abstract

A biological and economical evaluation was conducted with 24 pigs in Axochiapan, Morelos State in Mexico (Central Mexico) during 11 weeks. The initial weight of the pigs was 30 kilograms; 264 records were evaluated and divided in four groups according to four diets. Three of the diets were made with regional products, the fourth was a commercial diet (Albamex). Weight and length were registered fortnightly, as well as the evaluation of costs for each diet. The assessment was made with a model which relates the weight as a function of the time. The models were validated through residual analysis. These models indicated that the estimated

models are trustworthy. The growth of pigs fed with Albamex was superior to the other diets. Diet two was the most efficient according to the relation of growth and cost; following efficiency, was diet 1. The operation cost for feeding with Albamex was 71.2%, whilst the first diet had the lowest proportion with 54.83%. The ton-cost fluctuation was between \$903,750.00 and \$453,690.00, respectively. This evaluation confirms that the commercial food is not convenient for small holders.

Literatura citada

1. Alba de J.: Alimentación del Ganado en América Latina. *Prensa Médica Mexicana*, México, D.F., 1973.
2. Anónimo: La porcicultura toca fondo. *Síntesis porcina*, 5 (5): 21-24 (1986).
3. Bertalanffy, L.: Teoría General de Sistemas. *Fondo de Cultura Económica*, México, D.F., 1977.
4. Chatterjee, S. and Price, B.: Regression Analysis by Example. *John Wiley & Sons*, New York, 1977.
5. Doporto, J.M.: Producción y Evaluación de Empresas Porcinas. *Programa Médico Zootécnica*, México, D.F., 1979.
6. Draper, N. and Smith, H.: Applied Regression Analysis. *John Wiley & Sons*, New York, 1981.
7. García, E.: Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köppen (para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana). *Instituto de Geografía*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1973.
8. Miragen, S., Nadal, F., Fuentes, N., Porteiro, J., Pietra, E., Sánchez, B. y Vázquez, R.: Guía para la Elaboración de Proyectos de Desarrollo Agropecuario. *IICA*, San José, Costa Rica, 1982.
9. Montgomery, D.C.: Design and Analysis of Experiments. *John Wiley & Sons*, New York, 1984.
10. Morrison, F.B.: Alimentación del Ganado. *UTEHA*, México, D.F., 1968.
11. Pérez, E.R.: Aspectos económicos de la porcicultura en México: 1960-1985. *Asociación Americana de la Soya*, México, D.F., 1985.
12. Pond, W.G. y Maner, J.H.: Producción de Cerdos en Climas Templados y Tropicales. *Acribia*, México, D.F., 1982.
13. Ricker, W.E.: Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bull. Fish. Res. Board Canada*, 191: 203-204 (1975).
14. Shimada, S.A.: Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. *Asociación Americana de la Soya*, México, D.F., 1983.
15. Suárez, B. y Barkin, D.: Porcicultura. Producción de Traspatio. Otra Alternativa. *Centro de Ecodesarrollo*, México, D.F., 1990.