

Samuel Rebollar Rebollar, Germán Gómez Tenorio, Juvencio Hernández Matínez, Rolando Rojo Rubio, Felipe de Jesús González Razo, Francisca Avilés Nova  
Determinación del óptimo técnico y económico en una granja porcícola en Temascaltepec, Estado de México  
Ciencia Ergo Sum, vol. 14, núm. 3, noviembre-febrero, 2007, pp. 255-262,  
Universidad Autónoma del Estado de México  
México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10414303>



*Ciencia Ergo Sum*,  
ISSN (Versión impresa): 1405-0269  
[ciencia.ergosum@yahoo.com.mx](mailto:ciencia.ergosum@yahoo.com.mx)  
Universidad Autónoma del Estado de México  
México

¿Cómo citar?

Fascículo completo

Más información del artículo

Página de la revista

[www.redalyc.org](http://www.redalyc.org)

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Determinación del óptimo técnico y económico en una granja porcícola en Temascaltepec, Estado de México

Samuel Rebolgar Rebolgar\*, Germán Gómez Tenorio\*, Juvencio Hernández Martínez\*, Rolando Rojo Rubio\*, Felipe de Jesús González Razo\* y Francisca Avilés Nova\*

Recepción: 24 de noviembre de 2006

Aceptación: 11 de julio de 2007

\* Centro Universitario UAEM Temascaltepec.

Teléfono: (01716) 26 652 09

Correo electrónico: samrere@hotmail.com,

sarr@uaemex.mx, gomte61@yahoo.com.mx,

jh\_martinez1214@yahoo.com.mx,

dr\_rojo70@yahoo.com.mx,

fegora24@hotmail.com, fan@uaemex.mx.

**Resumen.** Se estimó una función de producción cuadrática con rendimientos marginales decrecientes para determinar los óptimos técnico y económico en una granja porcina semitecnificada. El óptimo técnico o peso máximo en el animal fue de 162.17 kg con 74 unidades de alimento y el económico de 142.77 kg con 49 unidades de alimento; el precio de venta en pie fue de \$16.0/kg. Cuando el costo del insumo variable es bajo en relación con el precio de venta del cerdo, la ganancia máxima se obtiene vendiendo los animales cercanos al punto de máxima producción; por el contrario, cuando el precio del insumo variable es alto, la ganancia máxima se obtiene si el peso del cerdo se aproxima a 66.79 kg.

**Palabras clave:** cerdos, óptimo técnico, óptimo económico, peso de venta

**Technical and Economical Optimum Determination in a Pig Farm in Temascaltepec, State of Mexico**

**Abstract.** A quadratic production function with diminishing marginal returns was estimated to determine the technical and economical optimum in a semi-technified pig farm. The technical optimum or maximum weight in the pig was 162.17 kg with 74 units of food and the economical optimum was 142.77 kg with 49 units of food, when the price weight at sale was \$16.0/kg. When the variable input cost is low, in relation to the hog sale price, the maximum profit is obtained by selling pigs at the weight nearest to the point of maximum production; on the contrary, when the price variable input is high then maximum profit is obtained when the pig's weight is near 66.79 kg.

**Key words:** hogs, optimum technical, optimum economical, sale weight.

## Introducción

En el contexto de la globalización económica, el sector porcícola debe generar productos y hacerlos llegar al mercado con oportunidad, calidad, presentación y a precios competitivos (García *et al.*, 2005: 524). Técnicamente en las granjas de cerdos, la administración juega un papel clave para lograr la eficiencia y la optimización en el uso de insumos y recursos que permitan mejorar la producción de carne.

Gómez (2006: 5), señala que los porcinocultores no solamente deben ser eficientes en su producción interna, sino

contar además con el conocimiento de factores externos, instrumentos técnicos y económico-administrativos que les permitan tomar decisiones en su mercado.

En la porcicultura, uno de los insumos más importantes para la producción es el alimento, ya que en la obtención de un kilogramo de carne de cerdo por unidad de alimento utilizado tiene una alta participación dentro de los costos de producción (70-80%) (García *et al.*, 2005: 525). Por lo tanto la optimización del uso del alimento es una práctica necesaria que la administración de la granja debe considerar en su proceso de planeación productiva y comercial; con

base en el objetivo de que en cualquier relación insumo-producto (función de producción) lo esencial es determinar la cantidad del insumo variable que debe ser usado en combinación con los insumos fijos. De lo anterior, la pregunta ideal a responder es: ¿cuánto alimento debe utilizarse por animal o grupo de animales? (Doll y Orazem, 1984).

La mayoría de los porcicultores no establecen un plan de ventas de sus cerdos en relación con el peso, sino que los comercializan en relación con los pesos que exigen los compradores o la disponibilidad en el uso de su infraestructura, a fin de evitar dificultades en el manejo de su piara en la granja.

En la práctica comercial se observa que los compradores de cerdos bajan los precios/kg en pie cuando éstos sobrepasan un determinado nivel de peso que puede ser desde 85 kg hasta 120 kg dependiendo del mercado y de la calidad de las canales (Gómez, 2005: 205).

Es importante que el porcicultor tenga conocimiento del momento en que los cerdos logran su peso óptimo; con la finalidad de procurar su comercialización a fin de lograr maximizar sus ganancias.

El objetivo de esta investigación es determinar el óptimo técnico y económico de una granja semitecnificada a través de una función de producción en el municipio de Temascaltepec, Estado de México.

## 1. Materiales y métodos

Los datos utilizados en el análisis fueron tomados de los registros de la granja porcina "Las Pulgas", ubicada en la localidad de Telpintla, municipio de Temascaltepec, Estado de México, que se encuentra a 19° 02' 47" latitud norte y 100° 02' 47" longitud oeste. El clima es templado subhúmedo, con temperatura media anual de 19 °C y una precipitación pluvial de 1 100 mm sobre una altura de 1 720 msnm.

Por el tipo de instalaciones, a esta granja se le clasificó como semitecnificada, ya que cuenta con jaulas de gestación y de maternidad, destetes en jaulas elevadas y engordas de piso de cemento con *slats*; los comederos son automáticos y los bebederos tipo chupón; la alimentación se realiza de forma manual al igual que la regulación de la temperatura de las naves (FIRA, 1997: 25).

La granja es de ciclo completo, es decir, produce y engorda lechones hasta que están listos para el mercado. En 2004 esta granja estuvo integrada por 75 vientres y cuatro sementales, las cerdas fueron híbridas de las razas Yorkshire-Landrace y los sementales Pietrain-Duroc. La piara, a lo largo del año, estuvo constituida por una población promedio de 106 lechones de 0-4 semanas de edad; 89 de 4-8; 84 de 8-12; 83 de 12-16; 82 de 16-20 y 82 de 20-24 semanas.

En el proceso de cría, desarrollo y engorda del cerdo se utilizaron diferentes tipos de alimento según la etapa de los animales: gestación, lactación, preiniciación, iniciación, crecimiento y finalización. La mayor parte del alimento de los cerdos se prepara en la misma unidad de producción, para lo cual se utilizan insumos como sorgo, soya, salvado de trigo, sebo, ortofosfato, carbonato de calcio, lisina, sal y premezclas de vitaminas y minerales. Los únicos alimentos que se adquieren en las casas comerciales son los de la etapa de preiniciación.

La obtención de la información sobre el uso de los diferentes tipos de alimento en el proceso de cría y engorda del cerdo se realizó durante 2004 registrando al inicio de cada etapa el peso de entrada y salida y los niveles de consumo de alimento.

En la integración y el proceso de la información se consideró a un paquete de alimento con un peso de 10 kg como una unidad de insumo variable. Dicha información fue correlacionada a través del modelo de regresión estimado por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (Gujarati, 2004: 56). El modelo fue el siguiente:

$$P = \beta_0 + \beta_1 a + \beta_2 a^2 + \ell$$

donde:

P = variable dependiente: peso del cerdo.

a = variable independiente: unidades de alimento utilizado.

$\beta_i$  = coeficientes de regresión. Para i = 0, 1, 2;

La información fue procesada utilizando el procedimiento GLM del software estadístico SAS (SAS, 1995), con lo cual se creó información del producto total (Q), producto medio (PM) y producto marginal (PMg).

## 2. Resultados y discusión

En 2004, el consumo de alimento promedio de los 75 vientres (incluyendo sementales) en la etapa de gestación fue de 1, 066.70 kg/semana. Dichos vientres tuvieron un promedio de lechones nacidos/semana de 26.30, con un peso promedio/lechón de 1.30 kg; por lo que la producción semanal de lechón expresada en kg fue de 26.30\*1.30 kg = 34.19 kg. Por tanto, si con 1 066.70 kg de alimento se obtuvieron 34.19 kg de lechón, entonces se necesitaron 40.56 kg para producir 1.30 kg de lechón, es decir (1.3\*1 066.70)/34.19 = 40.56 kg.

El consumo promedio del alimento de lactación en el mismo año fue de 311.10 kg/semana y la producción promedio de lechones de 22.90 con un peso promedio individual

de 6.20 kg, por lo que cada lechón ganó 4.9 kg, en relación con el peso promedio del lechón obtenido en la etapa de gestación (6.2 – 1.3 = 4.9 kg). De esta manera la producción semanal de lechón fue de 22.9\*4.9 = 112.21 kg. Por tanto, si con 311.1 kg de alimento se obtuvieron 112.21 kg de lechón, entonces se requirieron 13.6 kg de alimento para producir 4.9 kg de lechón, que es el resultado de (4.9\*311.10)/112.21 = 13.6 kg.

El cuadro 1 presenta la información utilizada para obtener la curva de función de producción, al mismo tiempo que se consigna el producto obtenido y el producto total acumulado, estimados de acuerdo con la cantidad de insumo variable utilizado en cada etapa de producción. En el mismo cuadro se observa que a medida que el lechón va desarrollándose, las necesidades de insumo variable para la obtención de un kg de peso se incrementan, llegando al punto de inflexión de la curva donde el producto marginal alcanza su nivel máximo, lo cual se logra en la etapa de preiniciación. El producto promedio máximo se alcanza entre las etapas de crecimiento y finalización y el producto total máximo se logra después de los 120 kg de peso.

En la gráfica 1 se presenta la curva de la función de producción correspondiente. En ella se observa que la pendiente más pronunciada se encuentra en el tramo denotado por L-Pi lo que implica que cuando el lechón consume 13.8 kg de alimento se logra el incremento máximo en el peso, pues es evidente que asignando alimento de 13.6 a 13.8 kg el peso se incrementa a 10.1 kg, lo cual es diferente en las etapas subsecuentes.

Continuando con lo anterior, en la primera parte de la línea punteada se observa un rendimiento creciente, es decir, en la etapa de gestación se obtienen 0.32 kg de lechón en promedio por unidad de insumo utilizado (1.3 kg /4.06 unidades). En la siguiente etapa (lactación), se observa mayor respuesta del animal al insumo variable utilizado, pues por cada unidad se obtienen 3.6 kg (4.9 kg / 1.36 unidades) de lechón en promedio. Finalmente, en la preiniciación se alcanza la mayor respuesta del animal por efecto del insumo variable, con 7.3 kg de cerdo (10.1 kg / 1.38 unidades) por cada unidad de insumo.

La segunda etapa de la curva inicia con un rendimiento decreciente, esto es 5.6 kg en iniciación, 3.8 kg en crecimiento, 3.2 kg en finalización y 2.8 kg en finalización extra por cada unidad de insumo (10 kg de alimento). Lo anterior se precisó a través de la obtención de la ecuación de regresión correspondiente a la etapa decreciente de la función de producción, usando un modelo polinomial cuadrático, donde el peso del cerdo fue la variable dependiente y el alimento la variable independiente.

La ecuación obtenida fue:

$$Q = -11.6496 + 4.7243 * a - 0.0321 * a^2 \tag{1}$$

(-36.97) (324.03) (-209.59)

Los términos entre paréntesis de la ecuación estimada son las t<sub>c</sub> individuales; la F del modelo fue 99 999, la bondad de ajuste (R<sup>2</sup>) de 0.999 o 99.9 % y el Durbin-Watson (d) 2.19. Los errores estándar individuales fueron (0.3177), (0.01459) y (0.00015), con lo que se confirma una alta significancia estadística (ANDEVA p < 0.05).

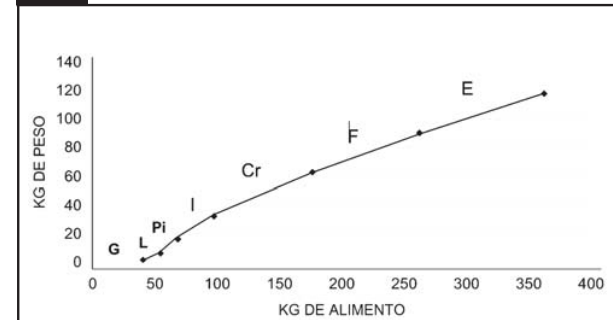
Es evidente la inexistencia de autocorrelación en el modelo econométrico, dada la naturaleza de observación de los datos en la función de producción. Es de creerse que el dato dos se comporta en función del dato uno y así sucesivamente. En los cerdos, cuando éstos consumen una unidad de alimento más, su peso actual corresponde al anterior más la nueva ganancia de peso. Al hacer la prueba de hipótesis para autocorrelación al 5% de significancia, el estadístico d calculado (2.19), acepta la hipótesis nula que indica ausencia de correlación entre las variables. Con esto, los cambios en la variable dependiente y los cambios en las independientes son del mismo orden de magnitud, luego entonces, no hay evidencia de heterocedasticidad. Con respecto a la multicolinealidad, un indicador de ésta es

**Cuadro 1. Cantidad de insumo utilizado y de producto obtenido por etapa.**

Etapas	Insumo variable (Kg de alimentos)	Producto (kg de peso)	Insumo variable acumulado	Producto total acumulado	Días
Gestación (G)*	40.6	1.3	40.6	1.3	115.0
Lactación (L)	13.6	4.9	54.6	6.2	24.5
Preiniciación (Pi)	13.8	10.1	68.0	16.3	26.0
Iniciación (I)	29.0	16.2	97.0	32.5	26.0
Crecimiento (Cr)	79.1	29.9	176.1	62.4	40.0
Finalización (F)	86.3	27.5	262.4	89.9	33.6
Extra (E)**	100.0	28.0	362.4	117.9	28.0

Fuente: elaboración propia  
 \*Incluye el alimento de sementales, hembras de reemplazo y hembras vacías.  
 \*\* Se realizó una prueba alimentando por más tiempo a un lote de cerdos con los resultados que aquí se expresan.

**Gráfica 1. Curva de la función de producción.**



Fuente: elaboración propia con datos del cuadro 1.

un  $R^2$  alto con un estadístico  $t$  poco significativa (Pindyck y Rubinfeld, 1998: 100; Martínez y Martínez, 2002: 161).

En esta investigación se cumple la primera condición, pero no la segunda, por tanto, no hay presencia de colinealidad. La presencia de la variable  $a^2$  que podría generar problemas de colinealidad y su posible omisión en este modelo, no se realizó debido a que en el modelo teórico de la función de producción se vuelve condición necesaria y suficiente para generar la concavidad de la curva y con ello determinar la optimización del insumo variable (Pindyck y Rubinfeld, 2003: 186)

De acuerdo con la teoría económica, el signo (negativo) que antecede al parámetro  $a^2$  indica la presencia de una función de producción con rendimientos marginales decrecientes. Por tanto, la añadidura progresiva de los factores productivos conducen a incrementos cada vez menores en el peso del animal, hasta el punto a partir del cual éste empieza a decrecer.

Así, en las condiciones planteadas, el término de intersección  $-11.649$ , no posee ningún significado económico, queda lejos de la gama de datos observados y es obvio que no puede interpretarse como el peso promedio del cerdo, cuando todas las variables toman un valor cero.

El coeficiente de la variable independiente  $a$  indica la relación marginal entre dicha variable y el peso del cerdo; así, este coeficiente señala que cuando se mantienen constantes los efectos de otras variables (*ceteris paribus*), cada incremento por 10 kg de alimento, hará que el peso (promedio) total de dichos animales aumente en 4.727 kg.

El cuadro 2 presenta los cálculos de Q, PME y PMg, por unidad de insumo variable.

Q indica los kilogramos que pesa el cerdo según las unidades de insumo (alimento) que haya consumido. En la etapa de gestación y lactancia se refiere a lo que pesa por cada parte de consumo de la madre que le corresponde.

Para las primeras cuatro unidades de insumo variable se usó alimento de gestación. La quinta unidad fue de 0.6 kg de alimento de gestación y 9.4 kg de lactación, por lo que el lechón debe pesar 6.05 kg. Para la sexta unidad corresponde 4.2 kg de alimento de lactación y 5.8 kg de preiniciación. La séptima unidad se conformó de 8 kg de preiniciación y 2 de iniciación y el cerdo debe pesar 19.85 kg. En la octava y novena unidad se utilizó alimento de iniciación.

Para la décima unidad corresponden 7 kg de iniciación y 3 kg de crecimiento correspondiendo a un peso del cerdo de 32.38 kg. De la decimoprimer a la decimoséptima se proporcionó alimento de crecimiento. La decimo octava unidad se conformó por 6.1 kg de crecimiento y 4.9 de finalización, que equivale a 62.99 kg de peso del cerdo. Finalmente, todas las unidades subsecuentes se administraron con alimen-

to de finalización, llegando hasta la unidad 36, en la que el peso del cerdo fue de 116.82 kg, las demás variaciones se deben a los residuales de la regresión.

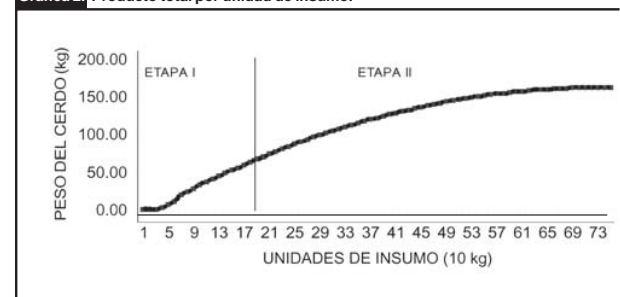
El producto medio, definido como el cociente del producto total y el nivel de insumo, se incrementa gradualmente y alcanza su máximo en la decimoctava unidad, después declina paulatinamente. Por su parte, el PMg, que es el cambio en el producto total por cada unidad de insumo variable añadida, tuvo un comportamiento similar al producto medio, alcanzando su nivel máximo en la séptima unidad.

La gráfica 2 presenta el comportamiento del producto total, observándose un incremento pequeño en las primeras unidades que corresponden a la etapa de gestación. En la lactación el aumento es mayor y se nota por qué la pendiente es mayor; su comportamiento se acentúa más en la fase de preiniciación, que es cuando el cerdo pesa entre seis y 16 kg.

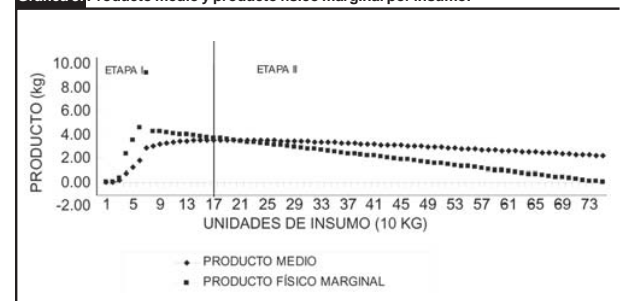
La pendiente declina paulatinamente en la etapa de iniciación, es decir, cuando el cerdo pasa de los 16 a los 30 kg, y de forma más marcada de los 30 kg en adelante. La parte más alta de la curva de producto total no puede observarse, ya que si al cerdo se le sigue alimentando seguirá aumentando su peso.

Se presenta en la gráfica 3 el comportamiento del producto medio y del producto físico marginal, aquí se aprecia que el producto medio incrementa rápidamente, lo cual puede observarse después de nacer el lechón hasta que llega a la etapa de iniciación.

Gráfica 2. Producto total por unidad de insumo.



Gráfica 3. Producto medio y producto físico marginal por insumo.



**Cuadro 2.** Producto total, producto medio y producto físico marginal por unidad de insumo variable.

Etapa	10 kg	Q	PMe	PMg	Etapa	10 kg	Q	PMe	PMg
G	1	-1.02*	-1.02*	-1.02*	F	19	66.52	3.50	3.54
G	2	-0.92*	-0.46*	-0.10	F	20	70.00	3.50	3.47
G	3	-0.29	-0.10	-0.63	F	21	73.40	3.50	3.41
G	4	2.62	0.66	2.33	F	22	76.75	3.49	3.34
G-L	5	6.07	1.21	3.45	F	23	80.03	3.48	3.28
L-PI	6	10.60	1.77	4.56	F	24	83.24	3.47	3.22
PI-I	7	19.80	2.84	9.21	F	25	86.40	3.46	3.15
I	8	24.10	3.01	4.24	F	26	89.48	3.44	3.09
I	9	28.30	3.14	4.18	E	27	92.51	3.43	3.02
I-Cr	10	32.90	3.24	4.11	E	28	95.46	3.41	2.96
Cr	11	36.40	3.31	4.05	E	29	98.36	3.39	2.92
Cr	12	40.40	3.37	3.99	E	30	101.20	3.37	2.89
Cr	13	44.30	3.41	3.92	E	31	104.00	3.35	2.83
Cr	14	48.20	3.46	3.86	E	32	106.60	3.33	2.77
Cr	15	52.00	3.44	3.79	E	33	109.30	3.31	2.70
Cr	16	55.70	3.47	3.73	E	34	111.90	3.29	2.64
Cr	17	59.40	3.48	3.66	E	35	114.40	3.27	2.57
Cr-F	18	63.00	3.49	3.60	E	36	116.80	3.25	2.51

Fuente: elaboración propia.  
\* Aparecen números negativos por el error de la regresión.

El producto medio alcanza el nivel más alto en la décima unidad de insumo variable; después los incrementos son pequeños y la curva comienza a declinar, para ubicarse en la unidad decimonovena, es decir, en la etapa de finalización del cerdo.

El incremento del valor del producto marginal, después que el lechón ha nacido, es mayor que el valor del producto medio y alcanza su máximo en la etapa de preiniciación con la séptima unidad de insumo variable, que es cuando el cerdo es más eficiente en convertir el insumo variable en producto total. Después de ese nivel, la obtención de producto total por insumo variable utilizado es cada vez menor.

El punto donde se cruzan ambas curvas es cercano a la decimonovena unidad de insumo variable, es decir, cuando el cerdo está en la etapa de finalización y pesa aproximadamente 65 kg.

En este punto es donde termina la etapa I de la función de producción, que se caracteriza por una mayor velocidad de transformación del insumo variable en producto total. Además, el producto físico marginal se encuentra por arriba del producto medio. En la etapa II es mayor la efectividad del insumo variable, es decir, el producto físico marginal disminuye, pero por abajo del producto medio (los dos productos, marginal y medio, son positivos). El término de esta etapa no aparece en la gráfica, pues se da cuando el producto físico marginal es cero, es decir, al incrementar una unidad más del insumo alimento, el cerdo se mantiene en el mismo peso.

Desde el punto de vista de la teoría microeconómica, la máxima utilidad para el porcicultor se encuentra en la etapa II

de la función de producción, lo que significa que no se deben vender los cerdos con un peso menor que 65 kg.

Cuando el costo del insumo alimento es bajo, la máxima utilidad se obtendrá vendiendo los cerdos muy pesados y cuando el costo del insumo alimento es alto entonces se acercará a los 65 kg.

Para estimar el comportamiento posterior a los 118 kg y conocer el límite de la etapa II, el máximo ingreso y luego el punto exacto donde se encuentra la máxima utilidad, se utilizaron derivadas.

Derivando parcialmente (1) e igualando a cero para obtener el valor de  $a$ :

$$\frac{dQ}{da} = 4.7243 - 0.0642 a = 0 \tag{2}$$

$a = 74$  unidades, por tanto:

$$Q = -11.6496 + 4.7243(74) - 0.0321(74)^2$$

$$Q = 162.17 \text{ kg}$$

La condición de máxima ganancia se obtiene utilizando (2) a través de la expresión :

$$4.7243 - 0.0642 a = \frac{25.4^1}{16}$$

1. Donde 25.4 se refiere al precio del insumo variable (alimento) y 16 es el precio por kilogramo del cerdo en pie.

**Cuadro 3. Estimación del producto total, producto medio y producto físico, marginal por unidad de insumo después de los 118 kg.**

Etapa	A	Q	PMe	PMg	Etapa	a	Q	PMe	PMg
	10 kg					10 kg			
E	37	119.20	3.22	2.38	E	56	152.25	2.72	1.16
E	38	121.52	3.20	2.32	E	57	153.34	2.69	1.10
E	39	123.77	3.17	2.25	E	58	154.38	2.66	1.03
E	40	125.96	3.15	2.19	E	59	155.34	2.63	0.97
E	41	128.09	3.12	2.12	E	60	156.25	2.60	0.90
E	42	130.15	3.10	2.06	E	61	157.09	2.58	0.84
E	43	132.14	3.07	2.00	E	62	157.86	2.55	0.78
E	44	134.07	3.05	1.93	E	63	158.58	2.52	0.71
E	45	135.94	3.02	1.87	E	64	159.22	2.49	0.65
E	46	137.74	2.99	1.80	E	65	159.81	2.46	0.58
E	47	139.48	2.97	1.74	E	66	160.33	2.43	0.52
E	48	141.16	2.94	1.67	E	67	160.78	2.40	0.46
E	49	142.77	2.91	1.61	E	68	161.17	2.37	0.39
E	50	144.32	2.89	1.55	E	69	161.50	2.34	0.33
E	51	145.80	2.86	1.48	E	70	161.76	2.31	0.26
E	52	147.22	2.83	1.42	E	71	161.96	2.28	0.20
E	53	148.57	2.80	1.35	E	72	162.09	2.25	0.13
E	54	149.86	2.76	1.29	E	73	162.16	2.22	0.07
E	55	151.08	2.75	1.23	E	74	162.17	2.19	0.01

Fuente: elaboración propia.

$a = 49$  unidades, por tanto:

$$Q = -11.6496 + 4.7243(49) - 0.0321(49)^2$$

$$Q = 142.77 \text{ kg}$$

En el cuadro 3 se realiza una prueba usando la ecuación de regresión obtenida número dos, con estimaciones del comportamiento después de los 118 kg de peso. Se observa que si se adiciona una unidad más de insumo variable (alimento) después de 74 unidades, el producto físico marginal sería menor que cero, identificándose con esto el final de la etapa II de la producción y simultáneamente la obtención del máximo ingreso u óptimo económico. Al ser negativo el producto físico marginal implica que el producto total (el peso del cerdo) sería menor y el porcicultor obtendría menor ingreso por la venta del animal. Lo anterior coincide con el cálculo de la derivada hecho anteriormente.

Si se calcula el cociente entre el precio del insumo variable y el precio del producto (conocido como relación de precios: del insumo y del producto), y se busca en qué unidad de insumo variable se obtiene ese mismo valor dentro del producto físico marginal, se sabrá en qué momento se obtiene la máxima utilidad.

Esto es,  $\$25.40/\$16 = 1.59$ , por lo que su valor más cercano dentro de la columna del producto físico marginal es de 1.61, que se ubica en la unidad de insumo 49; similar en relación con lo que se señaló en el cálculo de la derivada correspondiente.

En relación con la tabla de utilidades equivalentes, la capacidad instalada de la granja, bajo estudio, es para vender cerdos de 23 semanas de edad, a la cual llegan con un peso de 90 kg, aumentar más semanas la estancia de los cerdos en la granja implicaría aumentar instalaciones, mano de obra, etc., además no se contaría con el dinero de las ventas correspondiente a esas semanas y éste no se recuperaría al vender los animales, una vez que el flujo de producción es semanal.

Por tanto, habría que calcular el monto de la nueva inversión y nuevo capital de trabajo y realizar un análisis financiero que determine su viabilidad.

Al aumentar el peso corporal del cerdo también se incrementa el contenido de grasa en la canal, por lo tanto el comprador tiende a bajar el precio por kilogramo del producto.

En el cuadro 4 es posible observar, en la segunda columna, que el incremento de los costos por cada unidad de insumo añadida no es de manera proporcional; las primeras unidades son alimento de gestación, lactación, preiniciación, iniciación, crecimiento y finalización, y tienen diferentes precios.

En la tercera columna del mismo cuadro se ubica la cantidad de producto total obtenida, es decir los kilogramos que pesó el cerdo en el proceso de producción.

En la columna siguiente se encuentra el valor del producto que se calcula multiplicando por un valor igual a \$18.00, que es el precio promedio que prevaleció en noviembre de 2004. En la quinta columna se observan las

utilidades que son producto de la resta del valor de éste menos el costo del insumo variable. Cabe aclarar que esta utilidad se obtiene considerando sólo el insumo alimento.

En las últimas dos columnas se ubica el valor del producto y las utilidades, no obstante al valor del producto se le dio un precio comercial real en la zona, de tal manera que en las primeras cuatro unidades no se le asignó ningún valor, pues los lechones no han nacido o están recién nacidos, y no es posible venderlos. Después, para los lechones menores de 20 kg, los primeros 10 kg de peso se venden al doble del precio del rastro, es decir a \$36.00, y los kilogramos restantes a su precio normal que es \$18.00.

Los lechones de 20 a 30 kg se venden como sigue: 5 kg al doble del precio de rastro y los restantes a precio normal. A partir de ese momento los cerdos pueden comercializarse en \$18.00/kg hasta los 100 kg de peso. En este peso, el precio

tiende a disminuir a \$17.00/kg. Por lo que a partir de 105 kg el valor del kg vuelve a bajar hasta ubicarse en \$16.00/kg, y de los 115 kg disminuye a \$15.00/kg.

Con esta limitación el peso donde se obtiene la mejor utilidad es justo antes de llegar a los 100 kg y no en los cerdos más pesados. Sin esta limitación es más redituable vender cerdos a mayor peso, de hecho se sugiere negociar con los compradores un mejor precio para los cerdos más pesados.

En el cuadro 5 el productor puede saber el precio al que le conviene negociar con el comprador cuando el cerdo es más pesado; de esta forma los animales que pesen 95.5 kg deben venderse a un precio mayor que \$15.53/kg; por su parte, los de 101.2 kg deben venderlos a más de \$15.15/kg y así sucesivamente, hasta llegar a los 116.8 kg, nivel al que los cerdos no deben ser comercializados en menos de \$14.43/kg; con esos precios se obten-

drían las mismas utilidades (\$702.6) que si los vendieran a 89.5 kg como normalmente se hace. Cabe mencionar que sólo se está considerando el costo del insumo alimento, que si bien es el más importante no es el único.

Hasta los 89.5/kg de peso, el costo de alimentación es \$729.2 kg (obtenido del cuadro 4 ponderando los 0.9 kg de la fila de 89.1 kg), los costos de las unidades de insumo variable extra son \$25.4 por unidad (10 kg de alimento de finalización). El costo total es la suma de ambos costos.

El ingreso total correspondiente a 89.50 kg de peso se obtuvo multiplicando este valor por \$16.00, fijándose la utilidad (ingreso-costo total) en \$702.60. Para tener las mismas utilidades en todos los pesos se sumó esta última al costo total, resultando el ingreso equivalente.

Finalmente, el equivalente en pesos por kilogramo (\$/kg) se obtuvo dividiendo el ingreso equivalente entre el peso de los animales, de esta manera al vender los cerdos de 106.70 kg a un precio mayor que \$14.85/kg, se tendrían mejores utilidades que vendiéndolos de 89.50 kg con un precio de \$16.00.

**Cuadro 4.** Intensidad óptima.(datos para noviembre de 2004)

Insumo	Costo de insumo (\$)	Producto total	Valor del producto (\$)	Utilidad	Valor del producto(\$)	Utilidad(\$)
1	22.10	0.32	5.76	-16.34	0.00	-22.10
2	44.20	0.64	11.52	-32.68	0.00	-44.20
3	66.30	0.96	17.28	-49.02	0.00	-66.30
4	88.40	1.28	23.04	-65.36	0.00	-88.40
5	112.30	4.66	83.88	-28.42	167.76	55.46
6	169.90	10.40	187.20	17.30	367.20	197.30
7	241.70	17.37	312.66	70.96	492.66	250.96
8	273.10	22.96	413.28	140.18	503.28	230.18
9	304.50	28.55	513.90	209.40	603.90	299.40
10	333.60	33.59	604.62	271.02	604.62	271.02
11	357.60	37.37	672.66	315.06	672.66	315.06
12	381.60	41.15	740.70	359.10	740.70	359.10
13	405.60	44.93	808.74	403.14	808.74	403.14
14	429.60	48.71	876.78	447.18	876.78	447.18
15	453.60	52.49	944.82	491.22	944.82	491.22
16	477.60	56.27	1,012.86	535.26	1,012.86	535.26
17	501.60	60.05	1,080.90	579.30	1,080.90	579.30
18	525.80	63.60	1,144.80	619.00	1,144.80	619.00
19	550.30	66.79	1,202.22	651.92	1,202.22	651.92
20	574.80	69.98	1,259.64	684.84	1,259.64	684.84
21	599.30	73.17	1,317.06	717.76	1,317.06	717.76
22	623.80	76.36	1,374.48	750.68	1,374.48	750.68
23	648.30	79.55	1,431.90	783.60	1,431.90	783.60
24	672.80	82.74	1,489.32	816.52	1,489.32	816.52
25	697.30	85.93	1,546.74	849.44	1,546.74	849.44
26	721.80	89.12	1,604.16	882.36	1,604.16	882.36
27	746.30	92.07	1,657.26	910.96	1,657.26	910.96
28	770.80	94.95	1,709.10	938.30	1,709.10	938.30
29	795.30	97.83	1,760.94	965.64	1,760.94	965.64
30	819.80	100.71	1,812.78	992.98	1,712.07	892.27
31	844.30	103.59	1,864.62	1,020.32	1,761.03	916.73
32	868.80	106.47	1,916.46	1,047.66	1,703.52	834.72
33	893.30	109.35	1,968.30	1,075.00	1,749.60	856.30
34	917.80	112.23	2,020.14	1,102.34	1,795.68	877.88
35	942.30	115.11	2,071.98	1,129.68	1,726.65	784.35
36	966.80	117.99	2,123.82	1,157.02	1,769.85	803.05

Fuente: elaboración propia.



**Cuadro 5. Equivalencias de utilidades esperadas a diferentes escenarios de pesos de los cerdos y precios.**

Peso (kg)	Costo acumulado (\$)	Costo de unidades extra <sup>1</sup> (\$)	Costo total	Ingreso equivalente (\$)	Utilidad (\$)	Equivalente en kg (\$)
89.5	729.2	0.0	729.2	1431.7	702.6	16.00
92.5	729.2	25.4	754.6	1457.1	702.6	15.75
95.5	729.2	50.8	780.0	1482.5	702.6	15.53
98.4	729.2	76.2	805.4	1507.9	702.6	15.33
101.2	729.2	101.6	830.8	1533.3	702.6	15.15
104.0	729.2	127.0	856.2	1558.7	702.6	14.99
106.7	729.2	152.4	881.6	1584.1	702.6	14.85
109.3	729.2	177.8	907.0	1609.5	702.6	14.73
111.9	729.2	203.2	932.4	1634.9	702.6	14.61
114.4	729.2	228.6	957.8	1660.3	702.6	14.52
116.8	729.2	254.0	983.2	1685.7	702.6	14.43

Fuente: elaboración propia.

Nota: los resultados totales pueden no coincidir debido al redondeo de las cifras.

### Conclusiones

La máxima utilidad se encuentra después del cruce de las curvas del producto medio y del producto marginal y cuando este último es cero; situación que ocurre entre la unidad 19 y 74 de insumo variable (alimento) y el cerdo pesa entre 66.79 y 162.17 kg. Después del punto de máxima producción, al asignar una unidad más de insumo alimento, el cerdo ya no aumenta su peso. Así, nunca debe vender los cerdos con un peso menor a 66.79 kg ni mayor a 162.17. Cuando el costo del insumo variable es bajo, en relación con el precio de venta del cerdo, la máxima ganancia se obtendrá vendiendo los animales muy pesados

(nivel cercano a la máxima producción); por el contrario, si el precio del insumo variable es alto, la máxima ganancia se obtendrá cuando el peso del cerdo sea próximo a 66.79 kg.

La máxima ganancia del porcicultor estaría en los intervalos anteriores, si y sólo si el comprador no disminuye el precio de compra de los animales con peso mayor en el rango de 95 a 115 kg. De presentarse el escenario anterior, se recomienda utilizar una tabla de ingresos equivalentes similar a la estimada en esta investigación. Condiciones de manejo y sistema de alimentación utilizados podrían generar resultados distintos, sin embargo el procedimiento técnico económico proporcionaría recomendaciones similares.

obie

### Bibliografía

Doll, J. P. and F. Orazem (1984). *Production Economics. Theory with Applications*. Second Edition. John Wiley Sons, Canada.

FIRA (Fideicomisos en Relación a la Agricultura) (1997). *Oportunidades de desarrollo de la porcicultura en México*. Boletín Informativo. Núm. 296, julio.

García, S. J. A.; S. Rebollar y L. G. Rodríguez (2005). "Integración vertical y competitividad del sector porcino en México", *Comercio Exterior*. Vol. 55, Núm. 6. Bancomext, México.

Gómez, T.G. (2006). *Variables macroeconómicas y su relación con la oferta y demanda de cerdo*. Tesis de Maestría en Ciencias de la Producción y Salud Animal. UNAM, México.

Gómez, T.G. (2005). *Determinación del peso de venta óptimo económico de cerdos en una granja comercial en Temascaltepec, México*. Memoria XL Congreso Nacional AMVEC 2005. León, Guanajuato, México.

Gujarati, N. D. (2004). *Econometría*. 4a. ed. McGrawHill, México.

Martínez - Martínez, G. A. (2002). *Introducción a los métodos econométricos*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Pindyck, S. R. y L. D. Rubinfeld (1998). *Econometría. Modelos y pronósticos*. 4ª ed. McGrawHill, México.

(2003). *Microeconomía*. 5ª ed. Prentice Hall, Madrid.

SAS Institute (1995). *SAS User's Guide*. SAS Institute Inc. Cary, N.C.EE.UU.