

METODOLOGÍAS Y APLICACIONES PARA LA PRODUCCIÓN GANADERA DEL TRÓPICO SECO EN EL SUR DEL ESTADO DE MÉXICO



JUVENCIO HERNANDEZ MARTINEZ
FRANCISCA AVILES NOVA
ROLANDO ROJO RUBIO

METODOLOGÍAS Y APLICACIONES
PARA LA PRODUCCIÓN
GANADERA DEL TRÓPICO SECO
EN EL SUR DEL ESTADO
DE MÉXICO

Juvencio Hernández Martínez
Francisca Avilés Nova
Rolando Rojo Rubio

METODOLOGÍAS Y APLICACIONES
PARA LA PRODUCCIÓN
GANADERA DEL TRÓPICO SECO
EN EL SUR DEL ESTADO
DE MÉXICO

Juvencio Hernández Martínez
Francisca Avilés Nova
Rolando Rojo Rubio



**Metodologías y aplicaciones para la producción ganadera
del trópico seco en el sur del Estado de México**

Juvenio Hernández Martínez, Francisca Avilés Nova
y Rolando Rojo Rubio

Primera edición: 15 de enero de 2014

D.R. © Ediciones Gernika, S.A.
Latacunga 801, Colonia Lindavista
07300 México, D.F. México
☎ y Fax: 5586 5262 y 5586 8324
Correo electrónico: edicionesgernika@prodigy.net.mx

ISBN: 978-607-9083-42-47

Cuidado de la edición
Ma. de los Ángeles González Callado

Diseño de la portada
Pedro Testas Bouzas

Composición y tipografía
Pilar Fandiño Ugalde

Queda prohibida la reproducción parcial o total, directa o indirecta, del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito de los editores, en términos de lo así previsto por la Ley Federal de Derechos de Autor y, en su caso, por los tratados internacionales aplicables

Impreso y encuadernado en México
Printed and bound in Mexico

COMITÉ CIENTÍFICO

Dra. en C. Yolanda Sánchez Torres
del Área de Negocios Internacionales
de la Universidad Politécnica de Tulancingo

Dr. en C. Aníbal Terrones Cordero
del Instituto de Ciencias Económico Administrativas
de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH)

Dr. en C. Orsohe Ramírez Abarca
del Centro Universitario UAEM Texcoco
de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM)

Dr. en C. V. Luis Brunett Pérez
y el Dr. en CARN Enrique Espinoza Ayala,
ambos del Centro Universitario UAEM Amecameca
de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).

CONTENIDO

Colaboradores	11
Prefacio	15
Parte I	
Metodologías y aplicaciones económicas en producción animal	
Aplicación de la teoría de la producción en investigación pecuaria <i>Samuel Rebollar-Rebollar, Juvencio Hernández-Martínez, Felipe de Jesús González-Razo, Germán Gómez-Tenorio</i>	19
Caracterización de unidades de producción de ganado bovino actuales en el municipio de Tlatlaya, Estado de México <i>Jovel Vences-Pérez, Benito Albarrán-Portillo, Samuel Rebollar-Rebollar, Anastacio García-Martínez</i>	37
Economía de la producción y de la comercialización de los ovinos en el sur del estado de México <i>Juvencio Hernández-Martínez, Samuel Rebollar-Rebollar, María Isabel Ortiz-Rivera, Eugenio Guzmán-Soria, Felipe de Jesús González-Razo</i>	59
La porcicultura en el sur del estado de México: un análisis de su estructura productiva y de mercadeo <i>Felipe de Jesús González-Razo, Samuel Rebollar-Rebollar, Juvencio Hernández-Martínez</i>	85
Los costos de producción y la comercialización del ganado bovino en el sur del Estado de México <i>Juvencio Hernández-Martínez, Samuel Rebollar-Rebollar, Eugenio Guzmán-Soria, Anibal Terrones Cordero y Alfredo Rebollar-Rebollar</i>	103

Caracterización socioeconómica de los sistemas de producción caprina en el sur del Estado de México	133
<i>Ernesto Joel Dorantes-Coronado, Juvencio Hernández-Martínez, Samuel Rebollar- Rebollar, Rolando Rojo-Rubio</i>	
Metodologías integrales para el análisis de sistemas agropecuarios	151
<i>Anastacio García-Martínez, Ana María Olaizola-Tolosana y Alberto Bernúes-Jal</i>	

Parte II

Metodologías y aplicaciones productivas en ganadería

Uso de bloques nutricionales como complemento para ovinos en el Altiplano Central de México	197
<i>Paulina Vázquez-Mendoza, Anastacio García-Martínez, Juvencio Hernández-Martínez, Octavio Alonso Castelán-Ortega, Julieta Gertrudis Flores-Estrada, Francisca Avilés-Nova</i>	
Complementación energética en la actividad reproductiva de rumiantes	225
<i>Diego Jaramillo-Albiter, Rolando Rojo-Rubio, Rafael Cano Torres, Alejandro Salvador-Cáceres, José Fernando Vázquez-Armijo</i>	
Importancia de la suplementación mineral a rumiantes alimentados a base de forrajes	245
<i>Rolando Rojo-Rubio, José Fernando Vázquez-Armijo, F. Z. Salem-A., Germán David Mendoza-Martínez, Javier Arece-García, Ernesto Joel Dorantes-Coronado, Agustín Olmedo-Juárez</i>	
Mejoramiento de estrategias de alimentación de ganado productor de leche en el sur del Estado de México: técnica microhistología y su aplicación	283
<i>Felisa Sarai Jiménez-Peralta, Isela Guadalupe Salas-Reyes, Manuel González-Ronquillo, Antonia González-Embarcadero, Francisca Avilés-Nova, Benito Albarrán-Portillo</i>	

APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LA PRODUCCIÓN EN INVESTIGACIÓN PECUARIA

SAMUEL REBOLLAR-REBOLLAR,^{1*} JUVENCIO HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ,¹
FELIPE DE JESÚS GONZÁLEZ-RAZO,¹ GERMÁN GÓMEZ-TENORIO¹

INTRODUCCIÓN

En México la actividad pecuaria que engloba aves, porcinos, bovinos carne y leche, ovinos y caprinos, principalmente, no sin descuidar la pesca y aves productoras de huevo; conserva una gran relevancia en el contexto socioeconómico del país, ya que en conjunto, con el resto del sector primario, significa sustento para el desarrollo nacional, al proporcionar alimentos y materias primas, divisas, empleos, además de que distribuye con ingresos en el sector rural (SAGARPA, 2004).

Dentro del subsector de ganadería, la producción de carne de bovino es la actividad productiva más diseminada en el medio rural. En México, esta actividad se desarrolla en aproximadamente 110 millones de hectáreas representando aproximadamente 60% de la superficie nacional, en la que los sistemas de producción van desde los más altamente tecnificados e integrados hasta los tradicionales, realizándose, sin acepción, en todas las zonas del país y aún en condiciones adversas de clima que no permiten la práctica de otras actividades productivas, la producción de carne de bovino se ha mantenido como el eje en torno al cual se establecen diferentes tendencias de producción y el propio mercado de carnes en México, el volumen nacional anual de carne representa poco más de 1.7 millones de toneladas, superado solo por la carne de ave (Ruiz *et al.*, 2004; FIRA, 2011). Los principales productores mundiales son Estados Unidos, Unión Europea, Brasil y China; México ocupa la posición ocho (FIRA, 2011).

1 Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México; Km 67.5 Carr. Fed. Toluca-Tejupilco, 51300, Temascaltepec, México, MÉXICO. *Autor para correspondencia

Por su parte, en el subsector de la porcicultura, de 2003 a 2009 la producción de carne de cerdo no cambió sostenidamente en México, pues la tasa media anual de crecimiento (TMAC) fue 2.06%, pero en 2009 el crecimiento fue 2.08%. En 2010 el volumen de producción porcícola fue 1.5 millones tons y, Sonora (19.1%), Jalisco (18.2%), Puebla (9.4%), Guanajuato (9.4%) y Yucatán (8.5%), aportaron 64.6% del total nacional (SIAP, 2011). Además, de 2003 a 2009, las importaciones de carne en canal pasaron de 171.7 a 274.9 miles tons, con una TMAC de 8.2%, y representaron 18.3% del consumo nacional aparente (CNA) del 2009; en tanto, las exportaciones aumentaron de 1.4 en 2003 a 1.8 miles tons en 2009, a una TMAC de 4.3 (FAO, 2011).

En el periodo que se menciona (2003-2009), el CNA de carne de cerdo creció a una TMAC de 3.1% y presentó mayor dinamismo que la producción nacional (2,1%). En 2003 el volumen nacional de carne de cerdo representó 86.7% del CNA y en 2009 83.3%, lo que significó mayor dependencia de importaciones debido, principalmente, a un estancamiento en la producción nacional en el periodo analizado (FAO, 2011).

En adición, de 2002 a 2009, el sector porcícola presentó importantes cambios en su estructura productiva, lo cual significó la consolidación de su oferta basada en su alto nivel nutritivo y estándares de calidad. Al respecto, debido al avance tecnológico en la carne de cerdo se redujo 31% el contenido de grasa, 14% las calorías y 10% el colesterol. De los lípidos en la carne de cerdo, 70% son deseables, es decir, son ácidos grasos no saturados y la proteína es rica en ácido linoleico, que neutraliza los efectos negativos de grasas saturadas o indeseables (Cabello, 2009b).

De 2000 a 2009 la estructura de la actividad porcícola ha cambiado en varios países. En México, granjas pequeñas y diversificadas que utilizaban subproductos agrícolas para la alimentación del ganado porcino, se concentraron en unidades especializadas en producción de alto rendimiento. En estas empresas se generaron nuevas competencias para cría, desarrollo y engorda para cumplir con estándares de calidad y la pericia logística requeridos para exportar a Japón (Cabello, 2009a).

Durante 2005-2009, el consumo per cápita mostró un crecimiento de 10% para la carne de pollo, 2% para la de cerdo y una disminución de 11% para la de res. En 2009, el consumo per cápita de carne de pollo, cerdo y res fue 29.6, 16.8 y 15.0 kg, en tanto que el CNA de carne de pollo, cerdo y res fue 3.3, 1.8 y 1.9 millones tns, de las que 15% correspondieron a importaciones de carne de pollo, 16.7% a carne de cerdo y 13.5% a carne de res (Almanza, 2010).

Las zonas ganaderas de México se derivan principalmente de la ecología de los lugares, ya que este país posee una gran diversidad de suelos, topografías y climas, extendiéndose desde las zonas áridas y semiáridas del norte, hasta las regiones tropicales del Golfo y la Península de Yucatán. Por las características climáticas y la relación suelo-planta-animal, la geografía mexicana ha sido dividida en regiones árida y semiárida, templada, tropical seca y tropical (FIRA, 2011).

Propiamente, dentro del estado de México, la región sur oriente (Tehuacan, San Simón de Guerrero, Tejupilco, Luvianos y Amatepec; se caracteriza por tener vocación pecuaria, cuyas especies de importancia son: bovinos doble propósito, caprinos, ovinos y porcinos. En esa región Sur del Estado de México, la producción de ganado bovino de carne consta de 7.3 millones de cabezas y contribuye con cerca de 229 mil toneladas (t) de carne a la producción nacional (SAGARPA, 2006). Lo bovinos carne se producen bajo dos sistemas de producción, el primero, que es la forma más generalizada, ocurre bajo el sistema vaca-becerro en forma semi-extensiva, a través de la engorda en pastizales nativos, complementado con dietas balanceadas, y el segundo se refiere a sistemas de producción de ganado engordado en sistemas intensivos, en donde al ganado se le alimenta a base de mezclas (dietas) y alimento concentrado y en corral, donde el periodo de engorda dura generalmente 90 días, la genética del hato está compuesta por animales criollos cruzados con cebuños y razas europeas, de las que sobresalen Suizo Pardo, Angus y Beefmaster (SAGARPA, 2004).

Así, bajo el concepto de economía de la producción, un aspecto importante para determinar la función de producción (relación insumo-producto) óptima en bovinos carne, porcinos en canal y en cortes primarios secundarios y terciarios, así como en ovinos en corral; es determinar la eficiencia del uso de sus recursos, que agregarán valor al producto finalizado ya que de esto dependerá el grado de eficiencia técnica y económica, de hecho, el resultado de la función de producción lo proporcionan los niveles óptimo técnico y óptimo económico.

El interés de este trabajo es presentar experiencias del uso de la teoría de la producción, en particular, funciones de producción, obtenidas en especies pecuarias: ovinos, cerdos en canal y en cortes, así como en bovinos carne en corral, a fin de conocer el manejo de esas unidades productivas, en el aspecto técnico y económico, pues estos aspectos juegan un papel clave para lograr la eficiencia y la optimización en el uso de los insumos (recursos), que permiten mejorar la producción de carne, verificando que bajo tal método son más controlables todos los costos. Con ello, se generan nuevas expectativas y retos productivos que podrían aumentar la produc-

tividad a menores costos de producción, y que cubran la calidad que exige el consumidor.

Por lo que el productor podría aumentar su productividad conociendo el nivel de utilización de los recursos e insumos utilizados en el proceso de producción e incrementar su competitividad, márgenes de producción y de ganancia (Rebollar *et al.*, 2008 a y b). Para lo cual se pretende utilizar el concepto de función de producción, como parte de la teoría microeconómica de la producción, como un instrumento de medición en la optimización técnica y económica. Una función de producción es una relación funcional (insumo-producto) de la combinación de insumos para obtener un nivel de producción. Para ello, la metodología a utilizar abre un amplio campo de análisis para generar datos y recomendaciones técnico económicas de gran utilidad para productores que se interesen en conocer tal instrumental. Bajo las condiciones planteadas, el objetivo de la presente investigación consistirá en realizar un análisis de los niveles de optimización técnica y económica que permitan indicar la mayor eficiencia en la ganancia de peso carne por unidad de tiempo y de alimento consumido por ovinos, cerdos y bovinos y, valorar los cambios en la producción al modificar las cantidades de los insumos. Lo anterior como experiencias obtenidas en el Sur del Estado de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los resultados aquí presentados, se desarrollaron con información de productores del Sur del Estado de México, además de la obtención de datos bajo situaciones experimentales (solo en el caso de ovinos Pelibuey).

Los productores del Sur del Estado de México no establecen un plan de ventas de su ganado en relación con el peso, si no que los comercializan en relación con los pesos que exigen los compradores, o de acuerdo a la disponibilidad en el uso de sus infraestructuras a fin de evitarse problemas en el manejo de su ganado (Rebollar *et al.* 2008). Por lo cual, la identificación de la función de producción más adecuada para productores de ganado, brinda un factor importante sobre, la pertinencia del sistema de producción bajo el cual se produjo, ello permite visualizar a los ganaderos la importancia de implementar cambios estructurales en sus esquemas de producción, con lo que los productores, puedan lograr mejores expectativas de desarrollo y crecimiento, además que desarrollen sistemas de producción sustentables que les permita aprovechar, de manera continua, oportunidades comerciales en el mercado, les ayude, a su vez, a alcanzar la optimización

de sus recursos, logrando así el objetivo principal que es la optimización técnica-económica en la producción.

Para lograr el objetivo es necesario que la función de producción para este tipo de especies pecuarias, sea la más adecuada o mejor ajustada (en términos econométricos), en donde se valoren todos los cambios en el sistema de producción elegido, logrando así mejores expectativas técnicas y de desarrollo productivo que podría garantizar mejores ganancias por sus inversiones.

En todas las funciones de respuesta que se presentan en este documento, la variable dependiente fue el peso de los animales y la independiente el consumo de alimento por periodo de tiempo; excepto que en el modelo de cortes de carne en canal de cerdo, las variables independientes expresan el efecto o punto de producción y de venta relacionadas al peso que debería tener una canal.

Primero, se presentan dos modelos no lineales estimados, que expresan la función de respuesta de ovinos Pelibuey engordados en corral y con una dieta basada en frijolina. Después, los óptimos económicos de cerdos híbridos (PIC 406 x 23) *in vivo*, de una granja de Temascaltepec, Estado de México, posteriormente, los niveles óptimo técnico y óptimo económico de bovinos carne finalizados en corral y por último, tres funciones de respuesta de cortes primarios, secundarios y terciarios sobre el canal en cerdo híbridos (PIC 406 x 23). Todos los modelos estadísticos se ajustaron a funciones de producción no lineales y los resultados se obtuvieron con el GLM de SAS en su versión Windows 2009.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de resultados se realizó con base en la Teoría de la Producción (Nicholson, 2007; Mankiw, 2007; Leroy y Meiners, 1990), donde se afirma que el nivel óptimo técnico (NOT), es aquel que se obtiene en el punto más alto, punto de inflexión, de la curva de la función de producción. En ese punto, la primera derivada de la función se iguala a cero, en consecuencia, la pendiente puntual es cero. El *NOT* se conoce también como punto de máxima producción y donde la variable dependiente alcanza su valor más alto, no habiendo otro valor de X (la variable independiente) que supere o rebase dicho valor. El NOT no es punto de maximización de ganancias, solo representa el máximo valor que puede producir la utilización del insumo variable y su efecto sobre la variable de respuesta. Por tanto, la función de producción, solo tiene efecto en el corto plazo, periodo de tiempo en el que al menos un insumo, de todos, es fijo. En adición, el nivel óptimo económico

(NOE), es un punto de optimización donde sí es importante conocer el valor del insumo variable que representa la obtención de la máxima ganancia en dinero.

Aquí, no es importante determinar el valor más alto de la variable dependiente. El punto del NOE se localiza dentro de la curvatura del gráfico, poco antes del NOT, en lo que se llama etapa II de la función de producción (Ver Nicholson, 2007). El valor de X que representa el NOE se obtiene al igualar la primera derivada de la función de producción a la relación de precios del insumo y del producto, por así llamarle X y Y. En cada óptimo se obtiene un nivel de ganancia, solo que al NOE esta es mayor que al NOT, de ahí que también por eso sea la etapa rentable de producción (Nicholson, 2007).

Así pues, el primer caso que se analiza es el de un diseño en bloques al azar. Se utilizaron 24 corderos Pelibuey engordados en corraletas individuales, con cuatro niveles de inclusión de frijolina en una dieta integral. Se probaron dos modelos estadísticos, en el primero se analizó el efecto de la ganancia de peso (P) en función al alimento (A) y, el segundo la ganancia de peso en función al número de semanas (SEM) de engorda. Los modelos estimados fueron:

$$\begin{array}{rclclcl}
 P & = & 2.4044 & + & 0.664A & - & 0.00309A^2 \\
 & & (6.063) & & (0.219) & & (0.0019) \\
 P & = & 19.471 & + & 1.6573SEM & - & 0.024166SEM^2 \\
 & & (0.6169) & & (0.0513) & & (0.0008)
 \end{array}$$

Los dos modelos presentaron significancia estadística (ANDEVA; $p < 0.01$) y se ajustaron a funciones de producción con rendimientos marginales decrecientes, por tanto, pueden deducirse los niveles óptimo técnico y óptimo económico. Para el ^{NOE} se utilizó como precio del insumo variable, considerado como el alimento, de 1.99 \$/kg de alimento y 24 \$/kg de peso *in vivo* a la venta de cada ovino. Los ingredientes utilizados y composición química de la dieta (véase cuadro 1) que se asignó a los ovinos durante el periodo experimental, permitieron demostrar que durante el tiempo de alimentación, no fue suficiente con que los animales obtuvieran el máximo peso para obtener la máxima ganancia en dinero, por el contrario, a un peso menor (NOE) la ganancia estimada fue mayor lo que constituyó una recomendación técnico económica en caso de haber tomado la decisión de venta.

Así, bajo las condiciones que se plantean, el máximo peso del animal, no necesariamente se traduce en mayores beneficios, al contrario, se encontró que la soya y la frijolina tuvieron el mismo efecto en la ganancia de peso de los ovinos, la diferencia fue que la frijolina tuvo un costo menor que la soya, lo que repercutió en un costo de producción inferior (véase cua-

dro 2). Bajo el experimento en cuestión, a un peso menor de los ovinos, con relación al NOT, la ganancia fue mayor, ello permite afirmar que el máximo peso del animal no implica la obtención de la máxima ganancia.

Con relación al modelo de óptimos económicos de cerdos *in vivo*, la información se obtuvo durante 2004, de una granja semi-tecnificada ubicada en Temascaltepec, estado de México. La granja es de ciclo completo, produce y engorda lechones para venderlos en el mercado local. Las cerdas fueron híbridas Yorkshire x Landrace y sementales Pietrain x Duroc. La alimentación fue con base a la etapa de crecimiento de los animales (gestación, lactación, preiniciación, iniciación, crecimiento y finalización. La integración y proceso de información consideró un paquete de alimento con un peso de 10 kilogramos (kg) como unidad de insumo variable.

Para la base de datos en cuestión, se consideró el modelo:

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

Donde P = Peso del cerdo en kg; a = unidades de alimento utilizado; β_i , para $i = 1, 2$, coeficiente de regresión.

La función de producción estimada fue:

$$P = -11.6496 + 4.7246a - 0.0321a^2$$

(-36.97) (324.03) (-209.59)

La $F_c = 99,999$ que expresa una alta significancia estadística (ANDEVA $p < 0.05$). Por su parte la bondad de ajuste fue 99.9% y el Durbin-Watson de 2.19 que indica ausencia de correlación entre las variables. En adición, los cambios en la variable dependiente e independientes son del mismo orden de magnitud (Rebollar *et al.*, 2008), por tanto, no existe evidencia de heterocedasticidad. De acuerdo al modelo estimado, en los cerdos cuando estos consumen una unidad de alimento adicional, su peso actual corresponde al anterior más la nueva ganancia de peso. 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; en consecuencia, la añadidura progresiva de factores productivos conducen a incrementos cada vez menores en el peso del animal, hasta llegar a un punto (en la gráfica en cuestión) a partir del cual este empieza a decrecer, situación que conduce al proceso productivo a una situación en la que ya ni siquiera es rentable continuar en la producción. En este sentido, la función estimada cumple con las características de la curva de una función de producción: presenta diferentes rendimientos a lo largo de la misma, presenta tres etapas definidas en términos de la utilización del insumo va-

Cuadro 1
Inclusión de ingredientes (% BS) y composición química
de la dieta en ovinos en corral

Ingrediente	Testigo	T1	T2	T3
Maíz	66.00	52.00	41.00	46.00
Soya	13.00	5.00	0.00	0.00
Frijolina	0.00	10.00	20.00	30.00
Salvado	15.00	15.00	14.00	0.00
Premezcla de vitaminas y minerales	6.00	6.00	5.00	4.00
Nutriente				
Proteína cruda (%)	13.50	13.50	13.50	13.50
Proteína no degradable en rumen (%)	4.27	4.51	4.75	4.99
Energía neta para mantenimiento (Mcal kg-1 MS)	1.74	1.73	1.72	1.71
Energía neta para ganancia de peso (Mcal kg-1 MS)	1.13	1.12	1.11	1.1
Calcio (%)	0.72	0.73	0.73	0.73
Fósforo (%)	0.64	0.66	0.68	0.70

riable, la concavidad de la misma permite la obtención de los NOT y NOE, la elasticidad de la producción es distinta a cada etapa, entre otras (Pindyck y Rubinfeld, 1998).

Por tanto, en la obtención de los óptimos económicos, como precio del insumo variable alimento y precio del producto (\$/kg de cerdo *in vivo*) se utilizó \$25.4 y \$16.0. Al realizar la operación matemática necesaria (Doll y Orazem, 1984), para obtener los respectivos valores tanto del insumo variable como del producto y determinar los NOT y NOE, se determinó el peso máximo que alcanzó el animal y el peso económico que representó la máxima ganancia en dinero (véase cuadro 3), en el caso de que se hubiese optado por vender el animal a ese nivel de peso. Al NOE el peso del animal es menor con relación al NOT, Sin embargo, la ganancia más alta se obtiene al NOE; por ello, no tiene sentido para algún productor, tratar de que el animal alcance un mayor peso, pues tal decisión no implica ganar más dinero en la venta del animal. Otro aspecto importante a considerar es el peso de cerdos que los obradores regionales consideran al momento de la compra *in vivo*. De hecho, el modelo estimado permite generar una base de datos en la que basta con llevar un histórico de precios del insumo

Cuadro 2
Comparación de ganancias monetarias a diferentes niveles de insumo variable en ovinos alimentados en corral

Variable	Nivel	Valor de X	Peso (kg) (Y)	IT (\$)	CT (\$)	G (\$)
A	NOT	107.46	38.10	914.40	196.11	718.29
	NOE	95.10	37.60	902.40	173.65	728.75
SEM	NOT	34.30	47.90	1,146.60	1.99	1,144.61
	NOE	34.26	47.88	1,149.24	1.11	1,148.13

IT = Ingreso Total. CT = Costo Total. G = Ganancia.

y del producto, para determinar el peso del animal a la venta y, lograr así mejor ganancia de la comercialización. Finalmente, por los resultados que se obtuvieron en esta investigación, no deben venderse animales menores a 66.79 kg de peso ni mayores a 162.17.

Cuando el costo del insumo variable es bajo, con relación al precio de venta del cerdo, la máxima ganancia podría obtenerse vendiendo los animales más pesados (cercano al NOT), y, viceversa, si el precio del insumo variables es alto, la máxima ganancia se obtendría cuando el peso del cerdo sea próximo a 66.79 kg.

Con relación a los óptimos económicos (NOT y NOE) en bovinos carne en engordados en corral, se utilizó información de consumo de alimento, producto de un dieta promedio utilizada en la región y ganancia semanal de peso de animales, a entrada en corral, con un peso vivo inicial (PVI) de 290 ± 13 kg y finalizados a un peso vivo final (PVF) requerido por el mercado de 520 ± 18 kg. La información provino de 10 animales Criollo x Charoláis, alimentados durante 13 semanas (mayo-junio de 2009) en una Unidad de Producción ubicada en Tejupilco, estado de México. Los animales estuvieron cinco días en corral como periodo de adaptación, previos al ciclo de engorda, además se les aplicó desparasitante y se vacunaron, debido a que provinieron de un sistema de producción diferente al corral, después se les asignó *ad limitum*, agua y alimento, este último en cantidades que no rebasaran los 12 kg/animal/día.

La mezcla de alimento balanceado (NRC, 2001) que se utilizó durante todo el ciclo de engorda (cuadro 4), se preparó por el propietario del hato, previa adquisición de insumos principales en la cabecera municipal de Tejupilco, la cantidad y costo de la mezcla fue a nivel de tonelada.

Los datos de consumo de alimento y ganancia de peso, por semana, se utilizaron para estimar aquella función de producción que mejor se ajustara a la Teoría Económica, para ello, el modelo propuesto fue el siguiente:

$$Y = \alpha + \beta_1 A_{i1} + \beta_2 A_{i2}^2 + \beta_3 A_{i3}^3 + \varepsilon_i$$

Donde:

Y = Peso del animal (variable dependiente), en kilogramos.

α = intercepto de la función.

β_i = Estimadores de la función, para $i = 1, 2, 3$.

A = Alimento, en kilogramos.

ε = Término de error estadístico, estocástico o aleatorio.

El modelo se estimó a través del procedimiento GLM (proc glm) del paquete estadístico SAS (Sistemas de Análisis Estadístico).

Finalmente, los resultados de costos de producción, consideraron aquellos gastos que el engordador realizó cuando el bovino alcanzó el nivel óptimo técnico (OT) o máximo peso, y luego se compararon, proporcionalmente, con aquellos gastos que el engordador haría si vendiera sus animales al peso referente al nivel del óptimo económico (OE) o de máxima ganancia en dinero, tal comparación puede leerse en Posadas *et al.* (2011).

El peso promedio de los bovinos, al finalizar el día siete de la primera semana fue 295 kg y 491.6 kg al día 119 de la última semana. Los datos se consideraron hasta este último valor debido a que en semanas posteriores, la ganancia de peso fue decreciente e implicó la etapa III de la producción (Doll y Orazem, 1984).

Por tanto, con la información en cuestión, el modelo que se estimó (Fc 157.42; $P < 0.05$) fue:

$$Y = 289.9458 - 33.0615A + 0.8220A^2 - 0.0048A^3$$

(11.2363) (4.99) (0.1302) (0.00084)

Los datos se ajustaron, estadísticamente, a una función de producción cúbica, con rendimientos marginales decrecientes. El signo negativo del factor cúbico, permite derivar los NOT y NOE (Gujarati, 2004). Los valores entre paréntesis significan los errores estándar de los estimadores del modelo, que al multiplicarlos por dos, el producto resultante es menor que el valor del estimador, lo que da garantía de significancia estadística en cada estimador (Gujarati, 2004). Por tanto, de acuerdo con Rebollar *et al.* (2008a, 2008b), el óptimo técnico o máximo peso *in vivo* de bovinos carne, se logró al momento en que estos llegaron a un PVF de 479.41 kg, con un consumo promedio de de mezcla de alimento/semana de 88.1 kg, resultado

Cuadro 3
Comparación de pesos y ganancias monetarias
al NOT y NOE en cerdos

Variable	Nivel	Valor de a (kg)	Peso (kg) (Y)	IT (\$)	CT (\$)	G (\$)
A	NOT	74	162.17	2,594.72	1,879.60	715.12
	NOE	49	142.77	2,274.72	1,246.60	1,028.12

dato por el modelo; esto es, 1 170.47 kg de alimento en todo el proceso. Así, al realizar el cálculo apropiado (Rebollar *et al.*, 2008a) para obtener el NOE, se dedujo que el punto de máxima ganancia en dinero, para el engordador, se habría logrado cuando el animal alcanzara 461.92 kg de peso y consumiera 86.53 kg de alimento por semana, esto es, 974.20 kg de alimento en todo el proceso.

En la determinación del NOT y NOE, para demostrar que al NOE la ganancia en dinero fue mayor que al NOT, se consideró como precio del producto (Py) \$ 20/kg *in vivo* a la venta y como precio de la unidad de insumo variable (Px) de 2.67 \$/kg. La comparación tanto del ingreso total, costo total y ganancia se presenta en el cuadro (5). Adicionalmente, una vez desglosados los costos, la ganancia estimada por kilogramo de peso *in vivo*, de haberse vendido la unidad animal, fue mayor al NOE que al NOT. Por tanto, de prevalecer las condiciones planteadas en la investigación y con solo actualizar el precio del insumo variable y del producto, al engordador no le conviene tratar de llevar al animal al máximo peso posible.

En el modelo de óptimos económicos aplicado a cortes (primarios, secundarios y terciarios) de carne en canal de cerdo, se utilizó información del peso de canales calientes, de cortes primarios, secundarios y terciarios, proveniente de tres carnicerías seleccionadas por intención (Cochran, 1984), una ubicada en Valle de Bravo y dos en Tejupilco, ambos pertenecientes al Estado de México. Los datos se obtuvieron de 50 cerdos híbridos (PIC 406 x 23) (PV 98,6 ± 7,2 kg, edad 150 ± 5 d) sacrificados en el Rastro Municipal de cada municipio por cada una de las carnicerías, de febrero a junio de 2012. El valor del peso de la canal y de los tres cortes se obtuvo por animal sacrificado. El peso de cortes primarios incluyó la suma de lomo, costillas, piernas y espaldillas; los cortes secundarios, espinazo y codillo o chamorro; y los cortes terciarios, cabeza, patas y cuero, por cada cerdo. Para lo anterior, se utilizó una báscula de precisión (Ohaus®), con error de 20 g.

A continuación se desglosan conceptos que se utilizaron en el análisis de resultados.

Cuadro 4

Composición de la dieta de alimento para bovinos carne en Tejupilco, estado de México

Ingrediente	Presentación	Cantidad (kg)	Costo (\$/kg)	Costo de dieta (\$/kg)	Costo total (\$/t)
Mazorca molida	Molida	476.19	2.80	1.32	1323.75
Sorgo	Molido	119.05	3.00	0.35	347.56
Salvado	Molido	119.05	2.75	0.32	317.80
Pollinaza	Original	119.05	1.70	0.19	192.80
Zacate	Molido	119.05	1.80	0.20	204.71
Soya	Molido	23.81	6.37	0.14	142.09
Sales minerales	Saltec	23.81	6.50	0.15	145.18
Total		1 000.00	24.92	2.67	2 673.89

Canal de cerdo

Es el cuerpo entero del animal sacrificado tal y como se presenta después de las operaciones de sangrado, eviscerado y desollado, entero o seccionado por la mitad, sin lengua, cerdas, pezuñas, órganos genitales, manteca, riñones ni diafragma. Esta definición es también la de SAGARPA en México, a través de la Norma Oficial Mexicana: NMX-FF 081, 2003 (DOF, 2011).

Rendimiento de la canal

Se entiende como la relación entre el peso de la canal y el peso vivo expresado en porcentaje. La NMX 081 menciona que el rendimiento en canal es la proporción del peso de ésta expresada en porcentaje, respecto al peso vivo (PV). Se puede calcular en referencia a la canal caliente o en frío (determinado el porcentaje de la merma de la canal en frío).

Cortes primarios: piernas, espaldillas, lomos, cabezas de lomo, costillas, falda o tocino.

Cortes secundarios: espinazo y codillo o chamorro.

Cortes terciarios: cabeza, patas y cuero (DOF, 2011).

La información de cortes primarios, secundarios y terciarios se ajustaron, por separado, a modelos estadísticos con grado de la variable distinto (modelos uniecuacionales) y conformaron la variable independiente en cada uno de ellos. La variable dependiente, para los tres modelos, fue el peso de la

canal. La meta fue encontrar aquel modelo que mejor se ajustara a una función de producción con rendimientos marginales decrecientes y, determinar los niveles óptimo técnico (NOT) y óptimo económico (NOE) a nivel de cortes primarios, secundarios y terciarios. Los modelos propuestos fueron:

$$Y = \alpha + \beta_0 X + \beta_1 X^2 + \beta_2 X^3 + \varepsilon_i$$

$$Y = \alpha + \beta_0 X_1 + \beta_1 X_1^2 + \varepsilon_i$$

$$Y = \alpha + \beta_0 X_2 + \beta_1 X_2^2 + \varepsilon_i$$

Donde Y = peso de la canal; B_i = parámetros del modelo; X = peso de cortes primarios; X_1 = peso de cortes secundarios; X_2 = peso de cortes terciarios; α = intercepto; ε = error estadístico, estocástico, aleatorio. El óptimo técnico (NOT) o de máxima producción, se obtuvo igualando el producto marginal (PMg) a cero, e implicó el punto de máxima producción representado por la variable dependiente. En tanto que el nivel óptimo económico (NOE), se obtuvo al igualar el PMg a la relación de precios (del insumo y del producto) (Rebollar *et al.*, 2008a; Rebollar *et al.*, 2008b; Rebollar *et al.*, 2011). Para los cortes primarios, se utilizó un precio promedio de 39.0 \$/kg, cortes secundarios y terciarios 15.0 \$/kg y 52 \$/kg y como precio del producto, esto es P_y de 52.04 \$/kg. Los modelos econométricos se estimaron por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y se ajustaron a través del paquete estadístico SAS, en su versión para Windows (2009), con el uso del GLM (General Linear Model).

Con base en el registro de datos de campo, a nivel de corte, el modelo estimado para cortes primarios fue:

$$Y = 177.92 - 7.6514X + 0.1663X^2 - 0.0010576X^3$$

(253.5) (15.6) (0.31) (0.0021)

Para cortes secundarios:

$$Y = -28.9601 + 19.1879X - 0.8048X^2$$

(64.30) (13.53) (-0.80)

Y, para cortes terciarios:

$$Y = -66.9915 + 14.2024X - 0.3376X^2$$

(63.49) (6.15) (0.14)

En los tres modelos, los números entre paréntesis fueron errores estándar de cada estimador de la función de producción, en su caso, de cada

Cuadro 5
Ingreso, costo y ganancia al NOT y NOE
en bovinos carne en corral

Concepto	NOT	NOE
a) Ingreso total (IT) (\$/animal)	9 588.20	9 238.40
Peso Vivo Final (kg)	479.41	461.92
Precio de venta (\$/kg)	20.00	20.00
b) Costo de adquisición (\$/animal)	5 249.00	5 249.00
Peso Vivo Inicial (kg)	290.00	290.00
Precio de compra (\$/kg)	18.00	18.00
Flete (\$/animal)	29.00	29.00
c) Ganancia bruta (\$/animal) (a - b)	4 339.20	3 989.40
Menos:		-
d) Costos de producción (\$/animal)	3 769.68	3 132.88
Variables directos	3 656.63	3 060.49
Alimento (dieta) (\$/t)	3 125.15	2 601.11
Salarios (prep. alimento y mano de obra (\$/animal))	387.36	327.06
Desparasitantes (\$/animal)	67.06	55.66
Trasporte del alimento (\$/t)	31.50	31.50
Vitaminas (\$/animal)	43.00	43.00
Agua (\$/animal)	2.56	2.16
Variables indirectos	31.95	26.99
Renta del terreno (\$/animal)	31.95	26.99
Variables de distribución y venta (\$/animal)	25.00	25.00
Uso de báscula pública (\$/animal)	10.00	10.00
Regulación sanitaria (\$/animal)	5.00	5.00
Permisos de propiedad (\$/animal)	10.00	10.00
Fijos indirectos	56.10	47.39
Depreciación de cercas (\$/animal)	18.53	15.65
Depreciación de comederos (\$/animal)	15.55	13.13
Depreciación de bebederos (\$/animal)	7.47	6.31
Depreciación de equipo de trabajo (\$/animal)	1.78	1.51
Depreciación de bodega (\$/animal)	12.77	10.79
e) Ganancia neta (\$/animal) (c - d)	569.52	856.52
f) Costo total de producción (\$/kg)	18.81	18.15
g) Ganancia neta por kilogramo (\$/kg)	1.19	1.85

modelo estimado. El signo negativo, tanto en el monomio cúbico y cuadrático, es el que se esperaba, según la teoría económica. La obtención de tal signo permitió derivar los niveles óptimo técnico y óptimo económico en cada de las funciones de producción. Por el contrario, matemáticamente hablando, si en el modelo de segundo y tercer grado, el signo no fuese negativo, entonces, no hay método alguno que permita deducir los óptimos económicos. En otras palabras, el modelo estimado no es útil para analizar los óptimos de acuerdo a la teoría económica. La función de producción tiene su aplicación en el corto plazo, periodo en el que solo puede modificarse la utilización de insumos variables, en tanto los fijos permanecen sin cambio alguno, de ahí la teórica ley de los rendimientos físicos marginales decrecientes (Nicholson, 2007).

De hecho, la ley anterior, puede observarse y comprobarse en cada uno de los modelos estimados, al no existir otro valor de X , que es la cantidad de insumo variable, que proporcione una magnitud mayor de producción por arriba del óptimo técnico; es decir, donde la pendiente, en ese punto de la curva de producto total, sea cero. Por tanto, valores inferiores o superiores del insumo variable que produce el NOT, implican valores del producto total menores, incluso negativos, lo que da constancia de la ley de los rendimientos decrecientes (Doll y Orazem, 1984).

Para los tres modelos, el valor del insumo variable que representó el NOT fue mayor con relación al NOE (véase cuadro 6), resultados coherentes con la teoría económica de la producción. Al considerar el precio actual del insumo y del producto, la ganancia monetaria que se obtuvo al NOE fue mayor que en el NOT. Por tanto, la máxima producción no siempre implica obtener la máxima ganancia en dinero. Adicionalmente, de acuerdo a los resultados del cuadro 6, a nivel de corte la mayor diferencia en dinero, se obtuvo con el modelo de cortes primarios (lomo, costillas, piernas, espaldilla); sin embargo, lo importante en estas metodologías, es poder demostrar bajo la concepción la teoría económica, que datos reales, se obtendría mayor ganancia en dinero al NOE que al NOT. Sin lugar a dudas, deducciones que podrían ser de importancia para productores conscientes de ello y que realmente desearan utilizar estos resultados en sus decisiones de producción.

CONCLUSIONES

La teoría económica de la producción, es una herramienta científica útil en procesos productivos de corto plazo. Puede aprovecharse para medir niveles de optimización en la utilización de insumos variables y demostrar,

Cuadro 6**Desglose de costo, ingreso y ganancia para el NOT y NOE en cortes de carne de cerdo en canal, octubre de 2011**

Concepto	Nivel Óptimo Técnico	Nivel Óptimo Económico	Diferencia
Cortes primarios			
Valor de X	70.71	62.31	
Valor de Y (kg en canal)	94.47	90.96	
Costo Total (\$)	2 757.70	2 429.70	
Ingreso Total (\$)	4 916.20	4 733.60	
Ganancia (\$/canal)	2 158.50	2 303.90	145.40
Cortes secundarios			
Valor de X	11.92	11.68	
Valor de Y (kg en canal)	85.40	85.36	
Costo Total (\$)	178.80	175.20	
Ingreso Total (\$)	3 330.60	3 329.04	
Ganancia (\$/canal)	3 151.80	3 153.82	2.02
Cortes terciarios			
Valor de X	21.03	20.46	
Valor de Y (kg en canal)	82.38	82.26	
Costo Total (\$)	315.45	306.90	
Ingreso Total (\$)	3 212.82	3 208.14	
Ganancia (\$/canal)	2 897.40	2 901.20	3.80

con una eficiente toma de datos, que no siempre la máxima producción, en la generación de un bien, implica obtener la máxima ganancia monetaria posible.

En esencia, para los estudios de caso analizados en este trabajo, la ganancia monetaria estimada en cada uno de ellos, fue siempre mayor al NOE que el NOT, ello permite generar estrategias de producción, así como bases de datos confiables, donde solo se actualice el precio del principal insumo variable utilizado y del producto, con base en esa información, los modelos pueden sugerir modificar el dato de la variable dependiente para obtener

la mejor ganancia del proceso, si se decide la venta del producto en ese momento.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ALMANZA, C.J. 2010. "El consumo de carne en México". En: *Termómetro Financiero*, Número 17. Sección Agronegocios. FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura). (Fecha: 19 de febrero de 2010). p. 17.
- CABELLO, M.A. 2009a. "Oportunidad en carne de puerco". En: *Termómetro Financiero*, Número 24. Sección Agronegocios. FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura). (Fecha: 20 de agosto de 2009). p. 24.
- CABELLO, M.A. 2009b. "El puerco a futuro". En: *Termómetro Financiero*, Número 20. Sección Agronegocios. FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura). (Fecha: 18 de septiembre de 2009). p. 20.
- COCHRAN, W. 1984. *Técnicas de muestreo*. Ed. C.E.C.S.A., México, D. F.
- DOF. 2011. *Diario Oficial de la Federación*. Norma Oficial Mexicana NMX-FF 081, 2003. Productos pecuarios-carne de porcino en canal-calidad de la carne-clasificación. En: <http://cide.uach.mx/pdf/normas%20mexicanas%20nmx/industria%20agropecuaria/productos%20pecuarios.%20carne%20de%20porcino%20en%20canal.pdf> (13 de octubre de 2011)
- DOLL, J. P., y Orazem, F. 1984. *Production Economics. Theory with Applications*. Second Edition. John Wiley Sons. Canadá.
- FAO. 2011. Food and Agricultural Organization United Nations. Database-Ganadería. <http://faostat.fao.org/site/569/default.aspx>. (23 de junio de 2011).
- FIRA (fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura). 2003. *Perspectivas de la red carne bovino*. Morelia, Mich. México. Pp. 18-24.
- FIRA (fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura). 2011. *Panorama Agroalimentario Carne de bovino 2010*. 19 p.
- GUJARATI, D. N. ECONOMETRÍA. 2004. Cuarta Edición. Editorial Mc Graw Hill. México, D. F. 972 p
- LEROY, M. R., y Meiners, E. R. 1990. *Microeconomía*. Tercera edición. Ed. Mc Graw Hill. Naucalpan de Juárez, Estado de México. 703 p.

- MANKIW, N. G. 2007. *Principios de economía*. Cuarta edición. Ed. Thomson. Madrid, España. 629 p.
- NICHOLSON, W. 2007. *Teoría microeconómica. Principios básicos y ampliaciones*. Novena edición. Ed. Cengage Learning. México, D. F. 671 p.
- PINDICK, S. R., y Rubinfeld, L. D. 1998. *Econometría, modelos y pronósticos*. Cuarta edición. Ed. Mc Graw Hill. México, D. F.
- POSADAS, D. R. R., Rebollar, R. S., Hernández, M. J., González, R. F. J., Rebollar, R. A., Guzmán, S. E. 2011. "Niveles de optimización económica en bovinos engordados en corral". pp. 55-61. En: *Administración, Agrotecnología y Redes de conocimiento*. Editores: Ana María de Guadalupe Arras Vota y Ofelia Adriana Hernández Rodríguez. Editorial Pearson. Prentice Hall. 144 p.
- REBOLLAR, R. S., Gómez, T. G., Hernández, M. J., Rojo, R. R., González, R. F. J., Avilés, N. F. 2008a. "Determinación del óptimo técnico y económico en una granja porcícola en Temascaltepec, Estado de México". *Ciencia Ergo Sum*, 14 (3): 255-262.
- REBOLLAR, S., J. Hernández, F.J. González, P. Mejía y D. Cardoso. 2008b. *Óptimos económicos en corderos Pelibuey engordados en corral*. Universidad y Ciencia 24 (1): 67-73.
- RUIZ, F. A., Sagarnaga, M. L., Salas, V. J. M., Mariscal, A. V., Estrella, Q. H., González, A. M., Juárez, Z. A. 2004. *Impacto del TLCAN en la cadena de valor de bovinos para carne*. Universidad Autónoma Chapingo.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN (SAGARPA). 2004. *Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino en México*. Coordinación General de Ganadería.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN (SAGARPA). DDR 076. 2006. *Información Estadística. Distrito de Desarrollo Rural 076 de Tejupilco*, Estado de México. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg>.