

DETERMINACIÓN DEL NIVEL ÓPTIMO TÉCNICO Y ECONÓMICO EN OVINOS DORPER EN CONFINAMIENTO

Samuel **Rebollar-Rebollar**^{*}, Héctor Hugo **Velázquez-Villalva**, Germán **Gómez-Tenorio**

Universidad Autónoma del Estado de México-Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Km. 67.5, carretera Toluca-Temasaltepec. Colonia Barrio de Santiago sn, Temascaltepec, Estado de México, México. 51300.

^{*}Autor de correspondencia: srebollarr@uaemex.mx

RESUMEN

La función de producción, como una relación técnica insumo-producto, es útil para demostrar que no siempre, la máxima producción, implica la máxima ganancia en dinero. Con el objetivo de determinar el nivel óptimo técnico y económico en ovinos Dorper en confinamiento, se utilizó una función de producción polinómica de segundo grado, de diciembre de 2022 a febrero de 2023, con información proveniente de dieciocho ovinos machos Dorper confinados en jaulas individuales, en las instalaciones del Rancho El Salitre, del Centro Universitario UAEM (Universidad Autónoma del Estado de México) Temascaltepec, distribuidos completamente al azar, con peso vivo inicial de 30.4 ± 3.4 , peso vivo final 58.7 ± 2.8 y alimentados durante nueve semanas con dieta comercial. Los resultados mostraron que, la cantidad de alimento acumulado, peso y ganancia en dinero al nivel óptimo técnico, fue 242.4 kg de alimento, 59.4 kg de peso vivo final y 981.1 pesos, promedio por cabeza y al nivel óptimo económico de 109.6 kilogramos de alimento, 50.6 kg de peso vivo final y 2,521.9 pesos. Se concluye que, el máximo peso del ovino en confinamiento, no necesariamente, significa obtener la máxima ganancia en dinero.

Palabras clave: corderos Dorper, función de producción, máxima ganancia en dinero, máxima producción, optimización.

INTRODUCCIÓN

La producción de carne de especies pecuarias, tanto de interés zootécnico, como de interés económico, se considera esencial en la nutrición humana y constituye, una fuente importante de generación de ingresos para aquellos que se dedican a tal actividad (Calderón *et al.*, 2023). En 2022, se produjeron en el orbe 274.3 millones de toneladas (t) de carne de todas las especies pecuarias de interés económico y zootécnico, de las cuales, 113.8 millones (41.5%) de t de carne en canal, provinieron, principalmente, de los porcinos, 36.9% correspondió a la de pollo y el resto, a los bovinos carne. En los últimos seis años, es decir, de 2017 a 2022, la carne de pollo, registró un mayor crecimiento con relación a la de cerdo y res. En este ámbito, los principales productores mundiales de carne en 2022, fueron China, Estado Unidos, Brasil, Rusia y México, quienes contribuyeron con 76.4% del total, del que México aportó 2.8% (Consejo Mexicano de la Carne-COMECARNE, 2023). En el mismo año 2022, el consumo mundial de carnes, se ubicó en 268.6 millones de t, liderado en primer lugar por China (30.5%), Estados Unidos (15.1%) y la Unión Europea (13%). En donde, la ingesta cárnica por habitante más alta en el mundo, la tuvo Estados Unidos, con 119 kilogramos; sin embargo, por tipo de proteína, este país encabeza la carne de pollo, con un consumo por habitante de 52 kilogramos (kg), Argentina lideró la de bovino con 50 kg y la Unión Europea la de cerdo, con 45 kg *per cápita* (COMECARNE, 2023).

Citation: Determinación del nivel óptimo técnico y económico en ovinos Dorper en confinamiento. 2024. Rebollar-Rebollar S, Velázquez-Villalva HH, Gómez-Tenorio G. Agricultura, Sociedad y Desarrollo <https://doi.org/10.22231/asyd.v21i4.1670>

Editor in Chief:
Dr. Benito Ramírez Valverde

Received: November 23, 2023.
Approved: March 7, 2024.

Estimated publication date:
September 27, 2024.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International license.



En 2022 en México, se consumió 76.9 kg de carne, de los cuales, por tipo de proteína, la de pollo resaltó en primer lugar, le siguió la de cerdo y al final la de res. Sin lugar a dudas, en el total del consumo *per cápita* de carne, se incluyen otras fuentes de proteína como la de ovino y caprino, cuya ingesta por persona, no ha rebasado los 500 gramos al año. En México, la carne de ovino, es la cuarta fuente de proteína animal para los consumidores, después de las aves, porcinos y bovinos (Calderón *et al.*, 2023).

En este mismo año (2022), la producción mexicana de carne en canal de ovino, se ubicó en 67,235 t extraídas de un volumen *in vivo* de 8.7 millones de cabezas, representadas, en primera posición, por el Estado de México, quien contribuyó con 13.7% del total nacional, en segundo lugar, figuró el Estado de Hidalgo con 10%, en la tercera posición estuvo el Estado de Veracruz con 8.8%, Jalisco 7.5%, Puebla con 6.7%, Zacatecas 6.6%, Tlaxcala 4.6%, San Luis Potosí 4.5%, Oaxaca 3.7% y Guanajuato con 3.6% cada uno. Como parte del consumo total, el país llevó a cabo, compras externas por un total de 1,375 t de carne ovina, provenientes, principalmente de Australia, Estados Unidos, Nueva Zelanda y Chile; también realizó ventas externas, de la misma carne, por 644 t a sus clientes principales, que fueron Estados Unidos, Hong Kong y Emiratos Árabes, con lo que el Consumo Nacional Aparente, se ubicó en 67,966 t, correspondientes a un consumo *per cápita* o ingesta por persona de 500 g (COMECARNE, 2023).

El objetivo de este trabajo, fue determinar el nivel óptimo técnico y económico, en ovinos Dorper en confinamiento. La hipótesis señala que, bajo un sistema de engorda en confinamiento, el peso máximo del ovino, no necesariamente corresponde a generar la máxima ganancia en dinero a la venta.

MARCO TEÓRICO

Sin duda, la producción de carne, representa una actividad que es totalmente necesaria para cubrir necesidades nutricionales de los seres humanos, pero también funge como actividad, primaria o secundaria, dinamizadora en la generación de ingresos y generación de empleos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO, 2023). En adición, la carne de ovino, posee características nutrimentales y organolépticas, que incrementan su valor (Sañudo *et al.*, 2012) y se aprecia por el aporte de energía, proteínas, aminoácidos, ácidos grasos, minerales y vitaminas (FAO, 2020). En los sistemas de producción intensivos, la alimentación de los ovinos, permite acumular más tejido adiposo intramuscular y subcutáneo, lo que impacta en el rendimiento, características morfométricas, conformación y grado de las canales (Guedes *et al.*, 2018).

En México, la carne de ovino proviene de aquellos sistemas productivos, en los cuales, mediante la zootecnia de la especie *Ovis aries*, se obtienen productos generados por ésta, principalmente carne, leche y lana (De Lucas *et al.*, 2003). El tipo de productos y la forma en la que los mismos se obtienen, depende de cada sistema de producción, por lo tanto, sus características son muy diversas, además, esos sistemas de producción, dependen de los recursos disponibles y las estrategias de producción del agroproductor (Vázquez *et al.*, 2009) y que, mediante el análisis de sistemas, permite identificar (Borroto *et al.*, 2011).

En México, con base en el grado de utilización de los recursos disponibles por parte de los productores, para su producción, la tecnología y la capacidad de producción, se identifican tres sistemas de ovinocultura, el predominante llamado sistema extensivo o de ovinocultura social, también denominado como tradicional, en el que su alimentación, se centra en el pastoreo sobre las orillas de caminos vecinales y pastizales en zonas de conservación; pero subyace también, la alimentación mixta (semi-intensivo), basada en avena y ebo, que se cultivan en tierras de los mismos ovinocultores, y el intensivo, en el que los animales se confinan en instalaciones provistas de corrales, comederos y bebederos (Herrera *et al.*, 2019).

Todo proceso productivo de cualquier índole, necesariamente, requiere de la utilización de insumos, con el propósito de obtener un producto final en tiempo y forma. Cuando esos insumos se utilizan en un cierto periodo de tiempo para la producción, se dice que esta última, es entonces, una función de tales insumos, lo que se conoce como función de producción (Portillo *et al.*, 2015). Así, desde la teoría microeconómica, toda función de producción, expresada como la relación técnica input-output, tiene su aplicación en el corto plazo, entendido como aquel periodo de tiempo en el que al menos, uno de todos los insumos es fijo (Parkin y Loría, 2015; Rebollar *et al.*, 2022).

Por lo tanto, dada la tecnología, los insumos fijos y el sistema de producción en cuestión, la carne proveniente de ovinos *in vivo*, requiere de la utilización de insumos variables, principalmente, el alimento (ya sea que éste, provenga de una dieta pre-elaborada o comercial), mismo que se transforma en carne durante un cierto periodo de tiempo (Rebollar *et al.*, 2008). Por lo que, durante el proceso de producción, biológicamente, el insumo que más impacta en la ganancia de peso de los animales, es el tipo de alimentación (Rebollar *et al.*, 2015).

Conforme transcurre el tiempo de engorda y al considerar el peso vivo inicial (PVI) y el peso vivo final (PVF) del animal, durante las primeras semanas del proceso, la tasa de ganancia de peso vivo de los ovinos, es creciente; después, en algún momento de ese tiempo y en continuidad con la utilización del alimento, la ganancia de peso del animal, se vuelve decreciente y después, pese a que éste continúa alimentándose, ya no gana peso, por lo que presenta tasas decrecientes (Rebollar *et al.*, 2008).

La situación anterior y bajo el enfoque de la teoría microeconómica de la producción, significa entonces, que es posible generar dos óptimos, el primero se conoce como nivel óptimo técnico (NOT) (o punto de máxima producción o también, como peso máximo del ovino) y el segundo, llamado nivel óptimo económico (NOE), punto o nivel de máxima ganancia en dinero. En este nivel de optimización, es decir, en el NOE, no necesariamente corresponde o se asocia a la máxima producción (Rebollar *et al.*, 2008; Rebollar *et al.*, 2014).

La función de producción, se considera como parte importante en el análisis económico de la empresa (Parkin y Esquivel, 2015). Dentro de la teoría microeconómica de la producción, aquella relación técnica insumo-producto (*input-output*) conocida como *función de producción*, se concibe como una lista, cuadro o expresión matemática, que muestra la cantidad máxima de producto total que se puede obtener, con una cierta cantidad de insumos fijos y variables, dada la tecnología y el estado del arte del productor (Pindyck y Rubinfeld, 2013; Nicholson y Snyder, 2015; Rebollar *et al.*, 2022).

En lo general, toda actividad productiva requiere de la utilización de insumos tanto fijos como variables; los primeros no cambian cuando cambia la producción, no dependen del mercado, permanecen haya o no producto para la venta y no cambian en el corto plazo; por el contrario, los segundos, dependen de la producción, cambian cuando la producción se modifica y varían con relación al plazo de tiempo en el que se genere el producto final; esto es, son insumos, cuya utilización cambia en el corto plazo (Portillo *et al.*, 2015).

En continuidad con la lógica de temporalidad, se afirma que el corto plazo es aquel periodo de tiempo, generalmente, menor o igual a un año, o a un ciclo de producción, en el que, al menos, uno de todos los factores inmersos en la producción, cumple con la característica de ser fijo; en cambio, el largo plazo, se concibe como un periodo de tiempo, en el que todos los insumos son variables. Por tanto, el largo plazo es una decisión de inversión o una situación caracterizada por la planeación de la inversión. En ese plazo se decide si se invierte, se reinvierte o, simplemente, se clausura un proceso productivo (Leroy y Meiners, 1990; Graue, 2006; Parkin y Loría, 2015; Rebollar *et al.*, 2021a).

En el ámbito de la teoría microeconómica de la empresa (Portillo *et al.*, 2015), existen situaciones en las que la producción, debe pasar por ciertas etapas desde el punto de vista temporal. En el corto plazo, dicha producción transita por tres etapas con características que han sido observables en cada una de ellas (Leroy y Meiners, 1990; Mankiw, 2012). En la primera, la producción presenta tasas crecientes, positivas y mayores que la unidad, los rendimientos son crecientes a escala, el producto marginal (PMg), como el aumento en el producto total, ante el incremento unitario de utilización del insumo variable, es mayor en cuantía, que el producto medio o producto promedio (PMe). En esta etapa, cada unidad adicional del insumo variable (ejemplo el alimento), produce una cantidad adicional de output que aumenta, lo cual, se debe a la mejor utilización de los insumos fijos. Matemáticamente, ello se observa cuando la pendiente de la función de producción (producto marginal), es creciente (Reeza y Farhi, 2019); la elasticidad de la producción, es mayor que 1.0 y se afirma que, esta etapa, no es rentable, debido a que se desaprovecha eficiencia técnica del insumo variable (Leroy y Meiners, 1990).

En la etapa II, los rendimientos a escala son decrecientes pero positivos, el PMg es menor que el PMe (Rebollar *et al.*, 2022), ambos positivos, el producto marginal del insumo variable comienza a disminuir. Aquí, es donde opera la mayoría de las empresas, porque maximiza la eficiencia y eso ocurre, debido a limitaciones en los insumos fijos, que no permiten una utilización óptima del insumo variable adicional (Barreto, 2009); la elasticidad de la producción, toma valores mayores que cero, pero menores que 1.0 y es la etapa rentable del proceso productivo, debido a que se aprovecha la eficiencia máxima del insumo variable (Doll y Orazem, 1984; Rebollar *et al.*, 2021b). La etapa III del proceso productivo, en el corto plazo, manifiesta rendimientos decrecientes a escala negativos. En esta etapa, añadir más del insumo variable reduce el output total, debido a la sobresaturación de insumos variables que causa ineficiencias; el PMg, además de tomar valores menores que cero, es menor que el PMe; la elasticidad de la producción, toma valores menores que cero, por lo que cantidades adicionales sucesivas de utilización del insumo variable, durante dicho proceso, ya no se traducen en incremento de

la producción, por lo que se considera una etapa no rentable (Rebollar *et al.*, 2008; Rebollar *et al.*, 2022).

Durante la ocurrencia de las tres etapas de la producción, una afirmación empírica que ha tomado realce, es la ley de los rendimientos físicos marginales decrecientes, la cual, afirma que, en el corto plazo, unidades añadidas de insumo variable a la producción, en algún momento en el tiempo, el producto obtenido, comienza a ser cada vez menor. Se dice que esa ley, no es una proposición lógica, por lo que no es susceptible de someterse a comprobación ni refutación matemática y se traduce solamente, en una aseveración orientada a las relaciones físicas que, en función a lo que se ha observado, se cumplen en el mundo real (Leroy y Meiners, 1990).

METODOLOGÍA

Para determinar los niveles óptimo técnico (NOT) y óptimo económico (NOE) (Rebollar *et al.*, 2008), se utilizó información de ganancia de peso in vivo y consumo de alimento *ad libitum*, proveniente de dieciocho borregos machos Dorper distribuidos al azar y confinados en corraletas individuales durante nueve semanas (diciembre 2022-febrero 2023), en las instalaciones de la Posta Zootécnica del Centro Universitario UAEM (Universidad Autónoma del Estado de México) Temascaltepec. Los ovinos, estuvieron en un periodo de adaptación de cinco días previo al inicio del experimento y la toma de datos. El peso vivo inicial (PVI), fue de 30.0 ± 3.7 kg. Los borregos, consumieron alimento balanceado para la etapa de finalización, la cual, cumplió con los requerimientos alimenticios para borregos de 30 kg de peso vivo (Cuadro 1).

Los animales, se pesaron de forma individual cada siete días por la mañana, con la utilización de una báscula con error de 20 gramos (g), con capacidad de 50 kg. Asimismo, se contabilizó la cantidad de alimento individual consumido a través del alimento ofrecido, menos el rechazado (o desperdiciado). En la primera semana del experimento, los animales consumieron, en promedio, 21 ± 1.5 kg, posteriormente, se les incrementó la cantidad paulatinamente.

La toma de datos, terminó en la semana nueve, debido a que, biológicamente, el animal ya estaba presentando ganancia de peso menor a la observada en la semana previa

Cuadro 1. Composición de la dieta que consumieron los ovinos, valores en kg. Posta Zootécnica del CU UAEM Temascaltepec, diciembre 2022 a febrero de 2023.

Insumo	Dieta base A	Costo, insumo, \$/kg, B	Costo del alimento AxB
Sorgo (kg)	0.585	8.5	5.0
Rastrojo (kg)	0.100	3.5	0.4
Heno de alfalfa (kg)	0.100	7.0	0.7
Pasta de soya (kg)	0.185	13.0	2.4
Carbonato de calcio (kg)	0.005	2.0	0.0
Base mineral (kg)	0.025	36.0	0.9
Total (kg)	1.000		9.3

Fuente: elaboración propia.

(rendimiento marginal decreciente). El modelo estadístico (Rebollar *et al.*, 2008) que mejor se ajustó a la masa de datos, se observa en la ecuación 1.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 A^2 + \varepsilon \quad (1)$$

donde Y : peso semanal de los ovinos, en kilogramos; β_i para $i=0, 1, 2$: los parámetros del modelo; A : cantidad de alimento balanceado semanal, promedio, asignada a los ovinos, en kilogramos; ε : error estadístico o aleatorio.

Cabe mencionar que, también se probó el modelo cúbico aditivo, lineal en los parámetros y no lineal en las variables, pero no se ajustó, debido a que los signos que anteceden a los parámetros, eran contrarios a lo que se esperaba; en consecuencia, se optó por el modelo dado por la ecuación 1. Así, para la significancia estadística del modelo, se consideró la F-calculada, el R-cuadrado ajustado, R-cuadrado predicho, este último, con el propósito de presentar más evidencia del poder de pronóstico del modelo de regresión y t-calculada para cada estimador. La significancia económica, consideró la obtención del signo negativo que antecede al componente cuadrático del modelo, mismo que permitió generar la concavidad de la curva (función de producción) y con ello, el análisis del NOT y del NOE (Gujarati y Porter, 2010).

El nivel óptimo técnico (NOT), se obtuvo a través de la primera derivada matemática, conocida como producto marginal (PMg) de la función de producción igualada a cero (Rebollar *et al.*, 2008; Rebollar *et al.*, 2014; Rebollar *et al.*, 2018). Asimismo, la ganancia (G) (Rebollar *et al.*, 2022), en dinero al NOT, se generó mediante la resta aritmética del ingreso total (IT), menos el costo total (CT), dada por las ecuaciones 2, 3 y 4:

$$G = IT - CT \quad (2)$$

$$IT = P_Y Y \quad (3)$$

$$CT = P_A A \quad (4)$$

donde P_Y : precio del producto y P_A : precio de cada unidad de alimento que consumieron los ovinos. Para ello, como precio del producto, se utilizó el precio del ovino *in vivo* a la venta en pesos mexicanos por kilogramo (\$/kg) vigente en la zona, equivalente a 70 \$/kg y como precio del insumo variable (alimento comercial), 9.2 \$/kg.

El NOE (Rebollar *et al.*, 2008; Rebollar *et al.*, 2018), se obtuvo al igualar la función del PMg a la relación de precios, tanto del producto (P_Y) como del insumo (P_A), dada por la ecuación 5:

$$PMg = \frac{P_A}{P_Y} \quad (5)$$

Esta igualación, proporciona el valor de A (alimento), que garantiza la obtención del NOE. Los resultados del modelo estadístico, se obtuvieron mediante el procedimiento PROC REG de SAS (Sistema de Análisis Estadístico) en su versión en línea (SAS, 2021). Asimismo, para el resultado del R-cuadrado predicho, se utilizó la instrucción PRESS dentro del PROC REG de SAS.

RESULTADOS

Los estadísticos para la función de producción estimada en ovinos Dorper, se observan en el Cuadro 2; la columna del estimador, muestra la existencia de una función de respuesta o función de producción con rendimientos marginales decrecientes. La significancia estadística global fue alta; una F-calculada (F_c) alta al 95% de confiabilidad ($P < 0.05$). El coeficiente de determinación R-cuadrado ajustado, fue 0.997, por lo que 99.7% de la variación total en el peso de los corderos, se explicó mediante el modelo de regresión y representó un nivel satisfactorio de explicación del modelo, como un todo; en adición, el R-cuadrado predicho, fue de 99.3%, lo que da evidencia de poder satisfactorio de pronóstico de la regresión.

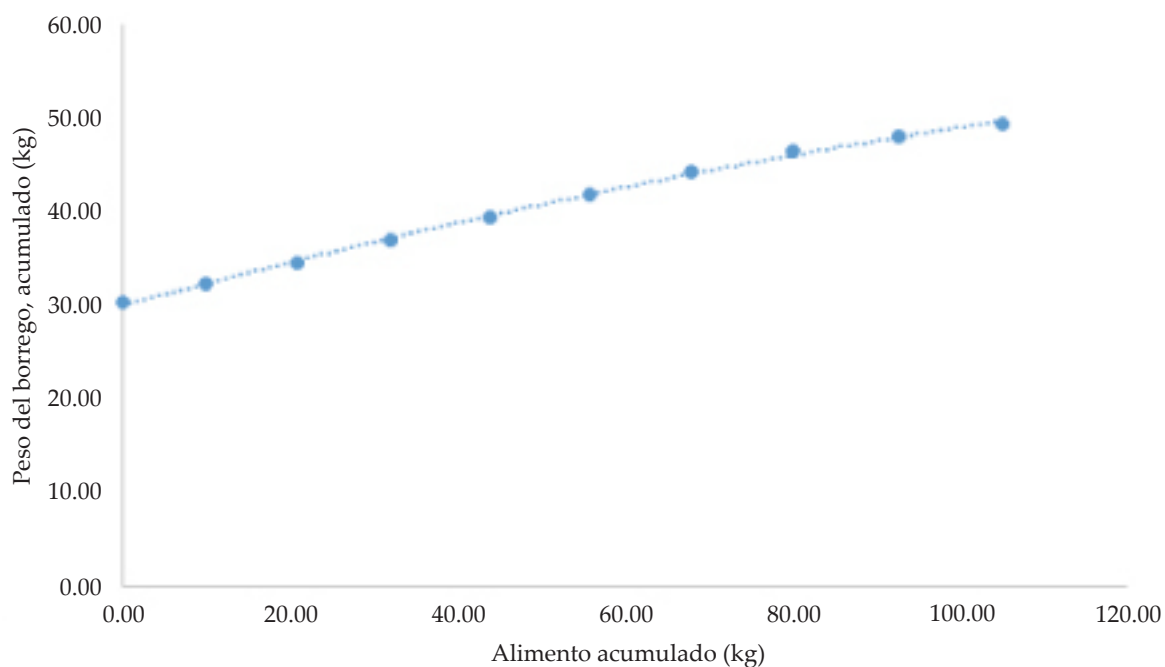
El valor del insumo variable acumulado equivalente al nivel óptimo técnico (NOT), punto de máxima producción o máximo peso del cordero, fue 242.4 kg de alimento. Esta cantidad de insumo variable, significó un peso máximo del animal de 59.38 kg; en consecuencia, unidades añadidas sucesivas de consumo de alimento por el animal, no se traducirán en un incremento de peso, por el contrario, a medida que el cordero continúe ingiriendo más alimento, conforme transcurran las semanas de engorda, es de esperarse, que la ganancia de peso presente tasas decrecientes, es decir, puede observarse una tendencia de peso menor, en contraste con el peso óptimo (Figura 1).

La cantidad de alimento correspondiente al nivel de máximo peso del cordero, fue mayor con relación a la que se registró al nivel óptimo económico. Adicionalmente, el peso en kilogramos del animal, el ingreso y el costo total por la venta, fueron superiores en comparación con los del nivel óptimo económico; sin embargo, la ganancia monetaria relacionada con el máximo peso del animal, fue menor a la que se obtuvo con el nivel óptimo económico, por lo que se prueba que no siempre, el máximo peso de los ovinos,

Cuadro 2. Función de producción estimada para ovinos Dorper en confinamiento, Temascaltepec, Estado de México, febrero 2023.

Predictora	Estimador	EE	t-cal	Significancia
Intercepto	30.00	0.20	118.30	$P < 0.05$
A	0.24	0.01	21.05	$P < 0.05$
A ²	-0.0005	0.0001	-4.82	$P < 0.05$
F-calculada	1843.9 ($P < 0.05$)			
R ² -ajustado	0.997			
R ² predicho	0.993			

EE: error estándar. T-cal: t calculada.
Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia, con datos del experimento en ovinos Dorper.

Figura 1. Insumo variable acumulado (alimento) y peso acumulado del borrego. Temascaltepec, Estado de México, 2023.

necesariamente signifique que el ovinocultor obtenga la ganancia más alta en dinero por la venta de los ovinos (Cuadro 3).

Conforme transcurrieron las semanas de engorda de los corderos Dorper en confinamiento, se pudo observar que el producto medio (PMe), producto marginal (PMg) y elasticidad de la producción (E_p), presentaron un comportamiento, al inicio, creciente; después, decreciente positivo y al final decreciente negativo, indicando las fases del proceso productivo. Cuando la elasticidad de la producción pasó de ser positiva a negativa, fue el momento crucial en el que el cordero, migró del máximo peso *in vivo*, a una situación de rendimientos decrecientes o ganancias de peso cada vez menores (Cuadro 4).

Cuadro 3. Costo total, ingreso total y ganancia en dinero en ovinos Dorper al nivel óptimo técnico y nivel óptimo económico. Temascaltepec, Estado de México, 2023.

Concepto	Nivel óptimo técnico	Nivel óptimo económico
Alimento (kg)	242.4	109.6
Peso (kg)	59.4	50.6
Ingreso total (\$)	4,158.3	3,541.6
Costo total (\$)	2,254.9	1,019.8
Ganancia (\$)	1,903.4	2,521.8

Fuente: elaboración propia, con base en la función de producción estimada.

Se observa que, durante el periodo que duró la engorda de los ovinos Dorper, al inicio, el producto marginal (peso del cordero), creció más rápido que el producto medio, después decreció y luego se volvió negativo; incluso, conforme el ovino aumentó su peso, las necesidades de insumo variable (alimento), se incrementaron para obtener un kilogramo de peso, llegando al punto de inflexión de la curva, con 10 kg de alimento y con 240 kilogramos del insumo variable acumulado. Posterior a ello, el producto físico marginal, referido al peso de los corderos, adquirió valores negativos (Figura 2).

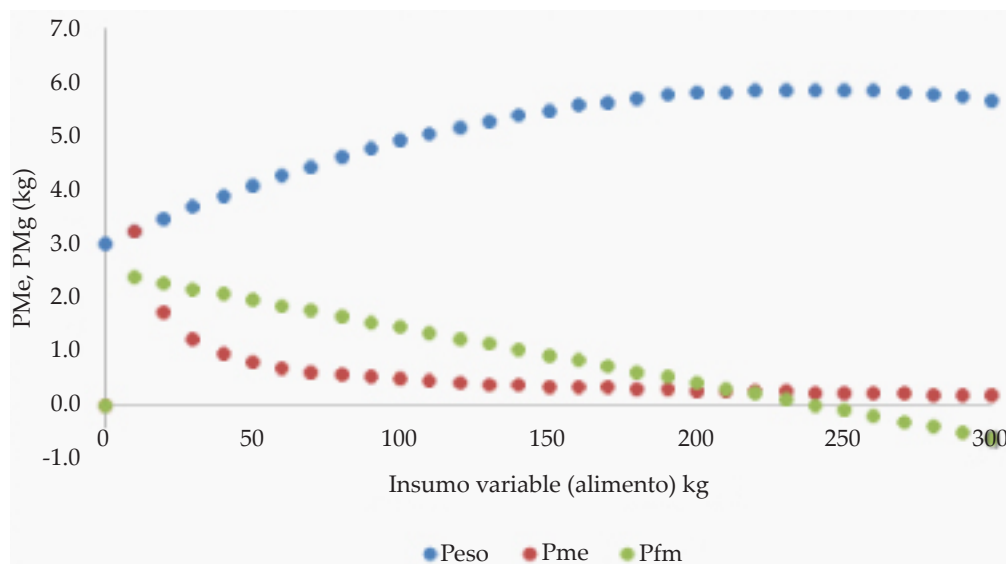
DISCUSIÓN

En esta investigación, fue viable afirmar, sobre la base de la tabla de análisis de varianza (ANOVA), que el modelo estimado, estadísticamente fue significativo, porque el valor observado de la F-calculada, se consideró alto. En otras palabras, cuando la Fc (la que asigna la salida del modelo), es más que 2.0 (Wooldridge, 2010), tal fue el caso de este trabajo, se confirma que el modelo fue estadísticamente significativo. Adicionalmente, se

Cuadro 4. Producto medio, producto marginal y elasticidad de la producción en ovinos Dorper. Temascaltepec, Estado de México, 2023.

Alimento	Peso	Producto medio	Producto marginal	E_p
0	30.0	0.0	0.0	0.0
10	32.4	3.24	2.4	0.7
20	34.6	1.73	2.3	1.3
30	36.8	1.23	2.2	1.8
40	38.9	0.97	2.1	2.2
50	40.8	0.82	2.0	2.4
60	42.7	0.71	1.9	2.7
70	44.5	0.64	1.8	2.8
80	46.1	0.58	1.7	2.9
90	47.7	0.53	1.6	3.0
100	49.1	0.49	1.5	3.1
110	50.5	0.46	1.3	2.8
120	51.7	0.43	1.2	2.8
130	52.9	0.41	1.1	2.7
140	53.9	0.38	1.0	2.6
150	54.8	0.37	0.9	2.4
160	55.7	0.35	0.8	2.3
170	56.4	0.33	0.7	2.1
180	57.0	0.32	0.6	1.9
190	57.6	0.30	0.5	1.7
200	58.0	0.29	0.4	1.4
210	58.3	0.28	0.3	1.1
220	58.5	0.27	0.2	0.7
230	58.6	0.25	0.1	0.4
240	58.7	0.24	0.0	0.0
250	58.6	0.23	-0.1	-0.4
260	58.4	0.22	-0.2	-0.9

Fuente: elaboración propia, con base en la función de producción estimada.



Fuente: elaboración propia, con base en la función de producción estimada.

Figura 2. Producto total (peso del ovino, kg), insumo variable consumido (alimento), kg; producto medio y Producto físico marginal. Temascaltepec, Estado de México, 2023.

observó también que, las *t*-calculadas fueron mayores que, al menos 2.0, situación que añadió significancia estadística al modelo para las variables explicativas incluidas en él; incluso, el error estándar asociado a cada estimador multiplicado por dos, fue menor que, propiamente, el valor de dicho estimador, lo cual, fortaleció estadísticamente al modelo (Gujarati y Porter, 2010; Rebollar *et al.*, 2008).

Así, del modelo estimado de la función de producción, el número 30.0, fue el peso del ovino al inicio del experimento, cuando la variable *A*, toma un valor de cero. En cambio, 0.24 el estimador del parámetro β_1 , representa la relación marginal entre la variable *A* (alimento) y la variable *Y* (peso del ovino), durante el proceso de engorda en confinamiento. Por lo que 0.24 expresa que, al mantener constantes los efectos de otras variables, a 99.7% de confiabilidad, cada incremento por kilogramo de alimento asignado, hará que el peso (promedio) de los ovinos Dorper, aumente en 242 g, resultado que difiere con el hallazgo de Rebollar *et al.* (2015), para corderas en finalización, al reportar 280 g; de 195 g por día reportado por Villanueva *et al.* (2019) bajo confinamiento, 132 g por día confirmado por Mestra *et al.* (2019) en un sistema semi intensivo, de 213 g hallado por Rosado *et al.* (2020), 283 g afirmado por Mejía *et al.* (2023), en ovinos alimentados con vaina de mezquite y congruente con Mora *et al.* (2002); Buendía *et al.* (2003); Rojo *et al.* (2005); Macías *et al.* (2010) y con Pérez *et al.* (2011).

En el NOT, no intervienen los precios, debido a que se producirá en el punto donde el insumo variable, aporta el volumen más alto de producción por unidad utilizada, lo cual, representa la eficiencia técnica de dicho insumo (Portillo *et al.*, 2015). Al determinar la función, se afirma que, en un inicio, los ovinos presentaron rendimientos crecientes, conforme se

añadieron unidades sucesivas de insumo de alimento, luego, conforme pasaron las semanas, los ovinos manifestaron rendimientos decrecientes pero positivos y llegaron al máximo peso (NOT); después, hubo rendimientos no satisfactorios (rendimientos marginales decrecientes negativos), tal como se observa en la Figura 1. Por tanto, por el lado de la máxima producción o máximo producto total, el NOT, correspondió a un peso promedio de los ovinos (59.4 kg) y alimento acumulado (242.4 kg), que fue menor a los correspondientes del NOE (50.6 kg de alimento y un peso de 109.6 kg), resultados congruentes con los de Rebollar *et al.* (2008) en borregos Pelibuey, alimentados con frijolina. Lo anterior, implicó que la ganancia económica en dinero, fuera menor al NOT, en comparación con la que se obtuvo al NOE.

El comportamiento del peso del ovino en la etapa de finalización y el consumo del insumo variable (alimento), permitieron identificar las tres etapas de la producción (Figura 2). Así, la etapa I, se caracterizó por un aumento de peso creciente e inició con el consumo de alimento en la etapa de finalización y terminó cuando el ovino, consumió 10 kg de alimento. Se consideró como el punto en el que el animal pesó 32.4 kg y el PMg fue de 2.4 kg. La etapa II de la curva, comenzó con un rendimiento (en peso del cordero) decreciente, esto sucedió, a partir de que el ovino en finalización, consumió 10 kg de insumo variable (alimento) y hasta los 240 kg de consumo acumulado del insumo variable; esta etapa, terminó cuando el producto físico marginal, fue igual a 0, lo que significó que al incrementar el consumo de alimento, el ovino, se mantuvo en su peso y en este caso, se dio cuando el borrego pesó 58.7 kg y consumió 242 kg (acumulados) del insumo. El límite de esta etapa, se caracterizó por la eficiencia mayor del insumo variable; es decir, el producto físico marginal, disminuyó por debajo de su producto medio.

La etapa III de la curva, inició con un rendimiento negativo, lo cual sucedió cuando el consumo del insumo variable (alimento) por los ovinos, superó los 242 kg acumulados y sucedió que el peso del animal, comenzó a disminuir, lo que permitió que el valor del PMg, fuera negativo. Se observó que con 260 kg de alimento (acumulado) consumido por el ovino en la etapa de finalización, aumentó en 20 kg de consumo de alimento y su peso disminuyó 0.3 kg, ubicándose en 58.4 kg. El PMe, alcanzó el valor más alto, cuando el ovino consumió 10 kg de alimento y a partir de ese nivel, disminuyó; en consecuencia, la curva comenzó a declinar. El punto donde se cruzan ambas curvas (la del PMg y la del PMe), fue cercano a 242 kg de consumo de insumo variable, en este punto, el ovino alcanzó un peso de 59.4 kg.

Con base en la teoría microeconómica (Rebollar *et al.*, 2022), la utilidad máxima para el productor de ovinos, se ubicó dentro de la etapa II de la Función de Producción, lo que significó que los ovinos, no se deben vender por encima de los 59.4 kg; este hallazgo, fue similar al de Rebollar *et al.* (2008).

Sin embargo, si por alguna razón, el costo del insumo variable (alimento) llegase a disminuir, el nivel óptimo económico aumentaría y se habría de desplazarse hacia la derecha, acercándose al nivel óptimo técnico, por lo que en ese caso, se recomendaría vender los ovinos a un peso mayor; y caso contrario, si el costo del insumo variable aumenta; en ese caso, el nivel óptimo económico disminuye, desplazándose a la izquierda de la gráfica y en

consecuencia, se recomendaría vender los ovinos a menor peso, lo que permitiría, ganar más dinero (Figura 2).

CONCLUSIONES

Tanto la cantidad de alimento y peso de los ovinos en confinamiento, correspondiente al nivel óptimo técnico, fue mayor que al nivel óptimo económico; sin embargo, la ganancia fue mayor, cuando el animal obtuvo un menor peso, en kilogramos, con relación al peso máximo de los animales. Por tanto, el máximo peso de los ovinos, no necesariamente implicó obtener la máxima ganancia en dinero. El productor, en condiciones similares de producción, debería comercializar sus ovinos, con el peso correspondiente al nivel óptimo económico. Las limitaciones de este trabajo, se centraron en el número de animales utilizados, periodo de duración de la engorda y en el modelo estadístico utilizado; por lo que esta investigación, puede expandirse, al incrementar periodo de confinamiento en corral, con más animales disponibles y adicionar al menos, otra variable independiente, pero con un modelo, por ejemplo, tipo Cobb-Douglas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro Universitario UAEM Temascaltepec-Universidad Autónoma del Estado de México, el haber permitido desarrollar el proyecto productivo: Parámetros productivos de ovinos finalizados alimentados con diferentes proporciones de sorgo (*Sorghum*) y triticale (x *Triticosecale*) sin financiación. Agradecen también, a los revisores pares y a los editores de esta revista por sus comentarios, que ayudaron a mejorar este trabajo.

REFERENCIAS

- Boroto A, Pérez CR, Mazorra CA, Pérez CA, Barrabí M, Arencebia CA. 2011. Caracterización socioeconómica y tecnológica de la producción ovina en Ciego de Ávila, región Central de Cuba (Parte I). *Pastos y Forrajes*, 34(2): 199-210. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=575>.
- Buendía RG, Mendoza MGD, Bárcena GR, Ortega CME, Solís HJ, Lara BA. 2003. Efecto de la glucoamilasa de *Aspergillus Niger* en la digestibilidad in vitro de maíz y sorgo, en la productividad de borregos. *Agrociencia*, 37(4): 317-322. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/261/261>.
- Calderón RA, Trujillo GD, Domínguez VIA, Bórquez GJL, Morales AE, Mondragón AJ. 2023. Ajuste de modelos para predecir el rendimiento y características de la canal en base a variables productivas *antemortem* de ovinos en engorda con alimentación intensiva. *Trop. and Subtrop Agroec* 26(2). 1-17. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/4285/2029>.
- COMECARNE (Consejo Mexicano de la Carne). 2023. Otras especies. Consumo Nacional Aparente. Disponible en https://comecarne.org/wp-content/uploads/2022/05/compendio_estadistico_2022.pdf. Consulta el 25 de mayo de 2023.
- Barreto H. 2009. Función de producción. *In: Microeconomía intermedia con Microsoft Excel*. capítulo, Cambridge: Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/core/books/abs/intermediate-microeconomics-with-microsoft-excel/production-function/1ACBE15CFE7898B576880EBE13A94D72>. Consulta el 01 de julio de 2024. pp: 265–278.
- De Lucas TJ, Zarco QLA, González PE, Tortora PJ, Villa GA, Vázquez C. 2003. Crecimiento pre-destete de corderos en sistemas intensivos de pastoreo y manejo reproductivo en el altiplano central de México. *Veterinaria México*, 34(3). 235-245. <https://veterinariamexico.fmvz.unam.mx/index.php/vet/issue/view/15>.
- Doll JP, Orazem F. 1984. *Production economics. Theory with applications*; John Wiley Sons. 470 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2020. Producción y Sanidad Animal, Consumo de carne. Disponible en <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/background.html>. Consulta el 23 de noviembre de 2023.

- FAO (Food and Agriculture Organization). 2023. FAOSTAT. Livestock Primary. Recuperado de <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>. Consulta el 24 de mayo de 2023.
- Graue, RAN. 2006. Microeconomía. Enfoque de negocios. Pearson. 346 p.
- Guedes DGP, Ribeiro MN, Carvalho FFRD. 2018. Técnicas multivariadas en el análisis de las características de la canal de ovejas de raza Morada Nova. *Ciencia Rural*, 48(9). 1-7. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170746>.
- Gujarati ND, Porter CD. 2010. *Econometría*. Mc Graw Hill. 921 p.
- Herrera HJ, Álvarez FG, Bárcena GR, Núñez AJM. 2019. Caracterización de los rebaños ovinos en el sur de Ciudad de México, México. *Acta Universitaria*, 29: 1–25. <https://doi.org/10.15174/au.2019.2022>.
- Leroy MR, Meiners ER. 1990. *Microeconomía*. Mc Graw Hill. 703 p.
- Macías CU, Álvarez VFD, Rodríguez GJ, Correa CA, Torrentera ONG, Molina RL, Avendaño RL. 2010. Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Arch. Med. Vet.*, 42(3). 147-154. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2010000300005>.
- Mankiw NG. 2012. *Principios de Economía*. Cengage Learning. Ciudad de México, México. <https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/bd2711c3969d92b67fcf71d844bcbaed.pdf>. 891 p.
- Mejía HI, García SAA, Martínez MJM, Aréchiga FCF, Silva RJM, Ramos DM. 2023. Efecto de vaina de mezquite (*Prosopis laevigata*, *Fabales: Fabaceae*) sobre fermentación ruminal y parámetros productivos en ovinos en engorda. *Act. Agr. Pecu*, 9. Artículo e0091006. 1-9. <https://doi.org/10.30973/aap/2023.9.0091006>.
- Mestra VLI, Martínez RAM, Santana RMO. 2019. Caracterización técnica y económica de la producción de carne ovina en Córdoba, Colombia. *Agronom. Mesoam*, 30(3). 871-884. <http://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso>.
- Mora JG, Bárcena GR, Mendoza MGD, González MSS, Herrera HJG. 2002. Respuesta productiva y fermentación ruminal en borregos alimentados con grano de sorgo tratado con amilasas. *Agrocien*, 36(1). 31-39. <https://agrocien-colpos.org/index.php/agrocien/article/view/158/158>.
- Nicholson W, Snyder Ch. 2015. *Teoría microeconómica. Principios básicos y ampliaciones*. CENGAGE Learning. 757 p.
- Parkin M, Loría E. 2015. *Microeconomía. Versión para Latinoamérica*. Pearson. 488 p.
- Pérez LEJ, García AMC, Albores MS, Sosa RR, León VH. 2011. Parámetros productivos de ovinos de pelo en un sistema de alimentación intensiva en la región central de Chiapas. *Quehacer Científico en Chiapas*, 1(12). 7-13. https://www.dgip.unach.mx/images/pdf-REVISTA-QUEHACERCIENTIFICO/QUEHACER-CIENTIFICO-2011-jul-dic/Parametros_productivos_de_ovinos_de_pelo.pdf.
- Pindyck SR, Rubinfeld LD. 2013. *Microeconomía*. Pearson. 776 p.
- Portillo VM, Pérez SF, Figueroa HE, Godínez ML, Barrios PG. 2015. La función de producción cúbica, su aplicación en la agricultura. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 37(29). 11-24. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/41180>.
- Rebollar RS, Hernández MJ, Rojo RR, González RFJ, Mejía HP, Cardoso JD. 2008. Óptimos económicos en corderos Pelibuey engordados en corral. *Univ. y Cien.*, 24(1). 67-73. <http://www.ujat.mx/publicaciones/ucien/abril2008/index.html>.
- Rebollar RS, Gómez TG, Hernández MJ, Callejas JN y Guzmán SE. 2014. Óptimos económicos en cortes de carne de cerdo en dos regiones de México. *Agron. Mesoam*, 25(1): 161-168. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/14216/13515>.
- Rebollar RS, Rojo RR, Avendaño RL, Macías CU, Álvarez VFD, Correa CA, Soto NS. 2015. Análisis económico del uso de clorhidrato de zilpaterol en la alimentación de corderas. *Investigación y Ciencia*, 23(64). 5-10. <https://revistas.uaa.mx/index.php/investycien/article/view/3589>.
- Rebollar RS, Callejas JN, Guzmán SE. 2018. La función Cobb-Douglas en la producción de leche semi intensiva. *Análisis Económico*, 82(XXXIII). 125-141. <http://www.redalyc.org/jatsRepo/413/41355807008/index.html>.
- Rebollar RS, Martínez, DMA, Hernández, MJ, Hernández AP. 2021a. Óptimo económico en una función Cobb-Douglas bivariada: una aplicación a ganadería de carne semi-extensiva. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(8). 1517-1523. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2915>.
- Rebollar RS, Dorantes CEJ, Hernández MJ, Velázquez VHH, Mendoza MRV. 2021b. Determinación del óptimo técnico y económico en conejos establecidos. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 49(2). 61-68. https://ageconsearch.umn.edu/search?ln=en&rm=&ln=en&sf=&so=d&rg=10&c=AgEcon%20Search&of=hb&fct_3=49&p=revista%20mexicana%20de%20agronegocios.
- Rebollar RS, Guzmán SE, Hernández MJ, Terrones CA, González RFJ. 2022. *Microeconomía básica. Teoría*

- y práctica. BUK. <https://buk.com.mx/9786079908652/description>. 244 p.
- Rezza BD, Farhi E. 2018. The Microeconomic Foundations of Aggregate Production Functions. *Journal of the European Economic Association*, 17(5). 1337–1392. <https://doi.org/10.1093/jeea/jvz050>.
- Royo RR, Mendoza MGD, González MSS, Landois L, Bárcena R, Crosby MM. 2005. Effects of exogenous amylases from *Bacillus licheniformis* and *Aspergillus niger* on ruminal starch digestion and lamb performance. *Animal Feed Science and Technology*, 124-125. 655-665. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds-ci.2005.04.053>.
- Rosado JO, Rodríguez AA, Rivera A, Fernández J. 2020. Ganancia de peso, características de la canal y calidad de la carne de ovinos criollos alimentados en confinamiento con raciones totales. *J. Agric. Univ. P. R.*, 104(2). 201-221. <https://revistas.upr.edu/index.php/jaupr/article/view/19042/17181>.
- Sañudo C, Campo MM, Muela E, Olleta JL, Delfa R, Jiménez RB, Cilla I. 2012. Carcass characteristics and instrumental meat quality of suckling kids and lambs. *Spanish Journal of Agric Res*, 10(3). 690-700. <https://revistas.inia.es/index.php/sjar/article/view/2561>.
- SAS OnDemand. 2021. SAS® OnDemand for Academics. <https://welcome.oda.sas.com/login>. [online] Available at: <https://welcome.oda.sas.com/login>.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Avance por producto. Recuperado de http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceProd.jsp. Consulta el 24 de mayo de 2023.
- Vázquez MI, Vargas LS, Zaragoza RJL, Bustamante GA, Calderón SF, Rojas AJ, Casiano VMA. 2009. Tipología de explotaciones ovinas en la sierra norte del estado de Puebla. *Rev Mex Cien Pecu*, 47(4). 357-369. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1463>.
- Villanueva PCR, Díaz EVF, Chay CAJ, Ramírez AL, Casanova LF, Oros OI. 2019. Comportamiento productivo e ingestivo de ovinos en crecimiento en sistemas silvopastoriles y de engorda en confinamiento. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(4). 870-884. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i4.4724>.
- Wooldridge MJ. 2010. *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*. Cengage Learning. 865 p.