

**OPTIMIZACION DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS PARDO  
SUIZO SUPLEMENTADAS CON CONCENTRADO**

Samuel Rebollar Rebollar<sup>1</sup>, Alfredo Rebollar Rebollar<sup>2</sup>, German Gómez Tenorio<sup>3</sup>,  
Felipe de Jesús González Razo<sup>4</sup>

**Optimization of the production of milk in Brown Swiss cows  
supplemented with concentrate**

**ABSTRACT**

To determine the optimal technical (TOL) and economic (EOL) production of Brown Swiss cow's milk supplemented with concentrate, built an econometric model, where the independent variable was the amount of concentrate supplementation and the dependent produced milk volume. Field information came from a herd of 10 cows Brown Swiss, located in the municipality of Temascaltepec, State of Mexico, during August-September of 2015, divided into five periods of 15 days. Cows (PV 628±72 kg), had different numbers of births and lactation time.

The analysis of results showed that the TOL, EOL and gain were 1 345.10, 1 377.80 and 1 323.00 pesos, the last mayor to the EOL. The farmer not optimizes its inputs, so that, the results of the EOL become technical recommendation for both this product and for those who operate under similar conditions.

**Keywords:** optimization, gain, milk, production function.

**RESUMEN**

Para determinar los óptimos técnico (NOT) y económico (NOE) de la producción de leche en vacas Pardo Suizo suplementadas con concentrado, se construyó un modelo econométrico, donde la variable independiente fue la cantidad de suplemento concentrado y la dependiente el volumen producido de leche. La información de campo provino de un hato de diez vacas Pardo Suizo, ubicadas en el municipio de Temascaltepec, Estado de México, durante agosto-septiembre de 2015, dividido en cinco periodos de 15 días. Las vacas (PV 628±72 kg), tenían diferente número de partos y tiempo de lactancia.

El análisis de resultados indicó que el NOT, NOE y ganancia fueron \$1 345.10, \$1 377.80 y \$1 323.00 pesos, la última mayor al NOE. El productor no optimiza sus insumos, por lo que los resultados del NOE se convierten en recomendación técnico-económica tanto para este productor, como para quienes operen bajo condiciones similares.

**Palabras clave:** optimización, ganancia, leche, función de producción.

**INTRODUCCIÓN**

En México, la producción nacional de leche ha mantenido una tendencia, en general, creciente. En el periodo 1990-2000, la TMAC (Tasa Media Anual de Crecimiento) fue 4.20%, al pasar de 6.10 a 9.30 mil millones de litros (L) y, para 2001-2012 de 1.30 %, al pasar de 9.50 a 10.90 mil millones de L. En el periodo 1990-2012, la producción nacional, mantuvo un crecimiento promedio de 2.80% (SIAP, 2014).

<sup>1</sup> Universidad Autónoma del Estado de México-Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Km. 67.5, carretera Toluca-Tejupilco. Colonia Barrio de Santiago sn. Temascaltepec, Estado de México. C. P. 51300. Autor de correspondencia: srebollar@uaemex.mx

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica del Sur del Estado de México. Rebollar77@hotmail.com

<sup>3</sup> Universidad Autónoma del Estado de México-Centro Universitario UAEM Temascaltepec. gomte61@yahoo.com

<sup>4</sup> Universidad Autónoma del Estado de México-Unidad Académica Profesional Tejupilco. Email: fegora24@yahoo.com.mx

Así mismo, en 2001 y 2012, las entidades de Jalisco, Durango, Coahuila, Chihuahua y Veracruz, concentraron 53.20 y 55.30% del total nacional, con una mejora relativa al final del periodo.

En el mismo periodo, el Estado de México, ocupó el sexto lugar (SIAP, 2014). En 2012 se exportaron 16.50 millones de L, principalmente en los meses de marzo y junio; las importaciones fueron 66.60 millones de L, principalmente en agosto y octubre (SIAP, 2014). Esto convierte a México en un importador neto de este producto pecuario.

En la producción de leche, convergen distintas modalidades, según su sistema tecnológico (Gallardo, 2004; Häubi y Gutiérrez, 2015); sistema especializado, semi especializado, doble propósito y familiar o de traspato. Al primero, corresponde 50.60% de la producción nacional de leche, proveniente de razas Holstein, Pardo-Suizo y Jersey, en un sistema completamente estabulado y alimentación basada en dietas de forraje de corte y alimento concentrado, la leche se destina a plantas pasteurizadoras y transformadoras.

El sistema semi especializado contribuye con 21.30%, predomina el ganado Holstein y Pardo-Suizo en condiciones de semi estabulación, pequeñas extensiones de terreno, mantiene un nivel medio de tecnología, la ordeña es mecánica o manual y dispone, en ocasiones, de sistema de enfriamiento. Los niveles de producción son menores al sistema especializado.

El sistema de doble propósito (DP), participa con 18.30% de la producción nacional y se caracteriza por el uso de razas Cebuinas y sus cruza, el ganado también se utiliza para la producción de carne y leche. El manejo del ganado se da en forma extensiva, confinándose en corrales sólo durante la noche, alimentación basada en pastoreo y mínimo suplemento balanceado; la ordeña es manual.

El sistema familiar, participa con 9.80% y se limita a pequeñas extensiones de terreno, predominantemente ubicadas cerca de la vivienda. Las razas varían desde Holstein y Suizo Americano y sus cruza (Häubi y Gutiérrez, 2015); la alimentación se basa en el pastoreo o suministro de forrajes y esquilmos, provenientes de los que se producen en la misma granja.

Independientemente del sistema de producción, bajo el cual provenga la leche, la actividad, requiere diferentes proporciones de insumos fijos y variables. Las diferentes combinaciones en que se utilicen, conllevará a las eficiencias técnica (Reyes *et al.*, 2015) y económica. La eficiencia técnica se refiere un proceso de producción que no utilice más insumos de los necesarios para obtener un nivel dado de producción; la eficiencia económica, cuando una empresa (agropecuaria) emplea los recursos en una proporción tal que el costo por unidad de producción es el mínimo posible (Leroy y Meiners, 1990); donde el productor podría elegir entre obtener la máxima producción, máxima ganancia o continuar como está.

Con lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar la cantidad óptima de suplemento concentrado que optimice el volumen producido de leche a través de la estimación de los niveles óptimo técnico (litros de leche) y óptimo económico (ganancia en dinero) en vacas lecheras Pardo Suizo en una región del sur del Estado de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó de agosto a septiembre de 2015, en el municipio de Temascaltepec, al sur del Estado de México, la altitud es 1,740 msnm, clima templado subhúmedo, temperatura media anual entre 18 y 22 °C y precipitación de 800 a 1 600 mm (Borboa, 1999). La información de campo provino de un rancho lechero, que el momento del trabajo de campo, disponía de 65 vacas Pardo-Suizo, de las cuales, sólo se utilizaron 10 para la toma de datos, porque fue lo que el propietario del hato permitió acceder.

Es importante mencionar que los datos de producción de leche, en este trabajo, no provinieron de un diseño experimental, el objetivo no fue medir respuesta productiva ni del forraje, ni del concentrado

propiamente de diseños experimentales; sino que, únicamente se consideró la producción diaria de leche bronca (datos productivos) (productividad) de las vacas como respuesta al consumo diario de alimento

que el productor les asignaba cotidianamente y durante cierto periodo. El rancho se ubica en la comunidad de conocida como Telpintla, perteneciente al mismo municipio.

Las vacas tenían diferente número de partos, diferente periodo de lactación y PV  $628 \pm 72$  kg. Las instalaciones para la producción de leche, son tipo semi-especializado, con corral de alojamiento pavimentado, dos bebederos de pileta, dos comederos de canoa, una sala de ordeña para seis vacas y una ordeñadora portátil con capacidad para ordeñar dos vacas simultáneamente. Para la toma de datos, la ordeña se realizó de forma mecánica, la leche se depositó en una cubeta y se procedió a tomar el dato de su peso mediante una báscula de reloj.

La dieta de las vacas, se basó en forraje y suplementación con concentrado durante cinco periodos de 15 días. El forraje se ofreció por la mañana, con asignaciones de 3.90 kg de maíz (planta completa y 90% de materia seca) por vaca y 4.20 kg de heno de alfalfa en los comederos. Por la tarde, se asignó *Rye grass* en verde *ad libitum*.

La suplementación con concentrado se suministró al momento de la ordeña en función del PV de las vacas y se mantuvo durante cada periodo. Al final de cada periodo, se registró el total de suplemento consumido por las vacas y la cantidad de leche obtenida. A partir del segundo y hasta el quinto periodo, se incrementó un kilogramo de concentrado/vaca/día (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Composición del concentrado\* estimados en dietas de vacas lecheras.**

Ingrediente	% en Dieta	% PC	ED, Mcal
Sorgo	50.70	4.60	1.80
Pasta de soya	20.30	9.60	0.70
Pasta de coco	13.50	2.90	0.60
Salvado de trigo	13.50	2.10	0.30
Pre mezcla mineral	2.00	0.00	0.00
Total	100.00	19.20	3.40

\*Análisis estimado con base en el NRC, 2001.

#### Modelo estadístico.

Con la información obtenida, por cada vaca, sobre consumo de concentrado (en kg) y la producción de leche durante cuatro periodos de quince días más el periodo de inicio, para obtener la función de producción adecuada, se utilizó un modelo de regresión lineal de segundo grado (Gujarati y Porter, 2009; Wooldridge, 2010). Se obtuvieron 11 funciones de producción, una por cada vaca, más una función adicional en la que se utilizó la información promedio de todas las vacas. El análisis de resultados, consideró sólo la función de producción que se estimó con la información promedio. El modelo propuesto fue:

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

Donde Y fue la variable de respuesta y representó la producción en litros de leche (L),  $\beta_0$  el intercepto,  $\beta_1$  y  $\beta_2$  los coeficientes, X la cantidad de concentrado (kg) y  $\varepsilon_i$  el error aleatorio.

La producción total o producto total (PT), se obtuvo mediante la suma de la producción diaria durante cada periodo de quince días. Posteriormente, estimada la función de producción, se procedió a estimar el valor del nivel óptimo técnico (NOT) relacionado a la utilización del concentrado, con el procedimiento

matemático consistente en la primera derivada de la función de producción igualada a cero, que se conoce también como producto marginal (PMg). La condición matemática para el NOT (Rebollar *et al.* 2011, Rebollar *et al.* 2014; Rebollar *et al.* 2016) se obtuvo como:

$$\frac{dy}{dx} = 0; \text{ expresa, } PMg = 0$$

La operación matemática para generar el valor del nivel óptimo económico (NOE), consistió en igualar el PMg a la relación de precios del insumo y del producto; es decir, al cociente del precio del alimento concentrado ( $P_x$ ) y el precio de la leche ( $P_y$ ), como sigue (Rebollar *et al.* 2014; Rebollar *et al.* 2016):

$$\frac{dy}{dx} = \frac{P_x}{P_y}, \text{ expresa, } PMg = \frac{P_x}{P_y} \text{ o bien } PMg * P_y = P_x$$

Por último, se obtuvieron el costo total ( $CT = \sum_{i=1}^n P_i Q_i$ ), ingreso total ( $IT = \sum_{j=1}^m P_j Q_j$ ) y ganancia (IT-CT). El costo del insumo variable referente al alimento concentrado fue 4.12 pesos por kilogramo y como precio del producto, \$ 5.00 pesos por litro de leche. Todos los datos relacionados tanto a la producción de leche (variable dependiente) como de la utilización del insumo variable (término independiente) se procesó en SAS (Statistical Analysis System) (2009), versión para Windows en español, con la utilización del procedimiento GLM (General Model Lineal).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El volumen producido de leche (en litros) por cada vaca, se relacionó con la cantidad de suplemento concentrado (insumo variable). Se decidió contabilizar la leche en litros y no en kg, por la diferenciación de su peso molecular. La literatura señala que el peso molecular es de alrededor de 1.032 kg por litro de leche, con ello las cifras podrían haber variado de una referencia a otra. En general, la producción de leche se correlacionó de forma positiva con la cantidad consumida del insumo en cada uno de los periodos pero no en todo el periodo.

En la primera etapa de la función de producción, el 100% de las vacas presentaron rendimientos crecientes a escala; decrecientes a escala en la segunda etapa y negativos en la tercera etapa (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Producción de leche por vaca con diferentes cantidades de concentrado.**

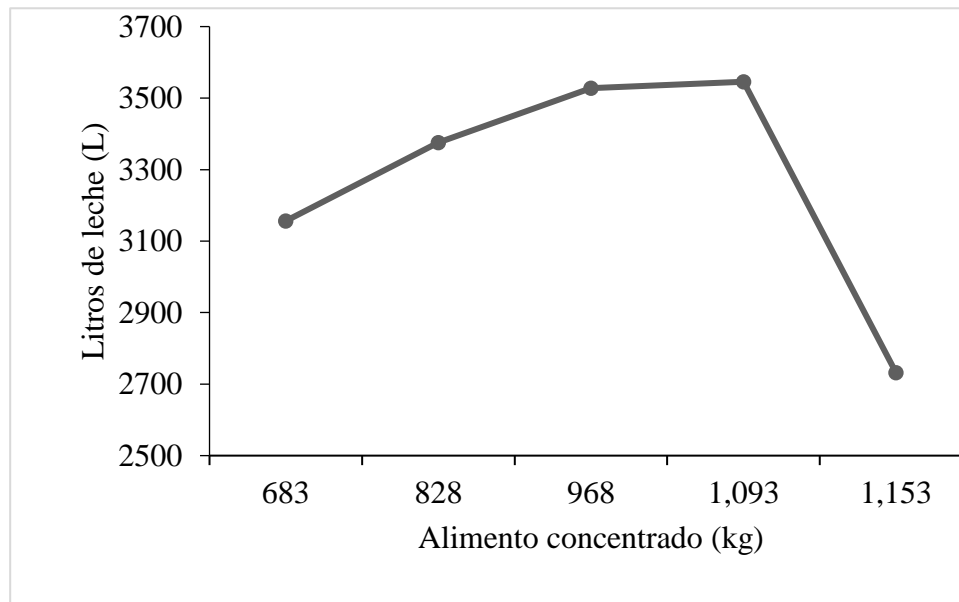
No. Vaca	Concentrado (kg)	Producción (L)	Concentrado (kg/d)	Producción (L/d)
1	82.50	357.90	5.50	23.90
	97.50	384.60	6.50	25.60
	112.50	398.50	7.50	26.60
	127.50	388.60	8.50	25.90
	142.50	326.10	9.50	21.70
	90.00	398.40	6.00	26.60
2	105.00	432.70	7.00	28.80
	120.00	438.10	8.00	29.20
	135.00	417.90	9.00	27.90
	150.00	381.70	10.00	25.40

REVISTA MEXICANA DE AGRONEGOCIOS

	60.00	350.30	4.00	23.40
	70.00	370.50	4.70	24.70
3	90.00	400.00	6.00	26.70
	105.00	380.20	7.00	25.30
	130.00	342.70	8.70	22.80
	45.00	138.70	3.00	9.20
	60.00	142.70	4.00	9.50
4	75.00	216.20	5.00	14.40
	80.00	305.40	5.30	20.40
	100.00	284.90	6.70	19.00
	45.00	255.90	3.00	17.10
5	60.00	266.20	4.00	17.70
	75.00	270.10	5.00	18.00
	90.00	274.60	6.00	18.30
	45.00	235.80	3.00	15.70
6	60.00	265.30	4.00	17.70
	75.00	280.70	5.00	18.70
	90.00	274.10	6.00	18.30
	75.00	256.80	5.00	17.10
	90.00	281.10	6.00	18.70
7	105.00	281.10	7.00	18.70
	120.00	277.20	8.00	18.50
	135.00	266.30	9.00	17.80
	82.50	345.50	5.50	23.00
	97.50	389.80	6.50	26.00
8	112.50	406.60	7.50	27.10
	127.50	389.50	8.50	26.00
	142.50	387.20	9.50	25.80
	75.00	391.10	5.00	26.10
	90.00	388.40	6.00	25.90
9	97.50	380.70	6.50	25.40
	105.00	364.60	7.00	24.30
	112.50	324.10	7.50	21.60
	82.50	426.40	5.50	28.40
	97.50	454.00	6.50	30.30
10	105.00	455.90	7.00	30.40
	112.50	473.70	7.50	31.60
	120.00	418.80	8.00	27.90
	682.50	3 156.80	4.60	21.00
	827.50	3 375.30	5.50	22.50
Total	967.50	3 527.80	6.50	23.50
	1 092.50	3 545.70	7.30	23.60
	1 152.50	2 731.80	8.60	22.80

Fuente: Elaboración propia con información de campo, agosto-septiembre 2015.

El comportamiento de los datos, permitió observar que conforme se aumentó la cantidad del insumo variable (suplemento concentrado), indudablemente, sin caer en niveles de toxicidad del animal; la producción de leche, a nivel de hato y por vaca, cada vez fue menor; lo que a su vez permitió observar la existencia de rendimientos físicos marginales decrecientes (Figura 1).



**Figura 1. Producción media de leche y por periodo, agosto-septiembre de 2015.**

Fuente: Elaboración propia.

Los rendimientos decrecientes, no se consideran un teorema derivado a partir de un conjunto de supuestos, ni un sistema axiomático; no son una proposición lógica; por tanto, como ley no es susceptible de ser sometida a comprobación ni a refutación matemática. Simplemente, lo que se observó en esos datos, es una aseveración acerca de las relaciones físicas que, por lo que se ha visto, se cumplen en el mundo real; por lo que se acepta debido a que, de otra manera, sería difícil explicar las razones, por las cuales, las empresas cesan, en cierto punto, de contratar o utilizar insumo variable adicional o cualquier otro tipo de insumo (Doll y Orazem 1984, Leroy y Meiners 1990, Nicholson 2008).

En el primer periodo de producción de leche, la eficiencia fue  $0.23 \pm 0.05$  kg de alimento por litro de leche y en la última  $0.38 \pm 0.06$  kg; es decir, disminuyó. La función de producción (función matemática) de leche por cada vaca y para el total de vacas, que se consideraron en el estudio (Cuadro 3), muestran el signo (negativo) esperado del factor cuadrático; que a su vez, da la forma correcta de concavidad de la curva (Nicholson, 2008). Ello, auxilia a deducir la existencia de un nivel óptimo técnico (NOT) y un nivel óptimo económico (NOE) (Doll y Orazem 1984, Rebollar *et al.*, 2011, Rebollar *et al.*, 2014).

**Cuadro 3. Funciones de producción por vaca y total, agosto-septiembre, 2015.**

No. Vaca	Función de producción	Fc	r <sup>2</sup>	Tc
1	$Y = -367.6 + 14.04X - 0.064X^2$	20.10	0.952	5.80
2	$Y = -284.5 + 12.35X - 0.052X^2$	138.39	0.992	-15.31
3	$Y = -60.9 + 7.11X - 0.038X^2$	17.29	0.945	5.70
4	$Y = -130.4 + 6.63X - 0.023X^2$	3.33	0.769	0.65
5	$Y = 212.2 + 1.27X - 0.006X^2$	38.45	0.987	2.69
6	$Y = 33.9 + 6.28X - 0.04X^2$	188.22	0.997	11.8
7	$Y = 12.5 + 5.05X - 0.023X^2$	11.03	0.916	4.64

REVISTA MEXICANA DE AGRONEGOCIOS

8	$Y = -171.1 + 9.63X - 0.040X^2$	8.30	0.892	3.41
9	$Y = -184.4 + 13.87X - 0.082X^2$	42.94	0.977	4.30
10	$Y = -644.4 + 21.74X - 0.107X^2$	1.96	0.662	1.97
Promedio	$Y = 53.46 + 5.63X - 0.026X^2$	251.32	0.996	18.31

Fuente: Elaboración propia con datos de campo, agosto-septiembre, 2015.

Después que se estimó la función de producción por cada vaca y para el promedio de vacas que se utilizaron (Cuadro 3), se observó, que con base al valor del coeficiente de determinación  $r^2$ , el modelo de la vaca número seis, según la posición en el Cuadro 3, presentó el coeficiente de determinación más alto, asociado a una F-calculada ( $F_c$ ) y t-calculada ( $t_c$ ) significativas; en tanto la vaca número diez, de la Tabla 3, alcanzó el valor más bajo; en consecuencia, también la  $F_c$  y la  $t_c$  fueron menores, pero con el signo del factor cuadrático correcto. El valor positivo y negativo de  $t_c$ , se vincula al término lineal y término cuadrático para cada función de producción. La función de producción, a la cual se hará referencia en este apartado, es la que se obtuvo al procesar la información promedio de las 10 vacas.

$$Y = 53.46 + 5.63X - 0.026X^2$$

(14.71)
(0.31)
(0.0015)

El número dentro del paréntesis, es el error estándar de cada uno de los estimadores, mismos que al multiplicarlos por dos, el resultado es menor al valor del estimador (Rebollar *et al.* 2008, Gujarati y Porter, 2009), lo que da evidencia de significancia estadística ( $P \leq 0.0040$ ) del modelo (Gujarati, 2006). La  $F_c$  del modelo fue 251.32 ( $P \leq 0.0040$ ) (Cuadro 3); valor, suficientemente, alto como para rechazar cualquier prueba de hipótesis en favor de la alternativa, donde al menos un estimador sea distinto de cero (Martínez, 1982). Referenciando a Gujarati (2006), la  $t_c$  para los coeficientes de la variable del modelo fue significativa ( $P \leq 0.0030$  y  $P \leq 0.0034$ ).

La significancia económica, la otorga el signo negativo del coeficiente de la variable cuadrática del modelo estimado, condición que permite la obtención de los dos óptimos, el técnico o de máxima producción y económico o de máxima ganancia monetaria (Rebollar *et al.*, 2014). Tanto la cantidad de alimento concentrado (insumo variable), costo total y la ganancia fueron mayores en el nivel óptimo técnico y nivel óptimo económico con relación a los que tuvo el productor, lo que significa ineficiencia en el uso del insumo y maximización de la utilidad por parte de éste (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Costo, ingreso, Ganancia, NOT y NOE.**

Concepto	Productor	NOT	NOE
Alimento concentrado (kg)	109.20	108.30	92.40
Producción de leche (l)	354.60	358.20	351.70
Costo total (\$)	449.90	446.10	380.70
Ingreso total (\$)	1 772.90	1 791.20	1 758.50
Ganancia (\$)	1 323.00	1 345.10	1 377.80

Fuente: elaboración propia.

**Nivel Óptimo técnico (NOT).**

El nivel óptimo técnico, o punto de máxima producción, describe una situación en la que se encuentra, por procedimientos matemáticos, el punto de inflexión, más alto (donde la pendiente de la curva alcanza un valor de cero) (Doll y Orazem, 1984; Nicholson, 2008) y, representa la cantidad máxima de producto

total con una cantidad dada de insumo variable (alimento concentrado). En su límite inferior, el NOT define la parte final de la etapa I, en su límite superior, señala el fin de la etapa II e inicio de la etapa III de la producción (Leroy y Meiners, 1990, Rebollar *et al.*, 2014).

Bajo el enfoque de la teoría de la producción (teoría microeconómica), la expresión matemática,  $dY/dX$  se conoce como producto marginal (Doll y Orazem, 1984). Al derivar la función de producción e igualarla

cero, se obtuvo  $X = 108.27 \text{ kg}$  que representó la cantidad del insumo variable (alimento concentrado) que generó el valor máximo de la producción de leche (NOT). Así, al sustituir  $X$  en  $Y$ , se obtuvo el volumen máximo de producción de leche (108.27, 358.24) que contrasta con lo que el productor utilizó y obtuvo en campo (Cuadro 3), donde la producción media de leche más alta fue 354.57 L, correspondiente a 109.20 kg de concentrado. Así, el NOT estimado, indicó, que la producción óptima de leche, bajo las condiciones señaladas, se habría obtenido con 108.27 kg de concentrado, equivalente a 358.24 L, tal resultado, apoya la recomendación técnica hacia el productor (Cuadro 4).

### **Nivel Óptimo económico (NOE).**

De acuerdo con Doll y Orazem (1984) y Rebollar *et al.* (2011), el NOE o nivel de máxima ganancia en dinero, no es un punto de inflexión en la curva del producto total o función de producción, porque no define un cambio de dirección en la curvatura de la misma (Nicholson 2008).

El NOE, se localiza en algún lugar dentro de la magnitud del segmento de curva que determina la etapa II de la producción, la etapa rentable; en esta etapa el nivel de utilización de concentrado es menor; en consecuencia, la producción de leche es menor, pero la ganancia monetaria, por la venta del producto, es mayor con relación a la que se obtiene al nivel de eficiencia técnica (NOT) y, aún mayor comparada con la que obtuvo u obtendría el productor en su finca (Nicholson 2008; Rebollar *et al.* 2011; Rebollar *et al.* 2014); lo anterior, constituye el argumento para afirmar que el NOE es un punto óptimo de maximización de ganancias (Rebollar *et al.* 2014; Rebollar *et al.* 2016).

En este caso, la combinación que maximizó el ingreso fue 92.40 kg de alimento concentrado y 351.70 litros de leche (Cuadro 4).

De acuerdo con Rebollar *et al.* (2008), Rebollar *et al.* (2011) y Rebollar *et al.* (2014), la máxima producción de un bien, no necesariamente, corresponde a la obtención de la máxima ganancia en unidades monetarias. En esta investigación y para la región de estudio, la ganancia que obtuvo el productor (Cuadro 4) fue menor, con relación a la que correspondió al NOT y NOE. Si bien, bajo las condiciones que se han planteado en este documento, el productor obtuvo ganancia positiva; sin embargo, esta no fue la óptima o la mejor.

El costo de oportunidad entre el ingreso generado con el NOE y el obtenido por el productor fue \$ 21.40 pesos. Resultado que argumenta la evidencia de la recomendación técnico-económica, pues si se asignara, en promedio, menor cantidad de alimento concentrado a las vacas, aunque la producción de leche fuera menor, la ganancia en dinero sería más alta (Cuadro 4).

## **CONCLUSIONES**

Los óptimos técnico y económico del productor difieren de los encontrados mediante la función de producción, es decir, el productor tuvo una productividad menor de la que puede obtener con los recursos que utiliza. La meta de máxima producción no necesariamente significa obtener la máxima productividad de los insumos. Al utilizar menor cantidad de suplemento concentrado (insumo variable) la productividad técnica y económica es mayor.



**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Gallardo, N. J. L. 2004. Situación actual de la producción de leche de bovino en México. SAGARPA. Coordinación General de Ganadería. <http://w4.siap.gob.mx/sispro/portales/pecuarios/lechebovino/situacion/descripcion.pdf>. Consultado el 2 de enero de 2014.
- Gujarati, D. N. 2006. Principios de Econometría. Tercera Edición. Mc Graw Hill. Madrid, España.
- Gujarati, D. y D. Porter. 2009. Econometría. Quinta Edición. Mc Graw Hill. México, Distrito Federal.
- Häubi, S. C. U. y J. L. Gutiérrez, L. 2015. Evaluación de unidades familiares de producción lechera en Aguascalientes: estrategias para incrementar su producción y rentabilidad. Avances de Investigación Agropecuaria 19(2):7-34.
- Leroy, M. R. y E. Meiners, R. 1990. Microeconomía. Tercera edición. Mc Graw Hill. Naucalpan, Estado de México. México.
- Martínez, G. A. 1982. Métodos econométricos. Segunda Edición. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México.
- NRC. National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition. 7th. Rev. Ed. Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture.
- Nicholson, W. 2008. Teoría microeconómica. Principios básicos y ampliaciones. Novena Edición. CENGAGE Learning. México, Distrito Federal.
- Rebollar, R. S., G. Gómez T., J. Hernández M., R. Rojo R., J. F. González R. y F. Avilés N. 2008. Determinación del óptimo técnico y económico en una granja porcícola en Temascaltepec, Estado de México. Ciencia Ergo Sum 14(3):255-262.
- Rebollar, R. S., Posadas, D. R. R., Hernández, M. J., González, R. F. J., Guzmán, S. E., Rojo, R. R. 2011. Technical and economics optimal in feedlot cattle. Tropical and Subtropical Agroecosystems 14(2):413-420.
- Rebollar, R. S., Gómez, T. G., Callejas, J. N., Guzmán, S. E., Hernández, M. J. 2014. Óptimos económicos en cortes de carne de cerdo en dos regiones de México. Agronomía Mesoamericana 25(1):161-168.
- Rebollar, R. S., Callejas, J. N., Hernández, M. J., Gómez, T. G. 2016. Isocuanta de la producción de leche semi intensiva en una región del Estado de México. Ciencia Ergo Sum 23(2):171-177.
- Reyes, J. J., Martín, P. C., Gálvez, M., Rey, S., Capdevila, J., Noda, A. y Redilla, C. 2015. Comportamiento productivo de vacas mestizas Siboney, en condiciones de estabulación en el trópico. Avances de Investigación Agropecuaria 19(1):41-51.
- SAS Institute Inc. 2009. SAS/STAT 9.2. User's Guide. Segunda Edición. SAS Institute Inc Cary, NC.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2013. Boletín de leche, abril-junio de 2013. Recuperado de [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx). 2 de enero de 2014.

Wooldridge, J. 2010. Introducción a la econometría. Un enfoque moderno. Cuarta Edición. CENGAGE-Learning. México, Distrito Federal.

**\* Artículo recibido el día 12 de abril de 2017 y aceptado para su publicación el día 28 de noviembre de 2017.**