

# Análisis de la eficiencia del sistema vaca-becerro en México

## Analysis of the efficiency of the cow-calf system in Mexico

Nicolás Callejas-Juárez<sup>1‡</sup> y Aideé Callejas-Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia y Ecología. Periférico Francisco R. Almada km 1. 33820 Chihuahua, Chihuahua, México.

<sup>‡</sup> Autor para correspondencia (ncallejas@uach.mx)

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Contaduría y Administración. Circuito Universitario no. 1, Nuevo Campus Universitario. 31125 Chihuahua, Chihuahua, México.

Editora de Sección: Dra. Gabriela Rodríguez Licea

---

### RESUMEN

El análisis envolvente de datos es una técnica que permite analizar la productividad en términos de eficiencia, eficacia, calidad y economía relativas a fin de resolver la productividad de los sistemas de producción. El objetivo de la investigación fue analizar la eficiencia económica y técnica de 13 unidades representativas de producción (URP) vaca-becerro en México a través del análisis envolvente de datos (DEA por sus siglas en inglés) para probar la hipótesis si las URP con mayor escala de producción son más eficientes que las de menor escala de producción y la cuantía de la ineficiencia. Las escalas de producción de las URP fueron de 35 a 500 vacas en producción ubicadas en las cinco principales entidades productoras del sistema vaca-becerro. Las URP con mayor eficiencia económica fueron TM70, TM100 y VE 150; con mayor eficiencia técnica JA35 y mayor eficiencia total JA35, CH40, TM70, TM100 y VE150. La eficiencia económica promedio fue de  $73.7 \pm 18.2\%$ , la técnica  $44.6 \pm 27.4\%$  y total  $87.1 \pm 16.6\%$ ; lo que significa que las URP pueden aumentar su eficiencia económica 18.2%, eficiencia técnica 55.4% y eficiencia total 16.6% a fin de tener la productividad de la URP de mayor eficiencia. Además, utilizar cualquiera de los dos insumos proporcionó los mismos parámetros de eficiencia total. Por lo que, los productores del sistema vaca-becerro en México tienen su mayor oportunidad de crecimiento y desarrollo al mejorar los parámetros técnicos; aunque también pueden hacerlo, pero en menor proporción, con los parámetros económicos.

**Palabras clave:** análisis envolvente de datos, eficiencia económica, eficiencia técnica, eficiencia total, productividad.

### SUMMARY

Enveloping data analysis is a technique that allows productivity to be analyzed in terms of relative efficiency, efficiency, quality, and economy to solve the productivity of production systems. The objective of the research was to analyze the economic and technical efficiency of 13 representative units of production (URP) cow-calf in Mexico through The Enveloping Data Analysis (DEA) to test the hypothesis whether URPs with a larger production scale are more efficient than those of lower production scale and the amount of inefficiency. The production scales of the URPs were 35 to 500 cows in production and located in the five main producers of the cow-calf system. The most economically efficient URPs were TM70, TM100 and VE150; with higher JA35 technical efficiency and higher overall efficiency JA35, CH40, TM70, TM100 and VE150. The average economic efficiency was  $73.7 \pm 18.2\%$ , the technique  $44.6 \pm 27.4\%$  and total  $87.1 \pm 16.6\%$ , meaning that URPs can increase their economic efficiency by 18.2%, technical efficiency 55.4% and total efficiency 16.6%; to have the most efficient URP productivity. In addition, using either input provided the same total efficiency parameters. Therefore, producers of the cow-calf system in Mexico have their greatest opportunity for growth and development by improving technical parameters;

---

#### Cita recomendada:

Callejas-Juárez, N. y Callejas-Martínez, A. (2022). Análisis de la eficiencia del sistema vaca-becerro en México. *Terra Latinoamericana*, 40, 1-10. e941. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.941>

Recibido: 16 de marzo de 2021. Aceptado: 31 de enero de 2022  
Artículo. Volumen 40, junio de 2022

although they can also do so, but to a lesser proportion, with economic parameters.

**Index words:** *data analysis, economic efficiency, technical efficiency, total efficiency, productivity.*

## INTRODUCCIÓN

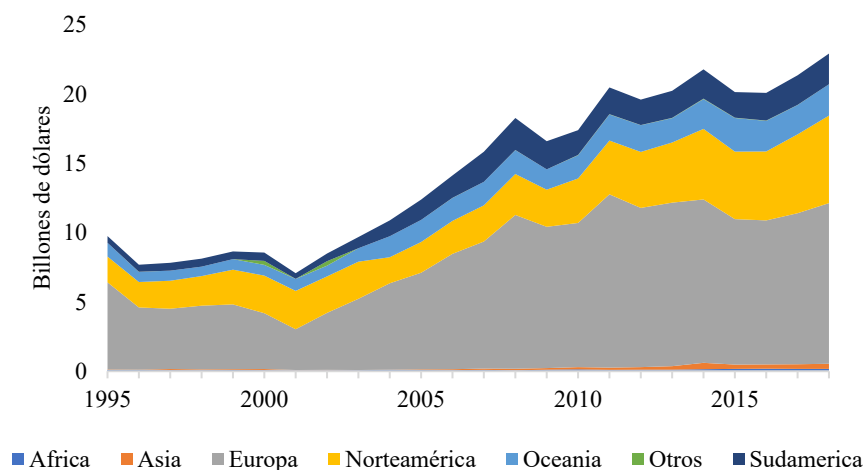
Existe la necesidad continua de medir la eficiencia de los recursos humanos, monetarios y naturales utilizados en los sistemas de producción (UP) y entre UP; es decir, medir la eficiencia, eficacia, calidad y economía en el uso de recursos y productos de los sistemas de producción. El objetivo de la medición es generar información que permita maximizar el uso de los recursos (eficiencia técnica o ET) y maximizar la ganancia monetaria (eficiencia económica o EE). La medida habitual de la eficiencia es a través del cociente del insumo (i) y el producto (j), no obstante, en los sistemas de producción pecuarios algunos insumos son utilizados para obtener más de un producto, por lo que la medida de eficiencia resulta inadecuada.

En este sentido, el comercio internacional de carne de res permite identificar elementos de eficiencia en el uso de los recursos. Las exportaciones mundiales de carne de bovinos son un ejemplo del uso de los recursos y las mediciones técnicas y económicas en la industria de la carne. En 1996 las exportaciones mundiales de carne de bovino fueron por 7.7 billones de dólares, para

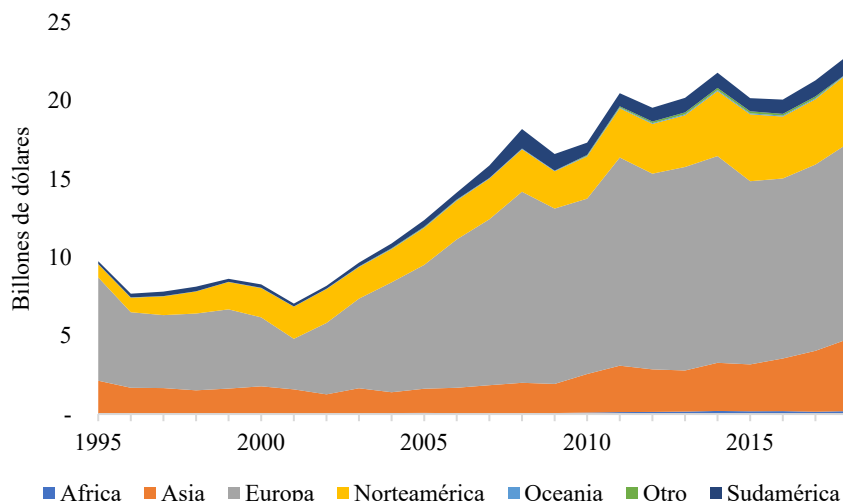
2010 fueron de 17.4 billones y en 2018 de 22.9 billones de dólares; es decir, creció 197.4%. En 1996, Estados Unidos de América fue el principal exportador con 16.9% de las exportaciones mundiales, para 2010 los países bajos aportaron 12.3% y nuevamente en 2018 los EUA 15.7% (Figura 1).

Así mismo, en el mercado de las importaciones mundiales, Japón fue el principal importador con 19.3% en 1996, Italia 15.5%, Francia 12.2% y Alemania 10.6%; mientras que para 2018, EUA importó 12.6%, Japón 8.7%, Alemania 8.5%, Italia 8.3% y los Países Bajos 7.2%. Esta relación de exportaciones e importaciones explicó el porqué, en 2018 Europa importó 54.5% de la carne de bovino, Asia 20.1%, Norteamérica 19.5% Sudamérica 4.8% y el resto África; a su vez, Europa exportó 50.5% de la carne de bovino, Norteamérica 27.6%, Oceanía 9.9%, Sudamérica 9.6% y el resto Asia y África (Figura 2).

Según datos de SEMARNAT (2016), la eficiencia del sistema vaca-becerro en México está caracterizada por altos coeficientes de agostadero en el norte del país (10.4 a 80.0 ha/UA) y bajo el resto del país (0.8 a 38.7 ha/UA). Sin embargo, los nueve estados del norte del país exportan en promedio 1.2 millones de terneros destetados por año y las demás entidades abastecieron al mercado nacional. Además, con 26.4 del inventario nacional (32.6 millones de cabezas) los estados productores del norte aportaron 28.0% del volumen nacional producido de carne de bovino en



**Figura 1. Comportamiento de las exportaciones mundiales de carne de bovino. Fuente: elaboración propia con datos de Atlas of Economic Complexity (CID, 2020). Figure 1. Behavior of world beef exports. Source: own elaboration with data from Atlas of Economic Complexity (CID, 2020).**



**Figura 2. Comportamiento de las importaciones mundiales de carne de bovino. Fuente: elaboración propia con datos de Atlas of Economic Complexity (CID, 2020). Figure 2. Behavior of world beef imports. Source: Own elaboration with data from Atlas of Economic Complexity (CID, 2020).**

2019; mientras que el resto con 73.6% del inventario nacional el 72.0% (SIAP, 2020). Según la encuesta nacional agropecuaria (INEGI, 2019) estimó que la distribución por edad del ganado bovino fue 38.4% mayores de tres años, 24.6% menores de un año, 19.0% de dos a tres años y 18.0% de 1 a dos años; lo que supone 64.2% de eficiencia en terneros nacidos; 24.3% de las unidades de producción utilizan algún tipo de tecnología (INEGI, 2020).

El análisis envolvente de datos (DEA) es un método no paramétrico (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978) que tiene como propósito analizar la productividad de las unidades de producción (UP) a través de cuantificar la eficiencia de los insumos. Las investigaciones económicas en el sistema vaca-becerro de México se han realizado en medir costos e ingresos de la producción y algunos en prospectiva de estos. Por ejemplo, Nolasco (2014<sup>1</sup>) analizó la sustentabilidad de la eficiencia de 21 UP bovinos carne de Sonora y encontró que la UP menos eficiente debe reducir sus insumos 49.7% y la más eficiente apenas tiene 80% de terneros nacidos. Morales y González (2017) mencionan que las variables como la genética, registros, alimentación, sanidad y mercado permiten incrementar la rentabilidad de la ganadería bovina de doble propósito en el trópico michoacano.

El objetivo de la investigación fue analizar la eficiencia económica y técnica de unidades representativas de producción (URP) vaca-becerro en México a través del análisis envolvente de datos (DEA por sus siglas en inglés) para probar la hipótesis si las URP con mayor inversión y escala de producción son más eficientes que las de menor escala de producción y la cuantía de la ineficiencia. Los datos económicos y técnicos de las URP fueron tomados del proyecto nacional de Agroprospecta (Villa-Hernández, 2010).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el año 2010 (Villa-Hernández, 2010) se recopilaron datos técnicos de producción de 13 unidades representativas de producción (URP) del sistema vaca-becerro, ubicadas en las cinco entidades federativas productoras más importantes de México y mediante el proyecto denominado “Agroprospecta”. Los datos técnicos corresponden a la producción del año 2010, así como datos retrospectivos de los últimos diez años. La URP (Pigou, 1928; Elliott, 1928; Robbins, 1997; Walker, 2019) se definió como la actividad del sistema de producción y no a la unidad de producción.

La URP fue el sistema vaca-becerro que tiene características homogéneas en escala de producción

<sup>1</sup> Nolasco-Motte, Y. (2014). *Sustentabilidad de la ganadería en Sonora, México. Una aplicación del modelo DEA al sector bovino extensivo*. Tesis para obtener el grado de Maestra en Economía. Facultad de Economía. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en <https://repositorio.unam.mx/contenidos/71962>

(número de vacas en producción), inversión y mercado para la venta de terneros cosechados o destetados. En todas las URP se invitó a un grupo de entre seis a ocho productores expertos en la actividad y escala de producción, para tres sesiones de trabajo; en la primera se obtuvieron los datos técnicos, en la segunda se validó la información y en la tercera se entregó el informe técnico. El análisis de datos se realizó con el software simetar® Richardson, Feldman, y Schuemann (1997).

Fueron seleccionados los dos insumos más importantes que caracterizan al sistema vaca-becerro en México (Callejas, Ortega, Domínguez y Rebollar, 2015); el insumo económico inversión por vaca ( $I_{URPij}$ ) y el insumo técnico escala de producción o número de vacas en producción ( $V_{URPij}$ ). Para el primer insumo (Cuadro 1) fueron seleccionados cuatro parámetros de eficiencia ( $PE_{URPij}$ ): el ingreso por vaca ( $IT_{URPij}$ ), retorno sobre activos ( $RSA_{URPij}$ ), ingreso neto por vaca ( $IN_{URPij}$ ) y el capital neto nominal por vaca ( $CNN_{URPij}$ ); mientras que para el segundo insumo (Cuadro 2) fueron seleccionados siete parámetros: carga animal ( $CA_{URPij}$ ), relación vaca-toro ( $VT_{URPij}$ ), terneros nacidos ( $TN_{URPij}$ ), terneros destetados ( $TD_{URPij}$ ), peso vivo de terneros al destete ( $PD_{URPij}$ ), producción de carne por hectárea ( $PH_{URPij}$ ) y producción de carne por vaca ( $PV_{URPij}$ ). Los parámetros de eficiencia económica ( $PEE_{URPij}$ ) fueron resultado del cociente entre el producto económico ( $IT_{URPij}$ ,  $RSA_{URPij}$ ,  $IN_{URPij}$  y  $CNN_{URPij}$ ) y la inversión por vaca; mientras que los parámetros de eficiencia técnica ( $PET_{URPij}$ ) se obtuvieron como el cociente del producto técnico ( $CA_{URPij}$ ,  $VT_{URPij}$ ,  $TN_{URPij}$ ,  $TD_{URPij}$ ,  $PD_{URPij}$ ,  $PH_{URPij}$  y  $PV_{URPij}$ ) y la escala de producción durante el año 2010.

$$PEE_{URP_i} = \frac{PP_{URP_i}}{E_{URP_i}}; PET_{URP_i} = \frac{PP_{URP_i}}{E_{URP_i}} \quad \dots(1)$$

La identificación de las URP fue con dos letras que corresponden a la entidad federativa y el número a la escala de producción: CH200 = Chihuahua 200 vacas en producción, VE150 = Veracruz 150 vacas en producción, JA100 = Jalisco 100 vacas en producción, TM70 = Tamaulipas 70 vacas en producción y TB60 = tabasco 60 vacas en producción (Cuadro 1 y Cuadro 2).

La eficiencia de las URP ( $E_{URPij}$ ) se midió a través de la metodología análisis envolvente de datos (DEA por sus siglas en inglés) propuesta por Farrell (1957) y posteriormente desarrollada por Charnes *et al.* (1978). La DEA, permite calcular el desempeño de las URP

a través de medidas de eficiencia absoluta, relativa y global. La eficiencia se define como la relación entre un insumo y un producto o insumos y productos (Porter, 1987).

La eficiencia económica relativa ( $EE_{URP_i}$ ) se obtuvo como el cociente de la  $EE_{URP_i}$  y la  $EE_{URP_i}$  más eficiente; de tal forma que la URP con la mayor eficiencia absoluta tomó un valor de 100%; de tal forma que la o las URP con 100% de eficiencia determinan la frontera de eficiencia y las URP que se encuentren por arriba o por debajo de esta serán ineficientes. Para que una URP ineficiente logre estar en la frontera de eficiencia tendrá dos opciones, la primera es incrementar su volumen producido con la cantidad de insumos actuales y la segunda, obtener el mismo volumen producido reduciendo la cantidad de insumos.

$$EE_{URP_i} = \frac{EE_{URP_i}}{I_{URP_i}} \quad \dots(2)$$

**Cuadro 1. Parámetros de eficiencia económica de las URP.**  
**Table 1. Economic efficiency parameters of URP.**

URP†	I‡	IT§	INE¶	RSA#	CNN**
	- - - -	\$1000	- - - -		\$1000
JA35	54.2	8.5	3	4.9	72.5
CH40	46.9	7.8	2.5	5.2	60
TB60	49.6	4.9	2.6	5.1	69
TM70	28.9	2.8	2.2	7.3	39.1
VE80	45.1	4.5	2.3	4.7	63.7
VEA80	58.8	10.1	3.7	6.2	81
TB90	33	3	1.3	3.8	42
JA100	79	9.5	3.8	4.6	104.4
TM100	43.4	8	1.9	9.6	67
VE150	9.4	2.6	0.6	5.7	13.1
CH200	42.5	2.4	2.4	4.6	57.8
TM300	50.1	2.8	1.1	1.5	64.6
CH500	28.8	3.2	1.7	5.2	40.6

† Unidad representativa de producción; ‡ Inversión total; § ingreso total; ¶ Ingreso neto en efectivo; # Retorno sobre activos; \*\* Capital neto nominal. Fuente: elaboración propia con datos de Agroprospecta (Villa-Hernández, 2010).

† Representative production unit; ‡ Total investment; § Total income; ¶ Net cash income; # Return on assets; \*\* Nominal net capital. Source: own elaboration with data from Agroprospecta (Villa-Hernández, 2010).

**Cuadro 2. Parámetros de eficiencia económica de las unidades representativas de producción (URP). Fuente: elaboración propia con datos de Agroprospecta (Villa-Hernández, 2010).**

**Table 2. Economic efficiency parameters of URP. Source: own elaboration with data from Agroprospecta (Villa-Hernández, 2010).**

URP†	Escala	V/T‡	PTN§	MH¶	PTD#	PT**	PCH**	PCV§§
	cabezas			%			kg	
JA35	35	35	74.3	3	97	225	83.6	167.1
CH40	40	40	75	2	98	150	26	110.3
TB60	60	30	50	5	95	180	50.4	84
TM70	70	35	65.7	2.5	97.5	182.5	100.4	114.7
VE80	80	40	50	5	95	180	68.4	85.5
VEA80	80	26.7	75	3	97	170	82.2	123.3
TB90	90	30	66.7	3	97	200	77.3	128.9
JA100	100	33.3	60	3	97	240	119	178
TM100	100	25	64	3	97	175	63.8	108.5
VE150	150	25	65.3	3	97	185	85.1	113.5
CH200	200	8.3	85	2	98	210	17.4	174.3
TM300	300	30	70	7	93	205	89.3	133.9
CH500	500	7.1	80	2	98	165	6.5	129.4

† Unidad representativa de producción; ‡ Relación vaca-toro; § Porcentaje de terneros nacidos; ¶ Mortalidad del hato; # Porcentaje de terneros destetados; \*\* Peso de los terneros al destete; \*\* Producción de carne por hectárea; §§ Producción de carne por vaca.

† Representative production unit; ‡ Cow-bull relationship; § Percentage of calf born; ¶ Herd mortality; # Percentage of calf weaned; \*\* Weight of calf at weaning; \*\* Meat production per hectare; §§ Beef production per cow.

De la misma forma, la eficiencia técnica relativa ( $ETR_{URPi}$ ) se obtuvo como el cociente de cada  $ET_{URPi}$  y la  $ET_{URPi}$  de la URP más eficiente, lo que representó la frontera de máxima eficiencia de la producción.

$$ETR_{URPi} = \frac{ET_{URPi}}{V_{URPi}} \quad \dots(3)$$

Una vez calculadas las eficiencias relativas económica y técnica de las URP se obtuvo la eficiencia económica total ( $EET_{URPi}$ ) y la eficiencia técnica total ( $ETT_{URPi}$ ). La medida de la eficiencia de cualesquiera unidades de toma de decisión (UP), aquí llamada URP, se obtiene como la máxima relación de insumos ponderados a productos sujetas a la condición de que las proporciones similares para cada UP sean menores o iguales a la unidad (Charnes *et al.*, 1978). En este caso, en lugar de obtener la eficiencia insumo - producto, esta se obtuvo considerando el insumo y todos los productos; de tal forma que las unidades k más eficientes representan la frontera de máxima eficiencia.

Tanto la eficiencia económica como técnica fueron evaluadas con  $k=4$  parámetros, la eficiencia económica consideró en su análisis los parámetros: ingreso total (IT), ingreso neto en efectivo (INE), retorno sobre activos (RSA) y capital neto nominal (CCN); en tanto que para analizar la eficiencia técnica se consideró los parámetros: porcentaje de terneros nacidos (PTN), porcentaje de terneros destetados (PTD), producción de carne por vaca (PCV) y producción de carne por hectárea (PCH). El objetivo es resolver el sistema de ecuaciones:

$$Max EET_{ij} = \frac{\sum_{URP=1}^{13} u_i Y_i}{\sum_{URP=1}^{13} v_j X_j} \quad \dots(4)$$

$$Sujeto a: \frac{\sum_{URP} u_i Y_{ij}}{\sum_{URP} v_j X_{ij}} \leq 1 \quad \dots(5)$$

$$u_i, v_j \geq 0 \quad \dots(6)$$

donde:  $u_i, v_j \geq 0$  son las ponderaciones o importancia relativa de cada producto e insumo y  $Y_p, X_j$  las cantidades de producto e insumo. Los valores  $u_i$  y  $v_j$ . Donde  $v_j$  es un vector hilera de ponderaciones de los parámetros y  $u_i$  es igual a 1. La restricción indica que la eficiencia de todas la UP sea menor o igual a 1 o 100 por ciento.

Aún cuando, el DEA es de tipo no paramétrico, los parámetros estimados fueron acompañados por su desviación estándar (promedio  $\pm$  SD) y el análisis descriptivo mediante la medida de posición de cuartiles.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros de Eficiencia Económica

Las URP invirtieron en promedio 43 823 $\pm$ 16 846 \$/vaca, en un rango de valores que oscilaron entre 9 400 (VE150) a 79 000 \$/vaca (JA100); 50% de las URP invirtieron 45 100 \$/vaca, 25% de las URP invirtieron más de 52 150 \$/vaca y 25% menos de 30 950 pesos. El IT promedio de las URP fue de 53 223 $\pm$ 28 968 \$/vaca, en un rango de 2400 (CH200) a 10 100 \$/vaca (VE80); 50% de las URP obtuvieron ingresos por 44 700 \$/vaca, 25% más de 81 750 \$/vaca y 25% menos de 27 750 \$/vaca. El INE promedio fue 2238 \$/vaca, en un rango de 600 \$/vaca (VE150) a 3800 \$/vaca (JA100). La mitad de las URP obtuvieron 2300 \$/vaca, 25% más de 2800 \$/vaca y 25% menos de 1500 \$/vaca.

Las URP obtuvieron en promedio 5.261.56% de RSA, en un rango de 1.5% (TM300) a 9.6% (TM100); 50% de las URP obtuvieron 5.1% de RSA, 25% más de 5.95% y 25% menos de 4.6%. Finalmente, el CNN promedio fue 59 600 \$/vaca y osciló entre 13 100 \$/vaca a 104 400 \$/vaca; 50% de las URP obtuvieron 63 700 \$/vaca, 25% más de 70 750 \$/vaca y 25% menos de 41 300 \$/vaca.

### Parámetros de Eficiencia Técnica

Las URP destinaron en promedio 3.8 $\pm$ 5.4 ha/vaca, en un rango de 0.8 ha/vaca (VE80) a 20 ha/vaca (CH500); el 50% de las URP utilizó 1.7 ha/vaca, 25% más de 3.2 ha/vaca y 25% menos de 1.4 ha/vaca. El número de vacas promedio por toro fue 28.1 $\pm$ 10.3; en un rango de 7.1 vacas/toro (CH500) a 40 vacas/toro (CH40); 50% de las URP asignó 30 vacas/toro, 25% más de 35 vacas/toro y 25% menos de 25 vacas/toro. El porcentaje de terneros nacidos fue 67.8 $\pm$ 10.5% en promedio, en un rango de 50.0% (VE80) a 85% (CH200); 50% obtuvieron 66.7%, 25% más de 75% y 25% menos de 62%. De los terneros nacidos, en promedio se cosecharon o destetaron 96.7 $\pm$ 1.5% en promedio, con un mínimo de 93% (TM300) a 98%; (CH40, CH200 y CH500); 50% cosecharon 97%, 25% más de 97.8% y 25% menos de 96%. El peso al destete promedio fue 189.8 kg, con 150 kg como mínimo

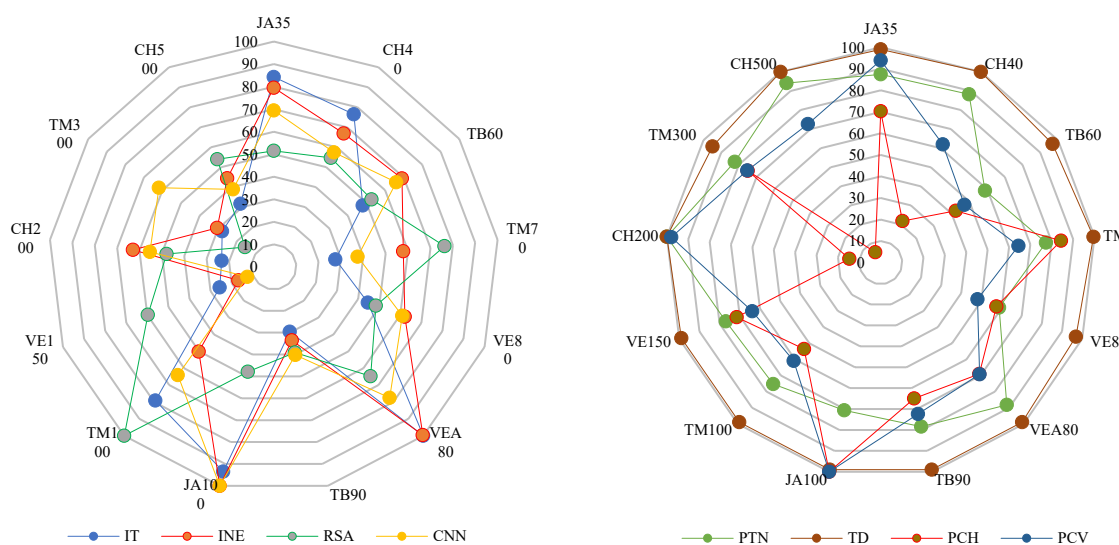


Figura 3. Parámetros relativos de eficiencia económica y técnica Fuente: elaboración propia con base en resultados.

Figure 3. Relative parameters of economic and technical efficiency Source: own elaboration based on results.

(CH40) y 240 kg como máximo (JA100); 50% de las URP reportaron 182.5 kg, 25% más de 207.5 kg y 25% menos de 172.5 kilogramos.

El volumen producido de carne de ternero fue  $66.9 \pm 33.3$  kg ha<sup>-1</sup>, un mínimo de 6.5 kg ha<sup>-1</sup> (CH500) y máximo de 119.0 kg ha<sup>-1</sup> (JA100); 50% obtuvo 77.3 kg ha<sup>-1</sup>, 25% más de 87.2 kg ha<sup>-1</sup> y 25% menos de 38.2 kg ha<sup>-1</sup>. Finalmente, el volumen promedio producido por vaca fue 127 030 3 kg, en un rango de 84.0 kg/vaca (TB60) a 178 kg/vaca (JA100); 50% obtuvo 123.3 kg/vaca, 25% más de 150.5 kg/vaca y 25% menos de 109.4 kg/vaca.

### Eficiencia Relativa

La URP JA100 obtuvo la mayor eficiencia económica relativa en los parámetros INE y CNN, VEA80 en IT y TM100 en RSA. En los parámetros de eficiencia técnica relativa el mejor en PTN y PTD fue CH200, JA100 en PCH y PCV, TB60 en PT y en VT TM100 y VE150. Al comparar las URP con la o las de mayor eficiencia, en la eficiencia económica 50% de las URP obtuvieron 44.7% de IT, 25% más de 81.8% y 25% menos de 27.8%; 50% obtuvieron 62.2% de INE, 25% más de 74.3% y 25% menos de 39.0%; 50% obtuvo 52.8% de RSA, 25% más de 62.3% y 25% menos de 47.9%; 50% obtuvo 61.0% de CNN, 25% más de 67.7% y 25% menos de 39.5%. En la eficiencia técnica, 50% de las URP tuvieron una VT de 120.0%, 25% más de 140.0% y 25% menos de 100.0%; 50% obtuvo 78.4% de PTN, 25% más de 88.2% y 25% menos de 73.0%; 50% obtuvo 99.0 de PTD, 25% más de 99.8% y 25% menos de 98.0%; 50% obtuvo 101.4% de PT, 25% más de 115.3% y 25% menos de 95.8%; 50% obtuvo 65.0%, 25% más de 73.3% y 25% menos de 32.1%; finalmente, 50% de las URP obtuvieron 69.2%, 25% más de 84.6% y 25% menos de 61.5% (Figura 3 y Cuadro 3).

Solamente 7.7% de las URP tuvieron 100% de eficiencia relativa técnica y la de menor escala de producción; en tanto que 15.4% tuvieron la máxima eficiencia relativa económica, lo que dio como resultado que 42.6% de las URP alcanzara una eficiencia relativa total. Considerando la variable técnica y los ocho parámetros, la eficiencia relativa total solamente 7.7% de las URP la alcanzó; mientras que considerando el insumo inversión por vaca, la eficiencia relativa total la alcanzó 15.4% de las URP (Cuadro 3).

Entonces, es posible observar que la escala de producción (medido en número de vacas en producción) genera eficiencias relativas menores y más reales para evaluar la eficiencia del sistema vaca-becerro en México. Además, la importancia de los parámetros o productos económicos de las URP en la eficiencia económica relativa fue distinta el IT representó 23.4%, INE 5.6%, RSA 67.9% y CNN 3.1%; mientras que en la eficiencia técnica PTN representó 27%, PTD 26.0%, PCH 27.1% y PCV 19.9%. Es decir, representan los valores económicos del sistema vaca becerro en México.

### Análisis

Al evaluar la eficiencia de las URP mediante dos insumos, uno económico y otro técnico fue posible responder a las dos preguntas más importantes que todo productor o inversionista se hace cada ciclo productivo ¿la URP generará ganancia monetaria?, ¿Cuáles parámetros de eficiencia técnica son los más importantes en la URP? En bovinos doble propósito, Urdaneta (2009) consideró utilizar como parámetros de eficiencia kilogramos de carne producidos por hectárea, ganancia monetaria por hectárea, ganancia monetaria por vaca, ingreso por hectárea y costo por hectárea.

El primer valor de uso, para los productores de esta investigación, es que las URP con mayor eficiencia económica y técnica deberían ser tomadas como modelo para mejorar los parámetros de eficiencia. En la eficiencia económica la URP VEA80 debe ser un modelo por seguir en el parámetro ingreso por vaca, TM100 en RSA, y JA100 en INE y CNN. En la eficiencia técnica, CH200 en PTN, CH40 en PT, JA100 en PCH y PCV.

Así mismo, la baja competitividad del sistema vaca-becerro está determinada por una baja eficiencia de los parámetros técnicos y económicos de las URP. Las URP con mayor eficiencia total fueron JA35, CH40, TM70, TM100 y VE150; representaron 38.5% del total. La eficiencia total (económica y técnica) de las URP fue de  $74.5 \pm 31.3\%$ , lo que significa que, para alcanzar la eficiencia de las URP más eficientes, las URP menos eficientes tendrían que incrementar su eficiencia 25.5% en promedio.

Por lo tanto, la eficiencia económica de las URP puede considerarse media en el sistema de producción vaca-becerro, apenas fue en promedio  $69.6 \pm 27.8\%$ .

**Cuadro 3. Eficiencia económica y técnica total. Fuente: elaboración propia con base en resultados.**  
**Table 3. Total economic and technical efficiency. Source: own elaboration based on results.**

URP <sup>†</sup>	ET <sup>‡</sup>	EE <sup>§</sup>	ET <sup>¶</sup>	ETV <sup>#</sup>	ETI <sup>**</sup>
JA35	1	0.781	1	1	0.781
CH40	0.884	0.767	1	0.928	0.767
TB60	0.571	0.712	0.85	0.598	0.712
TM70	0.601	1	1	0.741	1
VE80	0.428	0.707	0.776	0.428	0.707
VEA80	0.442	0.897	1	0.55	0.897
TB90	0.389	0.532	0.922	0.389	0.533
JA100	0.498	0.665	0.788	0.498	0.665
TM100	0.35	0.668	1	0.679	0.668
VE150	0.238	1	1	0.271	1
CH200	0.2	0.74	0.767	0.2	0.755
TM300	0.125	0.319	0.43	0.125	0.322
CH500	0.075	0.794	0.795	0.075	0.795
Promedio	0.446	0.737	0.871	0.499	0.739
Desviación estándar	0.274	0.182	0.166	0.291	0.182

<sup>†</sup>Unidad representativa de producción, <sup>‡</sup> Eficiencia técnica relativa, <sup>§</sup> Eficiencia económica relativa, <sup>¶</sup> Eficiencia técnica total, <sup>#</sup> Eficiencia total con el insumo vacas en producción, <sup>\*\*</sup> Eficiencia total con el insumo inversión por vaca.

<sup>†</sup> Representative production unit, <sup>‡</sup> Relative technical efficiency, <sup>§</sup> Relative economic efficiency, <sup>¶</sup> Overall technical efficiency, <sup>#</sup> Total efficiency with the input cows in production, <sup>\*\*</sup> Total efficiency with investment input per cow

Solamente tres URP obtuvieron la eficiencia económica máxima (TM70, TM100 y VE150), lo que implica que para que las URP alcancen el 100% de las URP más eficientes, tendrían que incrementar su eficiencia económica  $39.5 \pm 25.1\%$ . Aunque, en los parámetros económicos, el área de oportunidad está en todos ellos.

Mientras que, los parámetros analizados mostraron 19.1% menos eficiencia que los parámetros económicos; solamente JA35 tuvo la mayor eficiencia técnica relativa (100%). Lo que implica una gran área de oportunidad para los productores, porque pueden crecer su eficiencia técnica hasta 55.4% en promedio. El mejor parámetro fue PTD (98.6%) porque apenas alcanzan una mortalidad de 3.3%; la mayor área de oportunidad está en PCH, apenas fue 56.2% y puede explicarse por el alto coeficiente de agostadero en el estado de Chihuahua (en general los estados del norte del país). Al considerar URP de todo el norte de México, el parámetro PCH aún sería mayor por el aún mayor coeficiente de agostadero que existe en Sonora

y California. Como resultado, las URP con mayores escalas de producción tuvieron un desempeño no significativamente distinto ( $P = 0.603$ ) en sus parámetros de eficiencia económica que las URP de menor escala (menos de 10 vacas en producción). Sin embargo, en los parámetros de eficiencia económica la diferencia sí fue significativamente distinta ( $P < 0.05$ ). Una explicación del porqué la eficiencia económica no fue diferente es que el precio de mercado del hato se determina en el mercado intencional; considerando que el producto pecuario más importante de exportación son los terneros.

Finalmente, aunque existe un área de oportunidad en los parámetros económicos de las URP, es necesario investigar a fondo (más escalas de producción y en una mayor superficie del país) la eficiencia técnica con la finalidad de diseñar y proponer políticas públicas acordes a las necesidades de los productores. Una segunda estrategia es generar una fuente de información acorde a las necesidades de los productores que permita monitorear el crecimiento y desarrollos de las URP en todo el país.



## CONCLUSIONES

Es claro que el principal reto de las URP del sistema vaca becerro en México se encuentra en mejorar la eficiencia de los parámetros técnicos, sin descuidar los parámetros económicos. Por lo que, la competitividad del sistema de producción puede considerarse media y está determinada por la baja eficiencia técnica. A su vez, la variable escala de producción mide la eficiencia relativa más real que la variable inversión por vaca y es indistinto utilizar alguna alguno de los dos insumos para estimar la eficiencia total porque produce los mismos resultados. Por lo tanto, la improductividad del sistema vaca-becerro en México pudiera continuar incrementándose si las URP consideran los parámetros económicos como los más importantes, cuando su mayor área de oportunidad se encuentra en los parámetros técnicos.

## DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

## CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

## DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los datos utilizados en esta investigación están disponibles [https://www.researchgate.net/publication/256476309\\_Reporte\\_de\\_Unidades\\_Representativas\\_de\\_Produccion\\_Pecuaria\\_Panorama\\_economico\\_2008-2018](https://www.researchgate.net/publication/256476309_Reporte_de_Unidades_Representativas_de_Produccion_Pecuaria_Panorama_economico_2008-2018) y corresponden a una investigación en donde el autor principal fue el responsable de las Unidades Representativas de Producción bovinos carne.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores manifestamos no tener intereses en competencia.

## FONDOS

Todos los recursos utilizados en la investigación y redacción del artículo científico son propios de los autores.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Los autores manifestamos participar en todos los procesos para la redacción del manuscrito.

## LITERATURA CITADA

- Callejas-Juárez, N., Ortega-Gutiérrez, J. A., Domínguez-Viveros, J., & Rebollar-Rebollar, S. (2015). La producción de becerros en Chihuahua: un análisis económico marginal. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 19(2), 51-66.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- CID (Harvard's Growth Lab at the Center for International Development at Harvard University). (2020). The atlas of economic complexity. Cambridge, MA, USA: University of Harvard. <http://www.atlas.cid.harvard.edu>
- Elliott, F. F. (1928). The "representative firm" idea applied to research and extension in agricultural economics. *Journal of Farm Economics*, 10(4), 483-498. <https://doi.org/10.2307/1229927>
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253-281. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- INEGI. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2019) *Encuesta nacional agropecuaria 2019*. Consultado el 15 de marzo, 2020, desde <https://www.inegi.org.mx/app/saladeprensa/noticia.html?id=6016>
- INEGI. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2020). *Encuesta Nacional Agropecuaria*. Consultado el 15 de marzo, 2020, desde [https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2019/#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2019/#Datos_abiertos).
- Pigou, A. C. (1928). An analysis of supply. *The Economic Journal*, 38(150), 238-257. <https://doi.org/10.2307/2223864>
- Porter, P. K., & Scully, G. W. (1987). Economic efficiency in cooperatives. *Journal of Law & Economics*, 30, 489-512. <https://doi.org/10.1086/467146>
- Richardson, J. W., Feldman, P., & Schuemann, K. (2003). *Simulation for applied risk management with an introduction to simetar*. TX, USA: Department of Agricultural Economics Texas A&M University College Station.
- Robbins, L. (1997). The representative firm. In S. Howson (Ed.). *Economic science and political economy* (pp. 15-31). London: Palgrave Macmillan. [https://doi.org/10.1007/978-1-349-12761-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-349-12761-0_2)
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2016). *Coeficiente de agostadero por entidad*. Consultado el 15 de marzo, 2020, desde [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio\\_2016/archivos/02\\_agrigan/D2\\_AGRIGAN04\\_06.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2016/archivos/02_agrigan/D2_AGRIGAN04_06.pdf)
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2020). *Resumen de la producción ganadera*. Consultado el 20 de marzo, 2020, desde [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecResumen.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecResumen.jsp)

- Morales-Ventura, A. G., & González-Pérez, J. M. (2017). La economía zootécnica y los elementos claves para elevar la rentabilidad, en las empresas ganaderas de bovinos de doble propósito en el trópico michoacano. *Realidad Económica*, 19(51), 71-80.
- Urdaneta, F. (2009). Mejoramiento de la eficiencia productiva de los sistemas de ganadería bovina de doble propósito (Taurus-Indicus). *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 17(3), 109-120.
- Villa-Hernández, G. (Ed.). (2010). Reporte de unidades representativas de producción pecuaria. Panorama económico 2008-2018. Texcoco, México: Universidad Autónoma Chapingo. ISBN: 9786071201263
- Walker, P. (2019). *The representative firm*. Available at SSRN 3466052. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3466052>