



## Factores que influyen en la eficiencia de sistemas de producción de bovinos en Michoacán, México

### Factors that influence efficiency in bovine production systems in Michoacán, México

#### Autores

- ✉ <sup>1\*</sup> Melba Ramírez González
- ✉ <sup>2</sup> Rodrigo Chávez Martínez
- ✉ <sup>3</sup> Raquel Eneida Ramírez González
- ✉ <sup>4</sup> Benjamín Gómez Ramos

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

<sup>2</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

<sup>3</sup> Promotora Nacional de Economía Solidaria (PRONAES. SAPI).

<sup>4</sup> Instituto Tecnológico del Valle de Morelia.

Código JEL: O13; O1; O18.

**Citacion sugerida:** Ramírez González, E., Chávez Martínez, R., Ramírez González, R. E., Gómez Ramos, B. (2025). Factores que influyen en la eficiencia de sistemas de producción de bovinos en Michoacán, México. *Revista ECA Sinergia*, 16(1), 1–13. <https://doi.org/10.33936/ecasinergia.v16i1.7089>

Recibido: 29/10/2024

Aceptado: 17/12/2024

Publicado: 08/01/2025

#### Resumen

El objetivo de este trabajo es identificar los factores que influyen sobre la eficiencia de las unidades de producción (UP) de bovinos en la región centro del estado de Michoacán. Se trabajó con 15 UP de pequeña escala. Se midió la productividad y costos por 12 meses. Se determinó la rentabilidad por Retorno Sobre Activos (ROA) y el análisis de la eficiencia global con Análisis Envolvente de Datos (DEA-VRS). Se realizó un análisis de correlación de Kendall Tau-b con significancia de 0.05. Resultados: el promedio de los indicadores respectivos: tamaño de hato total (TH) 25.2±20; Número de Vacas (NV) 13.1±8.1; Número de hectáreas Totales (NHT) 8.9±5.2; Número de Jornales Totales (NJT) 1.2±0.5; Activos Circulantes (AC) \$184,762±274,021; Activos Fijos (AF) \$2,820,612±2,732,428; Litros de leche/vaca/año 3,728±1,552; Kg de carne/vaca/año 275±126.4; ROA 8.0%±0.1. La eficiencia fue 100% en 9 UP y en los 6 restantes el promedio es de 54.7±18%. Los factores que influyen en la eficiencia con una correlación fuerte son: Kg carne/vaca (-0.628), AF (-0.655) y con una correlación media son: el IT (-0.545), NV (0.419), NHT (-0.574), AC (-0.492). Para mejorar la eficiencia deben concentrarse en mejorar la rentabilidad a partir la gestión del incremento de la producción de leche.

**Palabras clave:** Análisis de empresas agropecuarias, Modelos de análisis de eficiencia; Desarrollo económico agropecuario.

#### Abstract

The aim of this work is to identify the factors that influence the efficiency of cattle productions unit (PU) in the central region of state of Michoacán. To this end, we worked with 15 small scale PU. Productivity and cost were measured for 12 months. Profitability and cost were measured for 12 months. Profitability was determined through Return on Assets (ROA). The analysis of the overall efficiency was carried out Data Envelopment analysis (DEA-VRS). A Kendall Tabu-b correlation analysis was performed with significance of 0.05. the results show the average of the respective indicators: total herd size (TH) 25.5±20; Number of Cows (NV) 13.1±8.1; Total Hectares (NHT) 8.9±5.2; Number of Total Wages (NJT) 1.2±0.5; Current Assets (CA) \$184,762±274,021; Fixed Assets (AF) \$2,820,612±2,732,428; Liters of milk/cow/year 3,728±1,552; Kg of meat/cow/year 275±126.4; ROA 8.0±0.1%. The efficiency is 100% in 9 UP and the remaining 6 the average is 54.7±18%. The factors influencing efficiency with a strong correlation are: Kg beef/cow (-0.628), PA (-0.655) and with a medium relation are: IT (-0.545), NV (0.419), NHT (-0.574), AC (-0.492). To improve efficiency, they should focus on improving profitability by managing the increase in milk production.

**Keywords:** Analysis of livestock companies, Efficiency analysis models, Agricultural economic development.



## INTRODUCCIÓN

En México, el 88% de las unidades de producción de leche se encuentran clasificadas como unidades de producción de pequeña escala y aporta hasta el 37% de la producción nacional (Galindo y Rayas, 2022). En este sistema es común que se utilice como principal fuente de alimentación del ganado, el forraje y grano producido en el sistema agrícola de la misma unidad de producción, así como la mano de obra de la familia (Ojeda *et al.*, 2020).

Se ha estudiado en diversos aspectos a los sistemas de producción de leche para la mejora de la productividad a partir de la nutrición, reproducción, sanidad y tecnologías, sin embargo, el análisis económico y empresarial como un modelo de negocio se ha hecho con menos frecuencia (Carrasco *et al.*, 2022) y menos aún en el estudio de la eficiencia en los sistemas de producción de pequeña escala.

La eficiencia contempla la habilidad de obtener el máximo nivel productivo con un determinado nivel de insumos (Herrera *et al.*, 2015) o de minimizar el nivel de recursos que se utilizan para obtener una producción determinada.

La eficiencia puede medirse de diferentes maneras y una de ellas es a través del Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis: DEA), la cual es una metodología útil para evaluar la eficiencia relativa de un conjunto de unidades productivas homogéneas en un determinado sentido, a partir de un análisis no paramétrico que utiliza la programación lineal, con una serie de entradas (inputs) y salidas (outputs) dentro de la empresa o unidades bajo estudio (Olmedo *et al.*, 2017)

Rodríguez, Brugiafredo y Raña (2017) mencionan que la metodología DEA se puede utilizar en las empresas agropecuarias para analizar la eficiencia técnica bajo el supuesto de rendimientos constantes de escala (CRS), sin embargo, este supuesto será válido solamente cuando las UP operen en una escala homogénea, como podría ser el tamaño de la unidad de producción, tipos de sistemas de producción o la cantidad de recursos con los que cuenta; por el contrario, cuando existen diferencias en el tamaño de las unidades de producción, la eficiencia puede trabajarse con un supuesto de rendimientos variables de escala (VRS) (Bahta *et al.*, 2023). La frontera tecnológica provendrá de las mismas unidades de producción que hacen la decisión (Decision Making Unit: DMU) con el mismo tipo de recursos y posibilidades para que sea válida la comparación (López, Fernández y Morales, 2007).

El DEA se ha utilizado en el sector agropecuario para medir la eficiencia técnica de las explotaciones agrarias, a partir de variables de tipo socioeconómico y geoespacial, obteniendo la eficiencia técnica global, la eficiencia técnica pura y las ineficiencias causadas por la tecnología (Márquez *et al.*, 2013). En otros estudios del sector agrícola, el uso del DEA ha permitido identificar las posibilidades de mejora de la eficiencia de forma generalizada, mismos que se enfocan en el mercado y el tamaño de la empresa (Jorge y Díaz, 2018). En el sector pecuario, Callejas y Callejas (2022) utilizaron el análisis de la eficiencia a través del DEA e identificaron la eficiencia técnica y eficiencia total a partir de los indicadores productivos y económicos de las UP, encontrando que los que tienen un mayor peso para mejorar la eficiencia en el sistema vaca-becerro son los parámetros técnicos.

En los sistemas agropecuarios y específicamente en la producción de leche, la eficiencia se puede medir a partir de los indicadores: producción de leche y carne, producción por hectárea de los principales productos pecuarios, la cantidad de forraje y alimento empleado, los costos de producción y la combinación específica de los recursos utilizados y el producto obtenido (Arzubi y Berel, 2001, Soto, Uña y Machado, 2018). Sin embargo, cada región y sistema de producción tiene recursos particulares que combinándolos pueden dar resultados diferentes. Es por ello que, es importante conocer los factores que limitan o favorecen el uso de los recursos en las unidades de producción y de esta manera, tener la posibilidad de proponer alternativas que mejoren su viabilidad (Angón *et al.*, 2013). Por tanto, el objetivo de esta investigación es identificar los factores que influyen sobre la eficiencia de las unidades de producción de bovinos en la región centro del estado de Michoacán.

## METODOLOGÍA

El presente es un artículo de investigación de tipo cuantitativa, debido a que los datos que se obtienen requieren un orden en donde se utilizan datos medibles y observables, susceptibles a cuantificar (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 4). En concordancia con Méndez Álvarez (1998) tiene un alcance de investigación explicativo, al contener variables que a su vez contienen otras variables -tal es el caso del ROA y la misma eficiencia- tiene una relación multicausalidad y el modelo obtenido como resultado puede constituirse a un aporte a la explicación de los hechos y fenómenos que se generalizan a partir del problema de investigación (p. 130), así como relacionar las observaciones con las conclusiones contenidas (Fernández y Martínez, 2020, p. 76). Sin embargo, a pesar de que los datos utilizados en esta investigación son de origen cualitativo, para llegar a ellos, se tiene detrás un proceso de toma de decisiones y manera de visualizar los resultados por parte de los dueños de las unidades de producción, por lo que se trabajó con un paradigma interpretativo, al considerar que en este trabajo se integra al sujeto y objeto con interacciones con el medio social, tomando en cuenta el contexto en el que se desenvuelven (Durán, 2021).

Este estudio se desarrolló en 15 unidades de producción de bovinos en pequeña escala en la Región Centro-Norte del estado de Michoacán, específicamente en tres municipios (Morelia con 6 UP, Álvaro Obregón con 6 UP y Tarímbaro con 3 UP). El tipo de muestreo que se utilizó fue no probabilístico “muestreo intencionado” basado en el conocimiento previo de la población (Quispe, 2004; Hernández y Carpio, 2019).

La selección de productores fue a través de la participación voluntaria de cada uno de ellos y se buscó que cumplieran con los criterios recomendados por Bonilla y Rodríguez, (2005): a) que las UP estuvieran en la misma zona de estudio, b) el sistema de producción sea para leche, c) el tamaño de las UP corresponda a pequeña escala, d) semejante nivel tecnológico.

Las herramientas para la recolección de datos fue la observación directa para identificar físicamente los activos y características propias de cada unidad de producción. Para la recolección de la información técnica y económica se implementó un control de producción durante 12 meses, con la finalidad de obtener la producción de leche y carne a través de una cédula de registro prediseñada para registrar la información de costos en que se incurrieron durante un año y la producción (Cartier, 2016). La información colectada relacionada con los costos es: insumos, mano de obra fija y eventual, familiar y contratada, compra de concentrados, forrajes, medicamentos y herramientas. Para la recolección de la información técnica, se pesó la leche producida por las vacas cada mes, durante la lactancia de las mismas durante el año y la producción de carne, a partir de la venta de becerros y animales de desecho.

Se registró en las cédulas, todas las ventas de leche, carne y productos y subproductos agrícolas producidos en la unidad de producción, así como los activos fijos (instalaciones físicas para el establo y corrales, maquinaria, equipo y vehículos para la actividad agrícola) y activos circulantes (semovientes y cuentas en banco y caja). Estos datos se utilizaron para realizar el análisis económico de las unidades de producción, a partir del método de costos por proceso y costos absorbentes (Villanova, 2013; Sagarnaga, Salas y Águilar, 2018), para contemplar los costos correspondientes a la actividad ganadera y la actividad agrícola. Los costos de los forrajes consumidos por los animales, se tomaron en cuenta los obtenidos por la actividad agrícola de las UP. Una vez obtenidos los costos e ingresos, se calculó la utilidad neta, necesaria para realizar el análisis de rentabilidad. La utilidad se hizo con las fórmulas propuestas por Izar (2017) y Chu (2014):

$$\text{Costo Total} = \text{Costos variables} + \text{Costos Fijos}$$

$$\text{Utilidad Neta} = \text{Utilidad gravable} - \text{Impuestos}$$

$$\text{Utilidad Gravable} = \text{Utilidad antes de impuestos} - \text{Pago de intereses}$$

$$\text{Utilidad antes de impuestos} = \text{Utilidad bruta} - \text{gastos generales}$$

$$\text{Utilidad bruta} = \text{Ingresos} - \text{Egresos}$$

$$\text{Costo por litro de leche} = \frac{\text{Costo total} \times \% \text{ de costo ponderado para la producción de leche}}{\text{litros totales de leche por hato al año}}$$

$$\text{Costo por kg de carne} = \frac{\text{Costo total} \times \% \text{ de costo ponderado para la producción de carne}}{\text{kilogramos totales de carne por hato al año}}$$



Una vez obtenida la utilidad neta, se procedió a realizar el análisis de la rentabilidad, siguiendo la propuesta de Boston, Rodríguez y Flores (2005); Chu (2014) e Izar (2017):

$$\text{Rentabilidad Sobre Activos} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Activo total}}$$

$$\text{Activo total} = (\text{Activo circulante} + \text{Activo fijo}) - \text{Depreciaciones}$$

Con los datos económicos y técnicos, se determinó la eficiencia a través del Análisis de Datos Envolventes (DEA) con el modelo de Rendimiento de Escala Variables (VRS) al tener un tamaño diferente de cabezas de ganado y recursos, acorde al modelo propuesto por Rodríguez, Brugiafreddo y Raña (2017):

Min  $_Z_i$

s.a.

$$X_i Z - x_1 \lambda_1 - x_2 \lambda_2 - \dots - x_N \lambda_N \geq 0$$

$$x_1 \lambda_1 + x_2 \lambda_2 + \dots + x_N \lambda_N \geq Y_i$$

$$\lambda_N \geq 0$$

Donde:  $Z$  = eficiencia técnica de entrada;  $Z_i$  es el porcentaje de recursos que debe consumir la Unidad de Toma de Decisiones (DMU) en las entradas para ser eficiente. Los valores  $\lambda_i$  indican las DMU referentes para que la analizada llegue a la frontera de eficiencia. Los inputs ( $x$ ) calculados son: costo de kg de leche y costo de kg de carne. Los outputs ( $Y$ ) calculados son: kg de leche por vaca al año, kg de carne por vaca al año, utilidad por kg de leche, utilidad por kg de carne y rentabilidad a partir del ROA. El análisis se realizó en el software RStudio. Para determinar los factores que influyen en la eficiencia se realizó un análisis de correlación de Pearson con 0.05 de significancia en el software SPSS versión 25 entre los indicadores relacionados con la eficiencia y los inputs y outputs utilizados para este estudio.

## RESULTADOS

Las unidades de producción entran dentro de la clasificación de pequeña escala, al reportar menos de 50 vacas en producción. La cantidad promedio de jornales todas las UP es de  $1.23 \pm 0.46$ . El tipo de mano de obra es preponderantemente familiar, con  $0.92 \pm 0.20$  jornales por UP. El resto de la mano de obra es contratada (UP 1, 2, 5, 8, 13 y 15 son quienes contratan). La productividad de leche de las vacas por año, implica un promedio al día de 10 litros aproximadamente por vaca. En el caso de las UP 1, 2, 5, 6, 13, 14 y 15 realizan dos ordeños al día. El resto de las UP ordeñan solamente una vez al día por la mañana. Las razas que se utilizan en todas las unidades de producción son cruce de criolla con Holstein, por lo que es mayor la tendencia para la producción de leche, más que de carne. Todos los productores, a excepción del número 3, mantienen en su UP a los machos nacidos para que permanezcan en sus primeras etapas de crecimiento y engorda y posteriormente los venden a finalizadores o consumidores finales locales. El productor N° 3, vende a todos los machos al destete (2 meses) o antes (Ver Tabla 1).

Tabla 1.

*Recursos e Indicadores técnicos de las Unidades de Producción estudiadas.*

UNIDAD DE PRODUCCIÓN	INDICADORES								
	Número de vacas	N° de Unidades Animal	Número de hectáreas	Raza	Índice Tecnológico general	Kilos de leche por hato/año	Kg/ carne/ hato/ año	Kg/ leche/ vaca/ año	Kg/ carne/ vaca/ año
1	8	19	22	Holstein	0.85	39,585	11,600	4,948	350
2	13	24	13	HFXSimmental	0.63	39,186	3,550	3,014	273
3	25	51	15	HFXCebuino	0.32	15,312	5,200	1,531	5
4	7	14	4	HFXSuizo	0.46	15,686	800	2,241	114
5	8	19	6	Holstein	0.81	34,475	2,620	4,309	328
6	8	20	5	HFXSuizo	0.61	24,516	2,400	3,065	300
7	20	31	6	HFXCebuino	0.47	47,795	2,000	2,390	100
8	35	87	8	HFXCebuino	0.28	100,806	8,250	2,880	236
9	16	26	4	HFXJersey y Cebu	0.28	24,897	4,370	1,556	273
10	7	12	3	HFXCebuino	0.22	25,909	2,100	3,701	300
11	8	13.5	8	HFXCebuino	0.22	31,417	1,550	3,927	194
12	4	8	8	HFXJersey y Cebu	0.59	16,001	1,150	4,000	288
13	11	15.5	11	Holstein	0.82	62,448	1,500	5,677	136
14	10	14	7	Holstein	0.40	61,356	4,000	6,136	400
15	12	26	14	Holstein	0.77	77,121	4,500	6,427	375
$\bar{x}$	13	25.2	9			41,101	3,706	3,720	245
$\sigma$	8	20.0	5			24,822	2,918	1,559	113

En cuanto a recursos, los primeros 6 productores de la lista (de la UP 7 a la 12), quienes corresponden al municipio de Morelia, tienen sus tierras de cultivo de temporal en su totalidad. Esto implica que los forrajes que siembran para alimentación de las vacas las unidades de producción que si tienen riego es alfalfa (*Medicago sativa*) y cultivos de invierno, como avena (*Avena sativa*) y en menor proporción el garbanzo (*Cicer arietinum*), mismo que utilizan con mayor frecuencia los productores que no tienen riego en sus tierras, utilizándolo como cultivo de humedad residual del temporal.

Tabla 2.

*Indicadores económicos de las Unidades de Producción estudiadas*

UP	Costo litro/ leche (\$)	Costo kilo/ carne (\$)	Utilidad por litro/ leche	Utilidad kg/ carne	Utilidad neta (\$)	% utilidad de la ganadería	% de utilidad de otra actividad	Activos circulantes (\$)	Activos fijos (\$)	ROA
1	4.76	29.80	1.99	6.20	519,799	39%	61%	1,092,850	10,790,430	4.4%
2	5.91	37.86	1.09	-1.86	406,650	45%	55%	82,250	4,089,333	9.9%
3	6.03	13.90	0.97	22.10	197,629	50%	50%	168,000	1,199,200	14.5
4	5.76	25.91	2.24	10.09	198,414	50%	50%	108,650	1,422,158	13.7
5	6.10	32.00	0.90	4.00	263,403	60%	40%	29,900	2,948,188	9.1%
6	4.91	34.00	1.09	5.00	26,763	100%	0%	179,750	1,306,494	1.8%
7	6.52	25.83	1.48	10.17	58,675	100%	0%	40,000	854,380	6.8%
8	3.16	17.53	4.20	18.47	506,926	100%	0%	451,000	2,311,490	18.4
9	3.52	26.78	1.98	9.22	96,143	100%	0%	112,250	1,417,190	6.4%
10	4.30	30.79	1.20	5.21	37,981	100%	0%	23,400	2,019,320	1.9%
11	5.53	37.94	-0.03	-1.94	11,893	100%	0%	71,975	707,590	-1.5%
12	5.55	21.50	0.20	14.50	20,641	85%	15%	41,250	1,433,179	1.4%
13	4.74	32.69	2.26	3.31	182,970	69%	31%	19,750	3,209,490	5.9%
14	4.02	27.81	1.98	8.19	275,459	73%	27%	208,000	1,575,683	15.8
15	3.72	25.60	2.28	10.40	826,395	45%	55%	142,400	7,025,050	11.6
$\bar{x}$	4.97	28.00	1.59	8.20	240,397	74.5%	25.5%	184,762	2,820,612	8.01
$\sigma$	1.05	6.80	1.02	6.66	236,216	24.5%	24.5%	274,021	2,732,428	0.06

Los indicadores económicos observados en la Tabla 2 muestran que el productor 11 presenta pérdidas en la producción de leche y la producción de carne, generando una utilidad neta negativa y por consiguiente un ROA negativo también. El resto de las unidades de producción tienen rentabilidades positivas, pero solamente cinco UP superan el 10% de rentabilidad. Tres UP (6, 10 Y 12) tienen menos del 2% de rentabilidad.

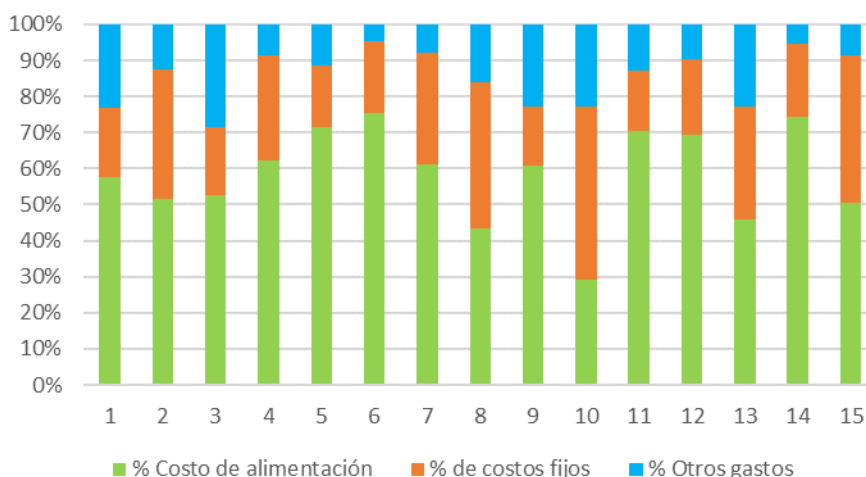
En relación con los Activos con los que cuentan para la actividad agropecuaria, el primer productor destaca por tener los activos fijos más altos, seguido del último productor de la lista. Estos productores tienen esas cifras porque el primero tiene dos tractores y una mayor cantidad de implementos agrícolas. El último productor tiene como distintivo la cantidad de tierra con la que cuentan, la ubicación de las mismas (cercana a un fraccionamiento urbano) y la cantidad de bodegas con las que cuentan ambos productores. Los productores contemplan dentro de sus activos fijos la maquinaria agrícola, los implementos agrícolas, las instalaciones para el ganado y las instalaciones para la actividad agrícola, misma que se complementa con la pecuaria.

Los productores que tienen otras actividades además de la ganadería se dedican a la agricultura (UP 1, 2, 13 Y 15), la compra venta de ganado (UP 3), la combinación de la ganadería con el comercio y agricultura (UP 5 y 12), la venta de leche directamente al consumidor final de su establo y otros establos, es decir, como intermediario (UP 7) y el complemento de los ingresos con divisas (UP 4 y 6 esporádicamente). Los productores 6 a 11 se dedican principalmente a la ganadería.

Los costos de producción correspondientes a la actividad pecuaria que corresponden a los costos variables, incluyen los costos de alimentación (producción de forrajes para alimentar a los animales, compra de forrajes, concentrados y minerales) y otros costos, entre los que se encuentran la adquisición de insumos veterinarios (semen, medicamentos, servicios veterinarios), y herramientas para la producción pecuaria. Los costos fijos incluyen la mano de obra permanente, el mantenimiento de instalaciones y el pago de servicios anuales de los animales (Ver Figura 1).

**Figura 1.**

*Distribución de los costos totales en la actividad pecuaria.*



En promedio, las unidades de producción destinan el  $58.4 \pm 13.1\%$  a la alimentación de los animales. Los costos fijos son en promedio  $27.1 \pm 10.4\%$ .



### Análisis de la eficiencia

Al realizar el análisis de la eficiencia en las unidades de producción, denominadas también DMU, se observa que solamente nueve son eficientes con los recursos con los que cuentan y que utilizan para la actividad agropecuaria. A su vez, tres de las DMU (1,2 y 15) tienen un comportamiento decreciente, lo que implica que deberán disminuir la cantidad de inputs en las unidades de producción para mejorar su eficiencia; en cambio, las DMU 6,11 Y 12, tendrán un comportamiento contrario, deben incrementar sus entradas para que las unidades de producción se acerquen a la frontera de eficiencia. Las DMU que tienen un comportamiento constante (las eficientes) tendrán el mismo comportamiento si cambian o no su escala de operaciones y, por tanto, la eficiencia no se verá afectada (ver Tabla 3).

Tabla 3.

#### Análisis de la eficiencia de las unidades de producción

DMU	Eficiencia	Activos Fijos	Activos circulantes	kg leche/hato	Kg carne/hato	ROA	lambsum	RTS
1	0.304	0	0	12,314	0	19.41	2.466	Decreciente
2	0.661	0	0	24,385	0	0	1.635	Decreciente
3	1	0	0	0	0	0	1	Constante
4	1	0	0	0	0	0	1	Constante
5	1	0	0	0	0	0	1	Constante
6	0.522	0	0	0	0	4.62	0.520	Incremental
7	1	0	0	0	0	0	1	Constante
8	1	2.8719E-07	0	0	0	0	1	Constante
9	1	0	0	0	0	0	1	Constante
10	1	0	0	0	0	0	1	Constante
11	0.836	0	12,456	0	0	6.21	1.593	Incremental
12	0.479	0	0	7,255	0	1.60	0.566	Incremental
13	1	0	0	0	0	0	1	Constante
14	1	0	0	0	0	0	1	Constante
15	0.482	0	0	2,901	0	0	2.103	Decreciente

Las DMU que resultaron ineficientes deben de hacer modificaciones en el output producción de leche principalmente (DMU 1, 2, 12 y 15) y en mejorar la rentabilidad, las DMU 1, 6,11 y 12 para alcanzar el grado máximo de eficiencia. Solamente la DMU 11 deberá incrementar un input correspondiente a la inversión en activos circulantes, los cuales están representados principalmente por los animales con los que cuentan en la unidad de producción. Con la proyección de cambios en los inputs y outputs de las DMU, se obtiene que deben de modificarse las mismas en las cantidades que aparecen en la Tabla 4.

Tabla 4.

#### Parámetros necesarios de los indicadores en las DMU para alcanzar la eficiencia

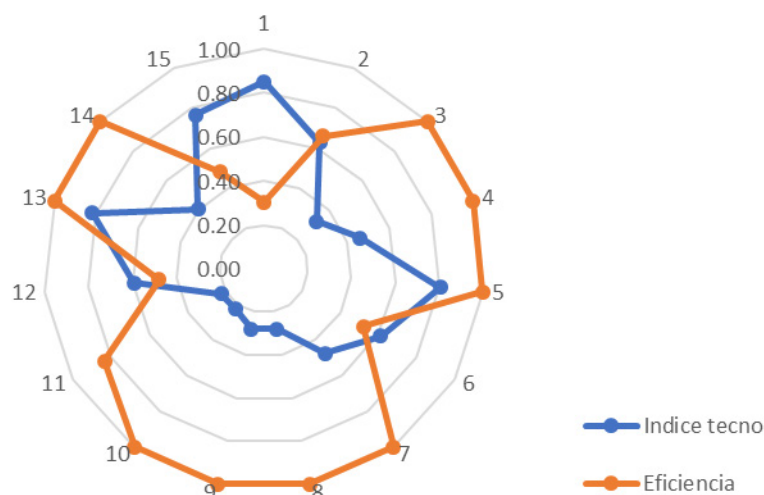
DMU	INDICADORES			PORCENTAJE DE INCREMENTO		
	Activos circulantes	kg leche/hato	ROA	Activos circulantes	kg leche/hato	ROA
1		51,899	23.81		31%	441%
2		63,571			62%	
6			6.42			257%
11	84,431		4.707	17%		414%
12		23,256	2.998		31%	114%
15		80,022			4%	



La producción de leche está estrechamente relacionada con el manejo y tecnologías que se utilizan en la unidad de producción.

**Figura 2.**

*Índice Tecnológico y eficiencia de las DMU*



En la figura 2 se muestra el índice tecnológico de las diferentes DMU. El índice tecnológico (IT) contempla el manejo de tipo nutricional que se ofrece a los animales, es decir, el uso de forrajes de alta calidad proteica y concentrados proteicos y energéticos de alta digestibilidad para los rumiantes. También está reflejado el manejo reproductivo que se tiene en el hato, principalmente se refiere al uso o no de un programa de selección genética del ganado y el uso de la inseminación artificial para la reproducción de las vacas. Contempla también las prácticas sanitarias para la prevención de enfermedades, como es la vacunación y desparasitación del ganado y el manejo del ordeño, mismo que incluyen las prácticas higiénico sanitarias de la ubre y el uso o no de máquinas de ordeño.

Realizando un análisis de correlación con las variables más importantes que influyen en la producción de leche, se encontraron los siguientes resultados (ver Tabla 5).

**Tabla 5.**

*Correlación de los principales indicadores de las DMU con la eficiencia*

Indice Tecnológico	-0.54491
ROA	0.24632
Kg de leche/hato/año	-0.33789
Kg carne/hato/año	-0.62879
Costo del kg de leche	-0.03354
Costo del kg de carne	-0.29908
Número de vacas	0.41888
Número de hectáreas totales	-0.57322
Número de Unidades Animal	0.25730
Activos Fijos	-0.65491
Activos Circulantes	-0.49228
Número de jornales totales	-0.03736



Los indicadores que tienen una relación fuerte, de acuerdo con Leyva Cordero y Flores Hernández (2014) en los kilogramos de carne producidos en el hato durante el año y en la cantidad de activos fijos. Ambos indicadores tienen una correlación negativa, lo que implica que mientras más baja sea la producción de carne y menores sean los activos fijos de las unidades de producción, la eficiencia será menor. El índice tecnológico, el número de vacas, la cantidad de hectáreas totales de las unidades de producción y los activos circulantes tienen una correlación media. El resto de los indicadores tienen una correlación baja.

Realizando el análisis de correlación con las variables que intervienen con la producción de leche, dado que es el indicador que deben de incrementar el 66% de las DMU que presentan ineficiencia, así como los otros indicadores que se relacionan con el ROA, los activos circulantes y la producción de carne, se encuentran los datos contenidos en la Tabla

**Tabla 6.**

*Correlaciones indirectas con la eficiencia*

INDICADOR	VALOR
Kg leche/hato/año : IT pecuarias	0.689
Kg leche/hato/año : DMU	0.436
Kg leche/hato/año : Mercado	0.415
ROA : Utilidad por kg de leche	0.675
ROA : Utilidad por kg de carne	0.543
AC : kg carne/hato/año	0.426
AC : kg leche/hato/año	-0.026
Kg carne/hato/año : mercado	-0.577
kg carne/hato/año : kg leche/vaca	0.452
Kg carne/hato/año : Raza	-0.205
Kg leche/hato/año : Raza	-0.605

El Indicador “IT pecuaria” implica una diferencia con el indicador IT en términos conceptuales: la IT incluye todas las tecnologías utilizadas en la DMU para la actividad agrícola y la pecuaria, quiere decir que incluye la maquinaria y equipo utilizado para la producción de forrajes y el manejo del ganado. En el caso del índice de tecnologías pecuarias (IT Pecuarias) se enfoca únicamente en las tecnologías y prácticas de manejo que se utilizan solamente para la actividad pecuaria, entre las que se incluyen el manejo de la alimentación de los animales, las prácticas reproductivas, sanitarias y la maquinaria utilizada para el ordeño de los animales.

El tipo de mercado que prevalece en las unidades de producción es utilizando el intermediarismo en el 100% de las unidades de producción. El 73% vende la leche directamente en los establos al denominado “botero”, quien compra la leche al productor y la vende cruda directamente al consumidor final. El 20% vende la leche en el centro de acopio que se encuentra en la región, la cual debe llevar directamente a la ubicación del mismo. La leche se entrega una vez al día (por la mañana) y es quien les ofrece un mejor precio (24% más alto) que el botero. El 7% restante (un productor) vende la leche a una fábrica de quesos artesanal de la región, quien ofrece el menor precio de todos (10% menos que el botero).

## DISCUSIÓN

Al analizar los resultados de la eficiencia de las unidades de producción, se observa que las DMU 1, 12, 15, 6, 2 y 11 tienen un grado de eficiencia en el orden en que se mencionaron, desde 30.4 hasta 83.6 % el más alto de ellas. Estos datos implican que las primeras tres DMU no llegan ni a la mitad del uso óptimo de sus recursos aplicándolos para la actividad agropecuaria. En el estudio reportado por Callejas y Callejas (2022) la eficiencia total del sistema vaca-becerro en México

fue en promedio de  $87.1 \pm 16.6\%$  en donde el valor de eficiencia más bajo corresponde a las DMU de un tamaño de 300 vacas y una eficiencia de 100% las DMU de 35, 40, 70, 80, 100 y 150 vacas. Las DMU de este estudio se podrían comparar con la primera clasificación de este estudio, es decir, con aquellas unidades de producción que tienen menos de 35 vacas. Los autores anteriormente mencionados indican que la eficiencia se relaciona con los parámetros técnicos principalmente, aunque en menor medida por los parámetros económicos.

El análisis de correlación de esta investigación muestra que los factores que tienen una correlación fuerte -de acuerdo con Leyva y Flores (2014)- con la eficiencia son: los kilogramos de carne producida por hato al año (-0.62879) y la cantidad de activos fijos destinados para la actividad agropecuaria (-0.65491) y media: el índice tecnológico (-0.54491), el número de vacas (0.41888), el número de hectáreas totales (-0.57322) y los activos circulantes (-0.49228). Los factores antes mencionados son, por un lado, elementos de tipo técnico (índice tecnológico y producción de carne por hato) y por otro, de tamaño (el resto de ellos). Los factores que se enfocan más hacia el elemento económico, presentan una correlación baja. Lo anterior coincide con los resultados de Callejas y Callejas (2022) en relación a la importancia de los indicadores técnicos sobre los económicos.

En otro estudio realizado por De Jorge y Díaz (2018), encontraron que, en un análisis sobre la eficiencia en diversos sectores productivos, los sectores que tuvieron un cambio en la eficiencia productiva se debieron a los cambios en la eficiencia técnica y de escala, en donde los factores que contribuyeron en el aumento de la eficiencia en el grupo en donde pertenece el sector agrícola, fue el incremento en la productividad a partir del cambio técnico en las DMU. En la tabla 4 se observa que, los cambios que deben hacer las unidades de producción para alcanzar la eficiencia se enfocan principalmente en el incremento de la productividad de leche de cuatro de las seis DMU ineficientes.

Al realizar la correlación con el índice tecnológico, que es el equivalente al área técnica que señalan De Jorge y Díaz (2018) en su estudio, se observa que la correlación es media y negativa (-0.54491), lo que se interpreta como que, mientras más alto es el índice tecnológico, menor es la eficiencia. Este fenómeno se puede observar comparando las cifras presentadas en la Tabla 1 y la eficiencia de las DMU de la Tabla 3, observándose que la unidad que tiene un mayor índice tecnológico general es el número 1 (0.85) y es quien tiene el nivel de eficiencia más bajo (0.304), seguido por el productor 15, con 0.77 de índice tecnológico y 0.482 de eficiencia. Por el contrario, el productor 11, con 0.836 de eficiencia tiene un índice tecnológico de 0.22. De esta manera se puede explicar la correlación negativa encontrada en este estudio.

Por otro lado, Espinosa et al. (2018) mencionan que el índice tecnológico incide de manera positiva en la productividad de los hatos lecheros. Este argumento se basa en un estudio realizado, en donde descubrieron que, a mayor cantidad de componentes tecnológicos existentes en las unidades de producción, la productividad incrementó en 1.86 litros al día por vaca en comparación con los productores con un nivel tecnológico intermedio. Esta situación no coincide del todo con lo encontrado en el presente estudio, en donde se observa que el productor con mayor índice tecnológico (productor 1, con 0.85 de IT) es quien ocupa la posición número cuatro en la mejor productividad de leche por vaca al año. De igual manera, los dos productores con menor índice tecnológico (0.22) ocupan el séptimo y octavo lugar. El productor con menor productividad (1,531 kg de leche por vaca al año) tiene un índice tecnológico de 0.32, por encima de productores que tienen un índice tecnológico de 0.28. Puede ser posible que sean estas discrepancias las que expliquen una correlación media entre el índice tecnológico y la eficiencia, debido a que existen otros factores que intervienen en la productividad. No obstante, al considerar únicamente las tecnologías utilizadas para la actividad pecuaria (IT Pecuarias), se observa (Tabla 6) que se obtuvo una correlación de 0.689 (alta) entre las tecnologías y la producción de leche por el hato al año. Esta relación si coincide con lo que reportan los autores Espinosa et al. (2018) quienes indican que el incremento en las tecnologías pecuarias no solamente influye en el incremento de la productividad de las vacas, sino también en el ingreso neto de los productores.

En la tabla 4 se encuentra la cantidad de leche que deben de incrementar las DMU para alcanzar la eficiencia, oscilando este aumento entre un 4% hasta un 31 y 62%. El incremento de la producción de leche sería posible modificando algunos elementos del manejo del ganado y de las características propias de las unidades de producción, tales como la alimentación y la genética de los animales (Ma, Bicknell y Renwick, 2018). Ojeda et al. (2020), mencionan que la expresión genética de las vacas lecheras depende del tipo de forrajes que se utilizan para nutrir a las vacas y de la calidad de los esquilmos agrícolas (rastrojo de maíz, paja de avena y/o garbanzo en el caso de los productores de la región de estudio) y los concentrados utilizados por lo que, al mejorar la nutrición, los animales de las unidades de producción bajo estudio podrán mejorar la producción.

Finalmente, el ROA tiene una correlación media (0.543) con la utilidad por kg de carne y una correlación fuerte (0.675) con la utilidad del kg de leche. La Tabla 4 indica la cantidad de ROA que se debe de tener en las DMU ineficientes para que logran alcanzar la eficiencia, por lo que para mejorar el mismo tendrían que trabajar con el incremento de la producción, y con los costos de producción, que es de donde proviene la utilidad unitaria de los productos carne y leche.

## CONCLUSIÓN

Las unidades de producción analizadas muestran niveles de eficiencia del 100% y del 30.4 al 86.6% las que son ineficientes, lo cual sugiere un uso subóptimo de los recursos disponibles, especialmente las unidades de producción más pequeñas. Los factores técnicos, como la producción de carne por hato al año y el índice tecnológico son los principales elementos que pueden correlacionarse con la eficiencia menor del 100% y destacan el tamaño de las unidades de producción, entre las que se encuentra el número de vacas, de hectáreas y la cantidad de activos en menor medida. Aunque en general se espera que un mayor índice tecnológico incremente la eficiencia, sin embargo, en este estudio se observa una correlación negativa y además en un grado de correlación media, lo que indica que existen otros elementos que influyen en la eficiencia, como los indicadores de productividad y en especial, la combinación de la producción de leche y carne en la unidad de producción, lo que implica aprovechar de mejor manera los recursos.

Las unidades de producción de lechería de pequeña escala, tiene un potencial de crecimiento, utilizando los recursos de manera eficiente. De acuerdo a los resultados de esta investigación, las modificaciones o estrategia que deberán implementar (con excepción de uno) se basa en el incremento de la producción de leche principalmente, lo cual, tendría un impacto positivo en la rentabilidad de las unidades de producción. Para aumentar el rendimiento productivo de los animales no se requieren la adquisición de maquinaria o equipo adicional, sino que podrían hacerlo los propios productores con la asesoría y seguimiento adecuado. Entre las actividades que pueden implementar están las mejoras en la alimentación, así como el uso de los forrajes con una mejor calidad nutricional, tanto del producto principal como de los subproductos forrajeros y la mejora de la genética del ganado, a través de un riguroso proceso de selección y el uso de semen de calidad superior a la actual para acelerar el proceso.

Se observa que una de las bondades de los sistemas de producción de pequeña escala, es el aprovechamiento que se le da a los recursos, los cuales pueden definir y mantener esta actividad económica a lo largo de las generaciones y en conjunto con la mano de obra familiar, representan fortalezas importantes en los sistemas de producción y en la toma de decisiones de los productores. La actividad económica se vería con mayor fortaleza mejorando la rentabilidad, para lo cual, se requieren reducir los costos y centrarse en estrategias integrales de manejo y uso eficiente de los recursos, porque la eficiencia de estas unidades de producción depende significativamente de los factores técnicos, siendo crucial el enfoque de tecnologías específicas para optimizar la productividad y mejorar la rentabilidad, para lo cual será importante el apoyo, guía y asesoría técnica para la transferencia, implementación y adopción de tecnologías pecuarias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angón, E., García, A., Perea, J., Acero, R., Toro-Mújica, P., Pacheco, H. y González, A. (2013). Eficiencia técnica y viabilidad de los sistemas de pastoreo de vacunos de leche en la Pampa, Argentina. *Agrociencia*, 47:443-456.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952013000500003&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952013000500003&script=sci_arttext)
- Arzubi, A. y Berbel, J. (2001). Un análisis no paramétrico de eficiencia en explotaciones lecheras de Argentina. *Estudios Agrosociales y Pesqueros*. 193:119-142.  
[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_reap%2Fr193\\_05.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_reap%2Fr193_05.pdf)
- Bahta, S., Temoso, O., Ng'ombe, J.N., Rich, K.M., Baker, D., Kaitibie, S. y Malope, P. (2023). Productive efficiency of beef cattle production in Botswana: a latent class stochastic meta-frontier analysis. *Front. Sustain. Food Syst*, 7:01-16. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1098642>
- Bonilla Castro, E. y Rodríguez Sehk, P. (2005). Más allá del dilema de los métodos. La investigación en ciencias sociales. Colombia. Editorial Norma.



- Bostos, E., Cortijo, V. y Flores, F. (2009). *Análisis de estados financieros. Fundamentos teóricos y casos prácticos*. España. Pearson Educación.
- Callejas Juárez, N. y Callejas Martínez, A. (2022). Análisis de la eficiencia del sistema vaca-becerro en México. *Terra Latinoamericana*, 40:1-10. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.941>
- Carrasco Pérez, S., Altamirano Cárdenas, J.R., Vargas Del Ángel, M.A. e Islas Moreno, A. (2022). Pequeñas empresas productoras de leche: un estudio desde la perspectiva del modelo de negocio. *Innovar*, 32(84):111-122. DOI: <https://doi.org/10.15446/innovar.v32n84.100596>
- Cartier, E.N. (2016). El enfoque agronómico de costos en empresas agropecuarias. *Costos y gestión*. 92(1):10-25.
- Chu, R.M. (2014). *Finanzas para no financieros*. Lima, Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas S.A.C.
- De Jorge Moreno, J. y Díaz Castro, J. (2018). Análisis de la productividad, eficiencia y sus factores explicativos: el caso de las empresas colombianas, 2005 – 2010. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, 26:315-343. <https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.3834>
- Durán, C.L.E. (2021). El enfoque interpretativo: Una nueva manera de ver la contabilidad. *Actualidad Contable Faces*. 24(42):95-112. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25767348004>
- Espinosa García, J.A., Vélez Izquierdo, A., Góngora González, S.F., Cueas Reyes, V., Vázquez Gómez, R. y Rivera Maldonado, J.A. (2018). Evaluación del impacto en la productividad y rentabilidad de la tecnología transferida al sistema de bovinos de doble propósito del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21:261-272. DOI: <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.2411>
- Fernández Jardón, C.M. y Martínez Cobas, F.X. (2020). *Investigación Cuantitativa Aplicada en Economía y Empresa. Una Propuesta Metodológica*. España. Servicio de Publicaciones Universidad de Vigo.
- Galindo Martínez, C. y Rayas Amor A.A. (2022). Sistemas de producción de leche en pequeña escala, una opción de desarrollo rural. *UNIVERSITARIA*, 6(41):74-75. <https://revistauniversitaria.uaemex.mx/article/view/20141>.
- Guevara Viera, G.E., Torres Inga, C.S., Guevara Viera, R.V., Velasco Heras, C.I., Aguirre de Juana, A.J. y Rarazón Jarrin, R.A. (2020). Mano de obra, región y tamaño como factores de eficiencia técnica de sistemas lecheros. *Rev. prod. anim*, 33(3)  
<https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3528>
- Hernández Ávila, C.E. y Carpio Escobar, N.A. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. *Alerta, Revista Científica del Instituto Nacional de Salud*, 2(1): 75-79. <https://doi.org/10.5377/alerta.v2i1.7535>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M.P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México. McGraw Hill.
- Herrera, J.A., Barrios, G. y Flores, J.O. (2013). Eficiencia técnica en unidades lecheras por medio de análisis envolvente de datos. *Revista cubana de Ciencia Agrícola*. 47(2):137-142. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193028751005>
- Izar Landeta, J.M. (2017). *Ingeniería económica y financiera*. Trillas. México D.F.
- Kuster, C., Álvarez, J.A., Lezcano Raposo, M. y Álvarez Vaz, R. (2022). Rentabilidad del sector agropecuario en Uruguay. Estudio de su evolución a través de clústers longitudinales en el período 2010-2017. *Cuynomics. Investigaciones En Economía Regional*, 6(9): 130-157. <https://doi.org/10.48162/rev.42.044>
- Leyva Cordero, O. y Flores Hernández, M.A. (2014). Análisis de correlaciones bivariadas y parciales con SPSS en Sáenz López, K. y Tamez González, G. (Ed.), *Métodos y Técnicas Cualitativas y Cuantitativas Aplicables a la Investigación en Ciencias Sociales*. (pp. 422-437). Tirant Humanidades México.
- López González, A.S., Zuniga López, C.A., Ramón López, M., Quirós Madrigal, O.J., Colón García, A.P., Navas Calderón, J., Martínez Andares E., Rangel Cura R.A. y Sol Sánchez, A. (2015). Estado del arte de la medición de la productividad y la eficiencia técnica en América Latina: caso Nicaragua. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 1(2):76-100.  
<http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3941749001/3941749001.pdf>

- López, J.F., Fernández Henao, S. y Morales, M.M. (2007). Aplicación de la técnica DEA (Data Envelopment Analysis) en la determinación de eficiencia de centros de costos de producción. *Scientia et Technica*, 1(137):395-400. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/4127>
- Ma, W., Bicknell, K. y Renwick, A. (2018). Feed use intensification and technical efficiency of dairy farms in New Zealand. *Australian Agriculture and Resource Economics Society Inc.*, 63:20-38. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12283>
- Márquez, T.E., Velásquez, A.R., Flores, J.O., Flores, S.L. y Garzón, H.J. (2013). Determinantes de la eficiencia técnica de explotaciones de frijol ubicadas en Portuguesa, Venezuela. *Temas Agrarios*, 18(2): 67-82. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/717/833>
- Méndez Álvarez, C.E. (1988). Metodología. Guía para elaborar diseños de investigación en ciencias económicas, contables y administrativas (Segunda ed.). Colombia: McGraw Hill.
- Ojeda Carrasco, J.J., Rueda Quiroz, L.D., Hernández García, P.A. y Espinoza Ayala, E. (2020). Caracterización del sistema de producción de leche en pequeña escala de la zona Suroriente del Estado de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 17:201-215. <https://www.revista-asyd.org/index.php/asyd/article/view/1342/581>
- Olmedo Vázquez, V.M., Minjares Lugo, J.L., Camacho Poyato, E., Hernández Hernández, M.L. y Rodríguez Díaz, J.A. (2017). Uso del Análisis Envolvente de Datos (DEA) para evaluar la eficiencia del riego en los módulos del Distrito de Riego No. 041, Río Yaqui (Sonora, México). *Rev. FCA UNCUIYO*, 49(2): 127-148. <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382853527010.pdf>
- Quispe Limaylla, A. (2004). Evaluación socioeconómica de programas de desarrollo. México. Plaza y Valdéz.
- Rodríguez Sperat, R., Brugiafreddo, M.P. y Raña, E. (2017). Eficiencia técnica en la agricultura familiar: análisis envolvente de datos (DEA) versus aproximación de fronteras estocásticas (SFA). *Nova Scientia* 18(9):342-370. DOI: <https://doi.org/10.21640/ns.v9i18.697>
- Sagarnaga Villegas, L.M., Salas González, J.M. y Aguilar Ávila, J. (2018). Metodología para estimar costos, ingresos y viabilidad financiera y económica en unidades representativas de producción. Serie: Metodologías y herramientas para la investigación. Volumen 6. México. UACH-CIESTAAM. [https://www.researchgate.net/publication/335319625\\_Metodologia\\_para\\_estimar\\_costos\\_ingresos\\_y\\_viabilidad\\_financiera\\_y\\_economica\\_en\\_unidades\\_representativas\\_de\\_produccion#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/335319625_Metodologia_para_estimar_costos_ingresos_y_viabilidad_financiera_y_economica_en_unidades_representativas_de_produccion#fullTextFileContent)
- Soto Senra, S.A. Uña Izquierdo, F. y Machado Peña, Y. (2018). Eficiencia bioproductiva y financiera en fincas lecheras del sector privado. *Rev. prod. Anim.*, 30(1):13-18. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-79202018000100003&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-79202018000100003&script=sci_arttext&tlng=en)
- Van Gich, J.P (2017). Teoría General de Sistemas Aplicada. Trillas, México D.F.
- Villanova, I. (2013). Metodologías no tradicionales para la estimación de costos agropecuarios: el modelo de costeo por absorción aplicado a la producción frutícola. [http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/docuciea/docuciea\\_n1\\_06.pdf](http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/docuciea/docuciea_n1_06.pdf)
- Yaguache Aguilar, M.F., Higuerey Gómez, A.A. y Robles Valdes, I.M. (2022). Operational performance of Ecuadorian industrial companies. *TECHNO REVIEW*, 12(4): 2-13. <https://doi.org/10.37467/revtechno.v11.4491>