



## Escala de la producción y eficiencia técnica de la ganadería bovina para carne en Puebla, México



José Luis Jaramillo Villanueva <sup>a\*</sup>

Lisette Abigail Rojas Juárez <sup>a</sup>

Samuel Vargas López <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula, 72760, Puebla, México.

\*Autor de correspondencia: [jaramillo@colpos.mx](mailto:jaramillo@colpos.mx)

### Resumen:

El objetivo de este estudio fue estimar el grado de eficiencia técnica e identificar los factores de ineficiencia de la producción de bovinos de carne en la Sierra Norte de Puebla México. Los datos se generaron mediante encuesta a una muestra estadística de 180 unidades de producción bovina (UPB). La eficiencia técnica se estimó usando la Frontera de Producción Estocástica y la explicación de la ineficiencia se estimó con un modelo de regresión lineal múltiple. Los resultados indican que el tamaño de la UPB está correlacionada positivamente con la eficiencia; el grupo de UPB pequeños mostró una eficiencia media de 0.72, los medianos de 0.75 y los grandes de 0.85. Los costos de alimentación y de mano de obra pueden reducirse, mientras se mantiene el mismo nivel de producción. Las variables explicativas significativas ( $P \leq 0.05$ ) de la ineficiencia son la escolaridad, la asistencia técnica, la experiencia y la gestión administrativa.

**Palabras clave:** Ganado bovino, Eficiencia técnica, Escala de producción, Frontera de producción.

Recibido: 04/10/2019

Aceptado: 17/09/2020

## Introducción

De acuerdo con datos oficiales<sup>(1)</sup>, México produjo en 2017, 3.5 millones de toneladas de ganado en pie y 1.9 millones de toneladas de carne de res. El consumo nacional para 2019 se ubicó en 1.83 millones de toneladas. La producción nacional, en los últimos 15 años, muestra una tasa media de crecimiento (TMC) de 1.6 %, mientras que la demanda creció a una TMC de 0.21, que refleja una caída en el consumo, explicada por el aumento de los precios<sup>(2)</sup>. Al respecto, el consumo per cápita pasó de 18 kg en 2007 a 15.1 en 2017. No obstante, en 2017 las importaciones sumaron 136 mil toneladas<sup>(3)</sup>.

En México la producción no especializada de carne de bovino presenta dificultades para ser rentable, especialmente la que realizan las unidades de producción bovina (UPB) pequeñas y medianas, que obtienen tasas de rentabilidad negativas o muy bajas<sup>(4)</sup>. Este tipo de UPB fue de un millón en 2018. De acuerdo a la Encuesta Nacional Agropecuaria 2014<sup>(5)</sup>, 62 % de las UPB tienen de 1 a 10 cabezas, 26 % de 11 a 35, 9.9 % de 36 a 120, y 1.6 % más de 120 cabezas. Por lo anterior, aproximadamente el 88 % de las UPB son pequeñas. Dada la importancia de este sector y del ganado para generar ingreso familiar, se hace necesario apoyar su desarrollo a través del análisis de los factores técnico-económicos que tienen una mayor incidencia en su productividad<sup>(6)</sup>.

Un factor que afecta negativamente la rentabilidad económica de los pequeños ganaderos es la baja productividad y eficiencia técnica a nivel de UPB<sup>(7)</sup>. Otro factor importante es la tasa de crecimiento de los insumos, que es mayor a la del precio del producto<sup>(8)</sup>. Por lo anterior, los retos que plantea la problemática descrita pueden afrontarse a través del mejoramiento de la eficiencia productiva de las UPB. La eficiencia productiva puede mejorar la rentabilidad de las UPB a través de la disminución de costos y mayor oferta al mercado.

Eficiencia productiva<sup>(9)</sup> se define como la situación en la que una unidad de producción ganadera (UPG) que produce un solo producto, puede mejorar su producción sólo si aumenta el uso de al menos uno de sus insumos. La literatura sobre eficiencia se enfoca en dos aspectos; medición de la eficiencia técnica y económica y las fuentes de ineficiencia. Los estudios de eficiencia se han realizado en una gran variedad de actividades productivas agropecuarias; granos<sup>(10)</sup>; vegetales<sup>(11)</sup>, lácteos<sup>(12)</sup>, y café<sup>(13)</sup>. En el mundo, pocos estudios han abordado la eficiencia en ganado bovino de carne;<sup>(14,15,16)</sup>. En estos se encontró que existen desviaciones significativas de la frontera de producción eficiente.

En México, Morales-Hernández *et al*<sup>(17)</sup> realizaron el único estudio disponible de eficiencia de la producción de carne de bovino en México. Encontraron que para pequeños productores, al aumentar los factores de producción en una proporción determinada, la producción crece menos que proporcionalmente. En cambio para los grandes, al incrementar los factores en

una determinada proporción la producción creció en mayor proporción. No se necesita aumentar la cantidad de alimento ni la superficie de pastizal para incrementar la cantidad total de carne, pero sí el número de animales.

El estudio de la eficiencia de las UPB y las fuentes de ineficiencia son, por lo tanto, importantes desde el punto de vista práctico y político. Por un lado, los ganaderos podrían utilizar esta información para mejorar la productividad de su explotación. Por otro lado, los formuladores de políticas podrían focalizar las intervenciones para mejorar el ingreso del productor<sup>(18)</sup>.

El objetivo de este estudio fue abordar esta brecha en el conocimiento mediante la estimación del grado de eficiencia, e identificar los factores de ineficiencia de la producción de bovinos de carne en la Sierra Norte de Puebla, México, desde una perspectiva econométrica.

## Material y métodos

Para el presente estudio, se seleccionaron, siete municipios de la Sierra Norte de Puebla (Cuadro 1). El área de estudio se ubicó en las coordenadas 19° 59' 10" y 20° 34' 20" N; 97° 19' 97" y 97° 47' 98" O. La altitud tuvo un rango de 1,000 a 1,700 msnm. El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias todo el año, excepto el municipio de Xicotepec que presenta un clima semicálido húmedo. La vegetación está compuesta por pastizal (35 %), selva (13 %) y bosque (6 %)<sup>(19)</sup>. Estos municipios contribuyen con 32.1 % de la producción de ganado bovino a nivel estatal<sup>(3)</sup>.

La metodología constó de cuatro etapas: la primera, fue el conocimiento de la región, donde se llevó a cabo el reconocimiento de la zona, y se realizaron entrevistas a productores líderes y a técnicos para conocer aspectos generales de la ganadería; la segunda, fue el diseño del muestreo, de tipo aleatorio simple, con distribución proporcional, según el número de productores de cada municipio. La población utilizada corresponde a 60,020 UPB, la confiabilidad fue 95 % y precisión de 7.5 % de la media del tamaño del hato, lo que resultó en tamaño de muestra de 180 UPB. La tercera etapa consistió en el diseño, prueba y aplicación de cuestionarios, distribuidos proporcionalmente en los municipios del estudio (Cuadro 1). La cuarta etapa fue el análisis estadístico de datos derivados del cuestionario, los que se organizaron en variables sociodemográficas, tecnológicas, y económicas.

**Cuadro 1:** Distribución del tamaño de muestra

Municipio	Población (N)	Participación (%)	Muestra (n)
Francisco Z. Mena	6791	11.31	54
Venustiano Carranza	11898	19.82	36
Tenampulco	3909	6.51	27
Pantepec	17919	29.86	20
Xicoteppec	4734	7.89	18
Jalpan	8860	14.76	14
Ayotoxco de Guerrero	5909	9.85	12
Total	60020	100	180

La caracterización económica de las unidades de producción ganaderas con las variables mencionadas es de gran utilidad para los productores, ya que les permite conocer el comportamiento de su empresa y pueden tomar decisiones en sus actividades para minimizar costos, mejorar la productividad y rentabilidad de la misma. Por ello, es importante distinguir entre costos contables y costos económicos.

La perspectiva contable de los costos hace hincapié en los gastos erogados, los costos históricos y la depreciación. Los costos económicos representan el costo de oportunidad de los factores de la producción. Una forma de diferenciar entre estos dos planteamientos consiste en analizar cómo se definen los costos de diversos factores (trabajo, capital o servicios empresariales) y los costos contables o monetarios, que son los costos en que incurre la unidad de producción por la compra de insumos y activos a precios de Mercado<sup>(20)</sup>.

Para fines de esta investigación, los costos totales (CT) son el resultado de la suma de costos fijos (CF) y costos variables (CV) ( $CT = CF + CV$ ). Los costos fijos son aquellos cargos que asume la unidad de producción independientemente de su nivel de producción, incluyendo la opción de cero producciones. Los costos variables son aquellos que cambian en función del nivel de producción de la UPP. Los costos totales incluyen: el costo de la mano de obra total, con base a la suma de mano de obra eventual (chapeo y aplicación de fertilizante), y la mano de obra permanente (comúnmente conocido como el pago del vaquero y del flotante), que requieren anualmente para el manejo de ganado; costo de los insumos (alimentos, medicamentos y otros); y el costo de maquinaria y equipo (incluyendo tasa de depreciación de cada activo considerando un valor de 10 % anual).

El fundamento para definir los estratos del tamaño del hato fue la segmentación de unidades pecuarias de SAGARPA<sup>(21)</sup>, que consideran un estrato A conformado por 20 cabezas o menos, el estrato B de 21 a 50 cabezas, y el estrato C conformado por un hato mayor a 50 cabezas. Lo anterior, para atender de forma diferenciada a las UPG. Una vez formados los grupos se procedió al análisis econométrico; la estimación de la frontera estocástica de producción y la estimación de un modelo explicativo de la ineficiencia.

### Modelo de frontera estocástica

El supuesto de una producción de naturaleza estocástica significa que el nivel de producción de una unidad de producción está limitado superiormente por una frontera estocástica, la cual puede modelarse como en la Ecuación 1:

$$Y = f(x) + \varepsilon, \quad \varepsilon = v - u \quad (1)$$

Donde el término de error está compuesto por dos partes; una perturbación aleatoria  $v$ , simétrica que se supone idéntica e independientemente distribuido con media 0, y  $u$  es un término de error no negativo, que se distribuye independientemente de  $v$ , siguiendo una distribución de cola<sup>(22)</sup>. El componente aleatorio representa sucesos que no son controlables por la UPG (fenómenos climáticos, sociales, económicos y políticos), mientras que  $u$  recoge la distancia de cada empresa a su frontera estocástica, representando una medida de ineficiencia técnica<sup>(23)</sup>. Por tanto, la Frontera de Producción Estocástica (FPE) es descrita por la Ecuación 2:

$$Y^* = f(x) + v \quad (2)$$

En el caso de las FPE, el índice de eficiencia técnica para la empresa  $i$  puede calcularse con la Ecuación 3:

$$ET_i = \frac{Y_i}{f(x) + v_i} \quad (3)$$

La FPE es propuesta por primera vez en los años 1970 del siglo pasado<sup>(24,25)</sup> donde consideraron<sup>(24)</sup> el caso en que  $u$  se distribuye semi-normal, es decir  $u \sim |N(0, \sigma_u)|$  y  $v$  normal. Las implicaciones a nivel conceptual de que la FP sea estocástica son muy importantes para la interpretación de la ineficiencia. Como dice Schmidt<sup>(24)</sup>, “el agricultor cuya cosecha es devastada por la sequía o una tormenta es desafortunado con nuestra medida, pero ineficiente con la medida habitual”. Una importante limitación de las primeras estimaciones de FPE es que solamente se calculaba la eficiencia media de la muestra, no siendo posible obtener una medida de la eficiencia de cada empresa. Desarrollos posteriores<sup>(26)</sup> lograron encontrar una medida de la eficiencia individual utilizando la distribución condicional de  $u$  en  $\varepsilon$ . El índice de eficiencia técnica para cada empresa  $i$  es:

$$ET_i = \exp[-E(u_i | \varepsilon_i)] \quad (4)$$

La medida más utilizada de la ET es la razón de la producción observada y la correspondiente producción de frontera estocástica, como en Ecuación 5:

$$TE_i = \frac{q_i}{\exp(x_i\beta + v_i)} = \frac{\exp(x_i\beta + v_i - u_i)}{\exp(x_i\beta + v_i)} = \exp(-u_i) \tag{5}$$

Esta medida de eficiencia técnica toma un valor entre cero y uno. Mide el producto de la *i*-ésima UPG en relación con el producto que podría producir una UPG totalmente eficiente utilizando el mismo vector de insumos. El primer paso para calcular la ET es estimar los parámetros del modelo de frontera de producción estocástica:

### Estimación de los parámetros

Debido a que el modelo 9.2 incluye términos aleatorios; el error simétrico ( $v_i$ ) y una variable aleatoria no negativa ( $u_i$ ), el método de estimación seleccionado incluye supuestos sobre ambos términos. Cada  $v_i$  se distribuye independiente de cada  $u_i$  y ambos están no correlacionados con las variables explicativas. Adicionalmente, el componente de ruido  $v_i$  se asume con propiedades idénticas a las del modelo clásico de regresión lineal. El componente de ineficiencia tiene propiedades similares excepto que tiene una media diferente de cero ( $u_i \geq 0$ ), por lo que no se pueden usar Mínimos Cuadrados Ordinarios. Una solución es hacer algunas suposiciones de distribución con respecto a los dos términos de error y estimar el modelo utilizando el método de máxima verosimilitud (ML).

### Modelo Half-Normal

Estimadores ML se obtuvieron<sup>(24)</sup> bajo los siguientes supuestos:  $v_i = iidN(0, S_v^2)$  y  $u_i = iidN^+(0, S_u^2)$ . Lo anterior indica que las  $v_i$  son variables aleatorias normales distribuidas de manera independiente e idéntica con medias y varianzas cero y las  $u_i$  son variables aleatorias semi-normales distribuidas de manera independiente e idéntica con parámetro de escala. Es decir, la función de densidad de probabilidad (pdf) de cada  $u_i$  es una versión truncada de una variable aleatoria normal que tiene media cero y varianza  $\sigma_u^2$ .

La función log-verosimilitud se parametrizó<sup>(24)</sup> para este modelo medio normal en términos de  $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$  and  $\lambda^2 = \sigma_u^2 / \sigma_v^2 \geq 0$ . Si  $\lambda = 0$  no hay efectos de ineficiencia técnica y todas las desviaciones de la frontera se deben al ruido. Usando esta parametrización, la función de máxima verosimilitud es representada en la Ecuación 6:

$$\ln L(y | \beta, \sigma, \lambda) = -\frac{1}{2} \ln \left( \frac{\pi \sigma^2}{2} \right) + \sum_{i=1}^1 \ln \Phi \left( -\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma} \right) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^1 \varepsilon_i^2 \tag{6}$$

Donde,  $y$  es un vector de producto;  $\varepsilon_i \equiv v_i - u_i \equiv \ln q_i - x_i\beta$  es el término de error compuesto; y  $\Phi(x)$  es una función de distribución acumulada (cdf) de la variable aleatoria normal estándar evaluada en  $x$ .

El análisis empírico se basa en la estimación de una función de producción Cobb-Douglas en la que tanto el producto como los insumos se expresan en forma logarítmica (Ecuación 7), por lo que los coeficientes estimados se interpretan como elasticidades<sup>(27)</sup>.

$$\ln(Y_i) = b_0 + b_1 \ln(SUP) + b_2 \ln(MO) + b_3 \ln(ACT) + b_4 \ln(SAN) + b_5 \ln(ALIM) + e \quad (7)$$

En este modelo, la variable dependiente ( $Y_i$ ) es el valor de la producción ganadera de las UPG. Las variables explicativas son;

SUPGAN, es la superficie ganadera, en hectáreas propiedad de la UPB.

MO, es el costo de la mano de obra utilizada en la producción.

ACT, es el valor de los activos; valor de maquinaria, equipo, e instalaciones productivas utilizados en la actividad ganadera.

SAN, es los gastos en sanidad; insumos y servicios veterinarios.

ALIM, es el costo de alimentación; costo de mantenimiento de pradera y alimentación suplementaria.

### Modelo de eficiencias individuales

El modelo estimado de eficiencias individuales (Ecuación 7) considera como variable dependiente las medidas de ineficiencia estimadas en la primera etapa. Las variables explicativas son un conjunto de variables que hipotéticamente afectan el desempeño de la UPG<sup>(6)</sup>. La literatura reporta como variables explicativas más comunes la edad del jefe de la UPG, su nivel de escolaridad, la experiencia en la actividad objeto del estudio, características de la UPG, administración, y factores ambientales, entre los más citados<sup>(28-31)</sup>. El modelo de regresión múltiple fue el descrito en Ecuación 8:

$$U_i = d_0 + d_1 \ln(Edad) + d_2 \ln(Escol) + d_3 \ln(Exper) + d_4 \ln(Admon) + d_5 \ln(AT) + J_i \quad (8)$$

Donde: Edad, es la edad del jefe de la UPG; Escol es el nivel de escolaridad (en años) del jefe de la UPG; Exper, son los años de experiencia en la actividad ganadera; Admon es una variable dummy que toma el valor de cero si la UPG no tiene un sistema de administración y uno si cuentan con un sistema de administración; AT es servicio de asistencia técnica, cero si no recibieron asistencia técnica y uno si recibieron el servicio. Las variables de modelo de frontera estocástica y del modelo de ineficiencia individuales se presentan en el Cuadro 2.

**Cuadro 2:** Variables usadas en el modelo producción de frontera estocástica

<b>Conceptos</b>		<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Género del jefe	Mujer	22	12.0
	Hombre	162	88.0
Escolaridad del jefe de la UPG	Primaria	69	37.3
	Secundaria	63	34.1
	Media Superior	33	17.8
	Profesional	20	10.8
Administración	No llevan sistema	114	61.6
	Llevan sistema	71	38.4
Asistencia técnica	No recibieron	124	67.0
	Si recibieron	55	33.0
Nivel tecnológico	Bajo	94	50.8
	Medio	45	24.3
	Alto	46	24.9
Estratos (número de unidades animal (U.A))	20 o menos	89	48.1
	21 a 50	60	32.4
	50 o mayor	36	19.5
<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	
Edad del jefe (a)	56.0	13.4	
Experiencia	22.2	13.3	
Unidades animal	62.5	88.6	
Superficie pradera, ha	64.9	129.4	
Costo mano de obra, \$	37,837	19,354	
Sanidad, \$	10,680	3,292	
Costos alimentación, \$	125,477	72,226	
Activos; depreciación anual, \$	35,260	10,500	
Ingreso neto, \$	83,488	20,824	
Beneficio costo (B/C)	1.31	0.26	

## Resultados y discusión

Los dueños de las UPB de la región Sierra Norte de Puebla tienen edad promedio de 56 años y rango de 25 a 86 años. El promedio de escolaridad es 8 años; poco menos de la mitad de productores tienen estudios de primaria terminada, 28.6 % terminó la secundaria y 29.2 % culminó estudios de bachillerato. Las características anteriores son similares a las reportadas



previamente<sup>(32)</sup> para la población rural del estado de Puebla. La experiencia de los productores en la producción de ganado bovino fue de 27 años, y han recibido asistencia técnica en temas de alimentación, sanidad animal y capacidad de carga.

La mitad de las UPG (50.8 %) se dedican exclusivamente a la producción de ganado bovino en pie, 22.2 % se sustenta con otras actividades comerciales (arrendamientos, negocios y transportes), 16.8 % se apoya en actividades agrícolas y frutícolas (café, plátano, maíz, naranja, frijol y vainilla), y 10.3 % reporta otras actividades no agropecuarias. El porcentaje del ingreso de los hogares que es generado por actividades productivas no agropecuarias fue de 55 %, resultado similar al reportado en estudios previos<sup>(33)</sup>.

El tamaño promedio del hato fue de 73 cabezas, con un mínimo de 4 y un máximo de 657, lo que evidencia una gran heterogeneidad entre las unidades productoras, dificultando las condiciones para competir y lograr un mejor proceso productivo<sup>(34)</sup>. La superficie promedio que detentan las UPG para el pastoreo fue de 64 ha y el valor de sus activos fue de \$135,261 (vehículos, molino, bodega, ordeñadora, silo, corral, bebedero, comedero y báscula). Los ingresos promedios anuales reportados fueron de \$83,666, equivalente al 10 % del hato, por el concepto de venta de becerros a destete y animales de desecho. En la estructura de costos, la alimentación representó 60 % del costo total de producción, la mano de obra contratada y familiar 18 %, costos fijos y depreciación de activos 17 % y 5 % fue el costo de la sanidad.

### **Resultados del modelo econométrico**

Los resultados del modelo de frontera estocástica, utilizando la muestra completa, se presentan en Cuadro 3. Las variables resultaron con el signo esperado, de acuerdo a la teoría económica. El signo positivo se refiere a que al aumentar el uso del factor productivo aumenta la producción, en tanto que la magnitud del coeficiente da cuenta de la importancia relativa de cada variable independiente para explicar la dependiente.

**Cuadro 3:** Resultados del ajuste del modelo de frontera estocástica

Variable explicativa	Coefficiente	EE	Estadístico t	[95% intervalo de confianza]	
Sup. de pastos (SUP)	0.025	0.015	1.71*	-0.023	0.073
Mano de obra (MO)	0.263	0.068	3.89**	0.430	0.696
Valor de activos (ACT)	0.365	0.046	7.87**	0.456	0.274
Sanidad (SAN)	0.411	0.081	5.07**	0.152	0.670
Alimentación (ALIM)	0.195	0.016	11.82**	0.053	0.327
Intercepto	-1.777	0.498	-3.57**	-2.753	-0.802
sig2v	-3.481	0.287	-12.13	-4.044	-2.919
sig2u	-2.607	0.369	-7.06	-3.331	-1.884
sigma_v	0.175	0.025		0.132	0.232
sigma_u	0.272	0.050		0.189	0.390
sigma2	0.105	0.021		0.063	0.146
lambda y lambda <sup>2</sup>	1.370/1.88	0.072		1.408	1.688
gamma: $\gamma = \sigma_u^2 / \sigma_s^2$	0.74				

EE= error estándar; \* y\*\* significativo al 10 y 5 % respectivamente.

Las variables MO, ACT, SAN, y ALIM son significativas al 5 %. Superficie ganadera (SUPGAN) fue encontrada significativa también<sup>(30)</sup> cuando estudiaron los factores que tienen influencia en la eficiencia técnica en el sudeste de Kenya en 2013; un aumento del 10 % en la superficie ganadera resultó en 29 % de aumento en la producción ganadera. La variable MO fue encontrada significativa por varios autores<sup>(31,35,36)</sup>. En un estudio en Botswana<sup>(36)</sup> realizado con cuatro estratos de productores, encontraron que al aumentar 10 % la cantidad de mano de obra, aumenta en 15 y 18 %, respectivamente la ganancia de los productores. La variable ACT no ha sido identificada como significativa en los estudios revisados. En el presente estudio, ACT tiene un efecto positivo en la producción de las UP ganaderas, de acuerdo a lo esperado por la teoría económica<sup>(20)</sup>. La variable SAN y ALIM fueron reportadas también como significativa<sup>(14,30,31)</sup>.

Respecto al ajuste del modelo (7), la frontera de producción estocástica estimada presentó una distribución normal de los residuos (test de Shapiro-Wilks), no correlación serial de los errores (Durbin-Watson), no heterocedasticidad de la varianza y no presenta problemas de autocorrelación ni multicolinealidad. En los valores obtenidos del modelo ajustado general (Cuadro 3), se determinó que la producción ganadera presenta rendimientos crecientes de escala (La sumatoria de los coeficientes es mayor que la unidad). Para confirmar este resultado, se realizó la prueba para los retornos de escala, donde se obtuvo un valor de  $P=0.03 < 0.05$ , esto hace que se rechace la existencia de retornos constantes a escala<sup>(6)</sup>.

En lo que se refiere a las ineficiencias del modelo 8, se observó que los parámetros de varianza de la función de máxima verosimilitud (MV) son estimados a partir del modelo total

de varianza definido como:  $\sigma_s^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$  y el valor estimado en el modelo para la varianza total ( $\sigma_s^2$ ) resultó en 0.105. Mientras que el valor de lambda (%) resultó en 1.370, lo que muestra que la varianza de las eficiencias es mayor que la varianza de las perturbaciones aleatorias en 88% ( $\lambda^2 - 1$ ) y el valor de gamma obtenido de la relación entre las varianzas  $\gamma = \sigma_u^2 / \sigma_s^2$  establece que el 73.9 % de la varianza total es explicada por la varianza de las ineficiencias.

Los resultados del modelo de frontera estocástica para cada estrato de productores ganaderos se muestran en el Cuadro 4. Similar al modelo general, los modelos para cada estrato estimado mostraron distribución normal de los residuos, no correlación serial de los errores, no heterocedasticidad de la varianza y no auto correlación. Las variables SUPGAN, MO, ACT, SAN, y ALIM son significativas al 5 % en los estratos dos y tres.

**Cuadro 4:** Resultados del modelo de Frontera Estocástica para los estratos de UPG

Variable	Estrato 1		Estrato 2		Estrato 3	
	Coefficiente	Valor de Z	Coefficiente	Valor de Z	Coefficiente	Valor de Z
SUP	0.094	1.85	0.027	2.27	0.073	3.31
MO	0.121	1.76	0.086	2.17	0.163	4.55
ACT	0.116	3.33	0.204	3.83	0.210	4.33
SAN	0.118	2.18	0.158	3.55	0.194	8.95
ALIM	0.654	13.64	0.607	14.07	0.670	2.35
Constante	0.641	1.08	0.752	1.59	-1.267	-2.96
/Insig <sup>2</sup> v	-3.704	-24.7	-4.206	-23.02	-37.972	-0.06
/Insig <sup>2</sup> u	-13.129	-0.07	-13.419	-0.07	-2.339	-9.92
sigma_v	0.157		0.122		0.000	
sigma_u	0.001		0.001		0.310	
sigma <sup>2</sup>	0.025		0.015		0.096	
lambda	0.009		0.010		5.460	

En el estrato 1 fue significativa solo SAN, y ALIM. Una posible explicación es que los pequeños productores tienen pastos de menor calidad, sin manejo agronómico, utilizan mano de obra familiar, poco especializada, y el valor de sus activos es muy bajo, reflejo de UPG poco tecnificadas. La variable alimentación es la que tiene mayor peso en explicar la producción de las UPG para los tres estratos. El valor de los activos tiene dos veces más peso relativo en los estratos dos y tres que en el uno, lo que significa que estas UPG no solo tienen mayor inversión en activos, sino que es moderna y genera mayor productividad. Los modelos para el estrato 2 y 3 presentan rendimientos crecientes a escala, no así el modelo del estrato 1 que tiene rendimientos decrecientes a escala. Al respecto<sup>(37)</sup>, en un estudio en Estados Unidos de América, encontró que a medida que aumenta el tamaño de la UPG aumenta la ET, lo que mostró evidencia de economías de escala. Posible explicación para el resultado

del estrato 1 es que los pequeños productores tienen bajo nivel de capitalización, mano de obra poco calificada, y dado que tienen poca superficie de pastos, hacen un uso intensivo, sobre explotando el recurso<sup>(38,39)</sup>.

### Distribución de frecuencias de la eficiencia técnica (ET) por estrato de las UPG

El rango de ET para los productores bovinos estuvo entre 0.50 y 0.95. Del total de las 185 UPG, 29 % tiene valores entre 0.50 y 0.70, 63 % entre 0.71 y 0.90, y solo 8 % valores de ET mayores a 0.90. Se observa en el Cuadro 5 que el estrato 3 presenta la mayor parte de los valores de 0.91 o más. Al respecto<sup>(40)</sup>, encontraron que las UPG con mayor número de unidades animal y mayor superficie ganadera presentaron los valores mayores de eficiencia técnica.

**Cuadro 5:** Distribución de frecuencias (porcentajes) de la eficiencia técnica (ET) por estratos de las UPG

Estratos (no de cabezas)	ET	ET	ET	Promedio
	(0.50 - 0.70)	(0.71-0.90)	(> 0.91)	
Estrato 1 (20 o menos)	47.2	22.2	13.3	0.712
Estrato 2 (21 a 50)	41.5	33.3	0.0	0.751
Estrato 3 (Mayor a 50)	11.3	44.4	86.7	0.844
General	100.0	100.0	100.0	0.789

### Resultados de las ineficiencias individuales

El Cuadro 6 presenta los resultados del modelo de las ineficiencias individuales de acuerdo a la Ecuación (8). Las variables significativas, a diferentes niveles de significancia, y con un coeficiente negativo, fueron Escol, Exper, Admon y AT. El signo negativo de los coeficientes indica una relación inversa entre el valor de la variable explicativa y el valor de la ineficiencia. Al respecto, investigaciones previas<sup>(28,30,36)</sup> han reportado resultados que sustentan a los resultados de este trabajo. Se encontró que más años de escolaridad reduce la ineficiencia en valores muy similares a los reportados en esta investigación. De forma similar, para el caso de la variable Admon<sup>(6,14,41)</sup> encontraron una relación inversa entre llevar un sistema de administración e ineficiencia. Para AT<sup>(28,30,41)</sup> reportaron que el recibir este servicio se contribuye a reducir la ineficiencia de las UPG. En el presente estudio Edad no es significativa, resultado apoyado por lo encontrado en la literatura<sup>(30)</sup>.

**Cuadro 6:** Modelo explicativo general de la ineficiencia

Variable explicativa	Coefficiente	Error estándar	Valor de t	Intervalo
Edad (Edad)	0.02	0.0212	1.1	-0.042 – 0.042
Escolaridad (Escol)	-0.23	0.0635	3.6	0.010 – 0.635
Experiencia (Exper)	-0.12	0.0739	1.7	-0.012 – 0.024
Administración (Admon)	-0.23	0.0824	2.5	-0.001 - 0.048
Asistencia técnica (AT)	-0.22	0.0136	14.9	0.176 - 0.230
Constante	-0.47	0.799	-0.6	-0.626 – (-0.310)
Ajuste (R2)/R2 ajustada		0.7929 / 0.7859		
Heterocedasticidad (Cook-Weisberg)		Prob> Ji <sup>2</sup> =0.000		
Normalidad: (Shapiro- Wilk)		0.00002		
Factor Inflación varianza		1.59		

Los resultados anteriores sugieren que reducir la ineficiencia deberá abordarse brindando servicios públicos de asistencia técnica, actividad que en México está en niveles muy bajos desde la década de los noventas. Al respecto, en un estudio sobre uso de innovaciones pecuarias en Sinaloa<sup>(7)</sup> reportaron que solo 3 % de las UP reciben servicios de asistencia técnica, y de estos, las UPG representan sólo 19.3 %. La capacitación en la gestión de la UPG, incluyendo servicios administrativos, también deberá ser un aspecto central, además de los temas tecnológicos de la ganadería.

### Resultados del modelo de la ineficiencia técnica por estratos de UPG

El Cuadro 7 reporta los resultados del modelo de ineficiencia técnica por estratos de las UPG. Para el estrato 1, Edad y Exper son significativas, no así Escol, Admón y AT. Los productores de este estrato presentan baja escolaridad, de 6 años en promedio, tienen experiencia, y la mayoría no llevan sistemas administrativos y no reciben ningún tipo de servicios de asistencia técnica. Para el estrato 2 Escol, Exper y AT son significativos. Se observó, que los años de escolaridad aumentan de forma importante para los productores de este estrato. Finalmente, para el estrato 3, cuatro variables son significativas. Cabe resaltar que los valores de los coeficientes están en el rango de 0.13 a 0.28, lo que evidencia un efecto importante de estas variables para reducir la ineficiencia. Por lo que mejorar los sistemas administrativos y la calidad de la asistencia técnica son aspectos que pueden llevar a estas UPG a ser altamente eficientes<sup>(14,30,41)</sup>.

**Cuadro 7:** Resultados del modelo de la ineficiencia técnica por estratos de UPG

Variable	Estrato 1			Estrato 2			Estrato 3		
	Coef.	t	EE	Coef.	t	EE	Coef.	t	EE
Edad	-0.066	-2.15*	0.031	0.017	0.42	0.041	0.065	1.38	0.047
Escol	-0.001	-0.03	0.007	-0.184	-2.08*	0.088	-0.142	-2.59*	0.055
Exper	-0.027	-2.30*	0.012	-0.126	-2.09*	0.060	-0.197	-4.28*	0.046
Admón	0.033	1.63	0.020	0.017	0.81	0.020	-0.281	-5.73*	0.049
AT	0.108	1.42	0.076	-0.150	-7.34*	0.020	-0.134	-5.56*	0.024
Constante	-0.238	-2.10	0.113	-0.481	-2.97	0.162	-0.700	-3.89*	0.179
R2/R2 Adj.	0.7935 / 0.7884			0.8027 / 0.7904			0.8214 / 0.7945		
D-W	0.0719			0.0005			0.0247		
Normalidad	0.01219			0.69848			0.17108		
FIV	1.4			1.23			1.7		

EE= error estándar; D-W= Durbin-Watson; FIV= factor de inflación de la varianza.

## Conclusiones e implicaciones

La producción de bovinos en pie en la región de estudio se realiza con un grado alto de eficiencia, sin embargo, existe un margen importante para mejorar, especialmente en los pequeños productores. Los productores más eficientes tienen mayor escolaridad, reciben servicios de asistencia técnica, utilizan sistema de administración, detentan mayor superficie de pastos, mayor número de cabezas y utilizan mejores sistemas de sanidad animal. Los costos de mano de obra, sanidad, alimentación y activos pueden reducirse manteniendo el mismo nivel de producción. Los pequeños productores, que son el subsector más grande en número, pueden mejorar su producción atendiendo aspectos de alimentación y sanidad, con las demás variables constantes. El uso de servicios de asistencia técnica disminuye la ineficiencia, a través de hacer un uso más intensivo y adecuado de la tecnología pecuaria disponible. Por lo anterior, es recomendable hacer extensivos y permanentes estos servicios a todos los ganaderos, especialmente a los pequeños. La relación positiva entre tamaño del hato y eficiencia productiva puede estar relacionada con los beneficios de economías de escala, para el caso de medianos y grandes productores, por lo que el financiamiento para aumentar el hato puede generar ganancias de producción y eficiencia.

### Literatura citada:

1. SIAP. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesca. 2017. Avance mensual de la producción pecuaria. Consultado 13 marzo, 2019. [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecConcentrado.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecConcentrado.jsp).
2. FIRA. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. 2017. Panorama Agroalimentario. Panorama Agroalimentario Carne de bovino 2017.pdf. Consultado 22 enero, 2019.

3. SIAP. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesca. 2018. Cosechando números del Campo; carne de bovino. <http://www.numerosdelcampo.sagarpa.gob.mx/publicnew/productosPecuarios/cargarPagina/1>. Consultado 24 Ene, 2019.
4. Jaramillo-Villanueva JL, Escobedo-Garrido JS, Carranza-Cerda I. Oportunidades estratégicas para el desarrollo del sector agropecuario en Puebla, sistemas de producción y procesos de agregación de valor. 1ra ed. México: Plaza y Valdés SA de CV. 2017.
5. ENA. Encuesta Nacional Agropecuaria. 2015. Existencias de ganado bovino según rangos de edad por entidad federativa. <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2014/default.html#Tabulados>. Consultado 22 Ene, 2019.
6. Veloso-Contreras F, Cabas-Monje J, Velasco-Fuenmayor J, Vallejos-Cartes R, Gil-Roig JM. Eficiencia técnica de los pequeños productores bovinos de la región centro sur de Chile. *Revista Científica* 2015;25(2):99-106.
7. Cuevas RV, Baca del Moral J, Cervantes EF, Espinosa GJA, Aguilar ÁJ, Loaiza MA. Factores que determinan el uso de innovaciones en la ganadería de doble propósito en Sinaloa, México. *Rev Mex Cienc Pecu* 2013;4(1):31-46.
8. Ayala-Garay AV, Rivas-Valencia P, Cortes-Espinoza L, De la O-Olán M, Escobedo-López D, Espitia-Rangel E. La rentabilidad del cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp.) en la región centro de México. *CIENCIA ergo-sum* 2014;21(1):47-54.
9. Koopmans TC. An analysis of production as an efficient combination of activities. *Activity Analysis of Production and Allocation* 1951;(13):33-97.
10. Martey E, Wiredu AN, Etwire PM, Kuwornu JK. The impact of credit on the technical efficiency of maize-producing households in Northern Ghana. *Agric Finance Rev* 2019;79(3):304-322.
11. Wiboonpongse A, Sriboonchitta S, Rahman S, Calkins P, Sriwichailumphun T. Joint determination of the choice of planting season and technical efficiency of potato in northern Thailand: A comparison of Greenes *versus* Heckmans sample selection approach. *Afr J Bus Manag* 2012;6(12):4504-4513.
12. Cabrera VE, Solís D, del Corral J. The effect of traditional practices in the efficiency of dairy farms in Wisconsin. *South J Agric Econ Association Annual Meeting Orlando FL, February 6-9; 2010*.

13. Cárdenas G, Vedenov DV, Houston JE. Analysis of production efficiency of Mexican coffee-producing districts. AAEA Annual Meetings, Selected Paper #134280 Providence, RI July 2005.
14. Otieno DJ, Hubbard LJ, Ruto E. Determinants of technical efficiency in beef cattle production in Kenya. Selected Paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists (IAAE) Triennial Conference Foz do Iguacu Brazil August 2012;18-24.
15. Iraizoz B, Bardaji I, Rapun M. The Spanish beef sector in the 1990s: impact of the BSE crisis on efficiency and profitability. *Appl Econ* 2005;37(4):473-484.
16. Trestini S. Technical efficiency of Italian beef cattle production under a heteroscedastic non-neutral production frontier approach. Paper presented at the 10th Joint Conference J Food Agric Environ, Duluth Minnesota 2006 August:27-30.
17. Morales-Hernández JL, González-Razo FDJ, Hernández-Martínez J. Función de producción de la ganadería de carne en la zona sur del Estado de México. *Rev Mex Cienc Pecu* 2018;9(1):1-13.
18. Solís D, Bravo-Ureta B, Quiroga R. Technical efficiency among peasant farmers participating in natural resource management programs in Central America. *J Agric Econ* 2009;60:202-219.
19. INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía. 2009. Censo Agropecuario 2007. [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados\\_Ejidal/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Ejidal/default.aspx). Consultado 18 Jun, 2019.
20. Nicholson W. Teoría microeconómica. Principios básicos y ampliaciones. Novena edición. Cengage Learning 2012;212-224.
21. SINIIGA. Sistema Nacional de Identificación Individual de Ganado. 2012. Estratificación por UPs y vientres bovinos, 32. Veracruz, México. <http://ugrnv.com.mx/web/wp-content/uploads/2012/06/Siniiga%20Presentacion.pdf>. Consultado 17 Jun, 2019.
22. Alvarez PA. La medición de la eficiencia y la productividad. Primera ed. Madrid, España: Ediciones Pirámide; 2001.
23. Greene WH. Simulated likelihood estimation of the normal-gamma stochastic frontier function. *J Product Anal* 2003;19(2):179–190.
24. Aigner DJ, Lovell K, Schmidt P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *J Econom* 1977;6(1):21–37.



25. Meeusen W, Van Den Broeck J. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions. *Int Econ Rev* 1977;18(2):435–444.
26. Jondrow J, Lovell CK, Materov IS, Schmidt P. On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. *J Econom* 1982;19(2-3):233-238.
27. Kumbhakar SC, Lovell CAK. *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge University Press. Cambridge, New York, Melbourne 2003. <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9781139174411>.
28. Velasco FJ, Ortega SL, Sánchez CE, Urdaneta F. Análisis de sensibilidad del nivel tecnológico adoptado en fincas ganaderas de doble propósito del Estado Zulia, Venezuela. *Rev Cient* 2010;20(1):67-73.
29. Melo-Becerra LA, Orozco-Gall AJ. Technical efficiency for Colombian small crop and livestock farmers: A stochastic metafrontier approach for different production systems. *J Product Anal* 2017;47(1):1-16.
30. Kibara MJ, Kotosz B. Technical efficiency estimation in the livestock industry: Case study of the southern rangelands of Kenya. *Challenges in National and International Economic Policies* 2018;97-114.
31. Latruffe L, Balcombe K, Davidova S, Zawalinska K. Determinants of technical efficiency of crop and livestock farms in Poland. *Appl Econ* 2004;36(12):1255-1263.
32. INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía. 2018. Censos y Conteos de Población y Vivienda. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>. Consultado 17 Ene, 2019.
33. Mora-Rivera J, Martínez-Domínguez M, Jaramillo-Villanueva JL, Chávez-Alvarado MA. Participación en el sector no agropecuario en el México rural: una perspectiva de género. *R Bras Est Pop Belo Horizonte* 2017;34(2):367-389.
34. Escalante S, Roberto I, Catalán H. Situación actual del sector agropecuario en México: perspectivas y retos. *Economía Informa* 2008; 350. <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/350/01escalante.pdf>. Consultado 22 May,2019.
35. Rakipova AN, Gillespie JM, Franke DE. Determinants of technical efficiency in Louisiana beef cattle production. *J ASFMRA* 2003;99-107.
36. Bahta S, Baker D. Determinants of profit efficiency among smallholder beef producers in Botswana. *Int Food Agribusiness Manag Rev* 2015;18(3):107-130.

37. Sabasi D, Shumway CR, Astill GM. Off-farm work and technical efficiency on US dairies. *Agric Econ* 2019;1-15.
38. Perfetti JJ, Balcázar A, Hernández A, Leibovich J. Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia. Fedesarrollo, Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC), Incoder, Finagro, Banco Agrario. 2013.
39. Cano CG, Vallejo C, Caicedo E, Amador JS, Tique EY. El mercado mundial del café y su impacto en Colombia. *Borradores de Economía* 2012;710.
40. Qushim B, Gillespie JM, Bhandari BD, Scaglia G. Technical and scale efficiencies of US grass-fed beef production: whole-farm and enterprise analyses. *J Agric Appl Econ* 2018;50(3):408-428.
41. Ceyhan V, Hazneci K. Economic efficiency of cattle-fattening farms in Amasya province, Turkey. *J Anim Vet Adv* 2010;9(1):60-69.