



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**ESTIMACIÓN DE UNA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DE
BOVINOS CARNE EN SISTEMA EXTENSIVO EN EL SUR
DEL ESTADO DE MÉXICO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

P R E S E N T A:

PEDRO HERNÁNDEZ AGUIRRE

Temascaltepec, Estado de México, México, Noviembre 2016.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**ESTIMACIÓN DE UNA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DE
BOVINOS CARNE EN SISTEMA EXTENSIVO EN EL SUR
DEL ESTADO DE MÉXICO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

P R E S E N T A:

PEDRO HERNÁNDEZ AGUIRRE

COMITÉ DE TUTORES:

Dr. José Luis Morales Hernández. Tutor Académico
Dr. Samuel Rebollar Rebollar. Tutor Adjunto
Dr. Juvencio Hernández Martínez. Tutor Adjunto

Temascaltepec, Estado de México, México, Noviembre 2016.

RESUMEN

Esta investigación se realizó en cuatro municipios del sur del Estado de México durante el periodo de Febrero a Julio de 2015 y la información se obtuvo de 200 productores de ganado de carne, los cuales pertenecen a diferentes asociaciones ganaderas locales y que a su vez integran la unión ganadera regional del sur del Estado de México. Se estimó la función de producción tipo Cobb-Douglas que relaciona la cantidad total de carne (Y), a partir del número de hectáreas de pastizal natural (X_1), total de animales (X_2) y gasto de alimento (X_3). El modelo para la ganadería de carne del sur del Estado de México quedó de la siguiente manera: $Y = 455.5 X_1^{-0.041} X_2^{1.067} X_3^{-0.019}$, lo cual significa que a un incremento del 1% en la variable de Pastizal Natural (PN) provoca una disminución del 0.04% en la Producción Total de Carne (PTC), manteniendo constante el Total de Animales (TA) y los gastos de alimentación. Si se incrementa el Total de Animales (TA) en 1% y se mantiene constante la variable Pastizal natural (PN) y Gastos de Alimentación (GA), la Producción Total de Carne aumenta en 1.06%. Para el caso de los Gastos de Alimentación (GA), si se incrementan en 1%, la Producción Total de Carne disminuye en 0.02%, manteniendo constantes los otros insumos, y al sumar las elasticidades parciales de cada una de las variables nos indican que en los cuatro municipios de estudio se tienen rendimientos a escala crecientes de la producción, lo cual significa que al incrementar los insumos en cierta proporción la producción de carne se incrementará a una mayor proporción. No es necesario incrementar la superficie de pastizal natural y los gastos en alimentación para incrementar la producción de carne, pero si se requiere aumentar la cantidad de animales.

Palabras clave: Economía escala, rendimiento marginal, elasticidad, Producto marginal.

ABSTRACT

This investigation was carried out in four municipalities of the Southern zone of the State of Mexico during the period of February to July of 2015; the information provided by 200 beef cattle producers. The production function was estimated that relates the total amount of meat (Y) from natural pasture (X1), total number of animals (X2) and food expenditure (X3). The model for the beef livestock of the south of the Mexico State was expressed as: $Y = 455.5 X_1^{-0.041} X_2^{1.067} X_3^{-0.019}$, this means that an increase of 1% in the natural pasture (NP) causes a reduction of 0.04% in the total amount of meat (TAM), keeping constant the total number of animals (TNA) and the food expenditure (FE). If we increase the total number of animals (TNA) in 1% and we keep constant the natural pasture (NP) and the food expenditure (FE), the total amount of meat (TAM) increases in 1.06%. In the case of the food expenditure (FE), if we increase in 1%, the total amount of meat (TAM) reduces in 0.02%, keeping constant the other factors and adding the partial of each of the variables elasticities tell us that in the four municipalities of study have increasing returns to scale production, which normally means to increase input in certain proportion, meat production will increase to a greater proportion. It is not necessary to increase the area of natural grassland and food expenses to increase meat production, but if the number of animals.

Keywords: Economy scale, marginal performance, elasticity, marginal Product

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco la disposición de mis profesores para brindarme su tiempo, apoyándome con su valiosa experiencia y compartiéndome su conocimiento, con el cual fue posible concluir esta investigación.

También agradezco el apoyo económico brindado por el CONACYT, el cual fue una pieza muy importante para poder concluir con mis estudios.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
ARTICULO ENVIADO.....	iv
RESÚMEN.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	xi
I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Panorama de la producción de carne de bovino en México.....	5
2.2. Consumo nacional.....	7
2.3. Precios a nivel nacional.....	9
2.4. Leche de bovino.....	13
2.5. Sistemas de producción de bovinos en México.....	15
III. JUSTIFICACIÓN.....	17
IV. HIPÓTESIS.....	20
V. OBJETIVOS.....	22
5.1 Objetivo general.....	23
VI. MATERIAL Y MÉTODO.....	24
VII. RESULTADOS.....	38
Artículo enviado.	39
VIII. DISCUSIÓN GENERAL.....	96
IX. CONCLUSIÓN GENERAL.....	101
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104

Índice de Cuadros

Cuadro 01. Resultados del SAS para los bovinos carne del sur del Estado de México	57
Cuadro 02. Resumen de procesamiento de casos	73
Cuadro 03. Descriptivos.....	74
Cuadro 04. Estimadores-M.....	79
Cuadro 05. Pruebas de normalidad.....	79
Cuadro 06. Correlaciones.....	88
Cuadro 07. Correlaciones no paramétrica.....	89

Índice de Gráficas

Gráfica 01. Representación gráfica de la función de producción Cobb-Douglas.....	26
Gráfica. 02. Las tres etapas de la producción.....	35

Índice de Figuras

Figura 01. Representación gráfica de la función de producción Cobb-Douglas.....	10
Figura. 02. Producción de carne de bovino por municipio en México, promedio 2010-2014.....	11
Figura. 03. Histograma para X1.....	80
Figura. 04. Gráfico Q-Q normal de X1.....	81
Figura. 05. Histograma para X2.....	82
Figura 06. Gráfico Q-Q normal de X2.....	83
Figura. 07. Histograma para X3.....	84
Figura. 08. Gráfico Q-Q normal de X3.....	85
Figura. 09. Histograma para X4.....	86
Figura. 10. Gráfico Q-Q normal de X4.....	87

I. INTRODUCCIÓN

GENERAL

La carne de bovino es la tercera más consumida a nivel mundial, siendo las primeras dos de cerdo y pollo. Así, en 2014, el consumo de carne de cerdo y de pollo fue de 110 y 84.7 millones de toneladas, respectivamente, mientras que el consumo mundial de carne de bovino se ubicó en 57.6 millones de toneladas. Para 2015, se proyecta que tanto el consumo de cerdo como de pollo sean de 110.3 y 85.5 millones de toneladas, respectivamente; por otro lado, se espera el consumo de carne de bovino disminuya 1.5 por ciento anual para ubicarse en 56.7 millones de toneladas.

En 2014, la producción mundial de carne bovina alcanzó una cifra récord de 59.7 millones de toneladas (equivalente en canal). Esto confirma la tendencia de la recuperación de la producción mundial, la cual se vio estancada entre 2007 y 2011. Dicho estancamiento se debió, en parte, a los altos precios de los forrajes y a las condiciones meteorológicas adversas (severa sequía en 2011). No obstante, para 2015 se proyecta una disminución de la producción de 1.1 por ciento anual; esto se debe a que existe un incentivo para engordar por más tiempo el ganado, debido a los accesibles precios de granos forrajeros, sobre todo en Norteamérica. Además, varios de los principales países productores están en un proceso de repoblamiento del hato bovino, lo que implica un menor número de sacrificios.

La apreciación del dólar estadounidense frente a monedas de países exportadores de ganado bovino y carne de bovino ha incentivado el flujo comercial hacia Estados Unidos, sobre todo el proveniente de países como Canadá y México.

Los precios de la carne de bovino en Estados Unidos presentaron una marcada tendencia alcista desde mediados de 2009 hasta finales de 2014. Esto se debe, principalmente, a la disminución del ganado disponible para sacrificar y al alto costo de producción derivado de la baja producción de granos forrajeros en 2011 y 2012, así como a un aumento sostenido de la demanda global por este cárnico.

Los precios de la carne, durante 2015, han disminuido ligeramente debido a dos factores principales: 1) la recuperación de la producción de otras carnes en Estados Unidos, principalmente carne cerdo; y 2) se estima que la demanda internacional de carne estadounidense se ha reducido ante la apreciación del dólar (FIRA, 2015).

No obstante, se espera que los precios de la carne de bovino se mantengan en niveles relativamente altos hasta 2016.

En México, durante 2014, el valor de la producción de carne de bovino fue de 90.96 miles de millones de pesos y su volumen fue de 1.83 millones de toneladas. En 2014, se produjo carne de bovino en 91.21 por ciento de los municipios del país. Para 2015, se proyecta que México producirá 1.88 millones de toneladas de carne de bovino equivalente en canal.

En términos de consumo per cápita en México, la carne de bovino lleva una tendencia hacia la baja; en 2000 se consumieron más de 22 kilos por persona al año y en 2014 el consumo fue de aproximadamente 15 kilos. Para 2015, se proyecta que el consumo per cápita anual disminuya 2.3 por ciento. Esto ante el aumento sostenido en el consumo per cápita de carne de pollo y la recuperación en el consumo de carne de cerdo.

El precio de la carne de bovino en México presenta marcada tendencia alcista, impulsado, entre otros factores, por la demanda estadounidense de ganado en pie y carne de bovino.

Así, se espera que las perspectivas de rentabilidad de la actividad primaria nacional se mantengan, en general, favorables durante lo que resta de 2015 y 2016.

En México la ganadería bovina representa una de las principales actividades del sector agropecuario, por la contribución que realiza a la oferta de productos cárnicos y lácteos, así como su participación en la balanza comercial del país, donde las exportaciones de becerros en pie siguen siendo su principal rubro de aportación a la balanza comercial, por otro lado los patrones culturales de consumo de los diferentes productos cárnicos, han hecho que la carne de ganado bovino siga siendo el eje ordenador de la demanda y de los precios de las demás carnes en el país (FIRA, 2015).

En nuestro país, el estado de Veracruz aporta el 14% de la producción de carne de bovino, seguido por Jalisco con el 11%, Chiapas 6%, Sinaloa 5% y el resto del país aporta en su conjunto el 64% (SIAP-SAGARPA, 2014).

El Estado de México aporta el 3% (85,865 ton) de la producción nacional de ganado bovino en pie, concentrándose la mayor producción en el distrito de Atlacomulco con un 21% (17,845 ton), seguido por el distrito de Tejupilco, el cual aporta el 18% (15,001 ton) (SIAP-SAGARPA, 2014).

En el distrito de Tejupilco la producción se distribuye de la siguiente manera: Tlatlaya 30%, Amatepec 20%, Luvianos 16%, Tejupilco 15%, Temascaltepec 14% y San Simón de Guerrero 5%, de acuerdo a estos datos el sur del Estado de México tiene el potencial para la producción de bovinos carne y también es importante señalar que esta actividad pecuaria es una fuente de ingresos muy significativa para los ganaderos de esta región (SIAP-SAGARPA, 2014).

Las razas de bovinos carne que predominan en este distrito son: charoláis, simbrah, suizo americano, suizo europeo, simmental y suizbu, las cuales ofrecen muy buenos resultados en la producción de carne y se adaptan a las condiciones climáticas de la región calentana del Estado de México.

La explotación se lleva a cabo en sistemas extensivos y semintensivos aprovechando el pastizal natural de las praderas y algunas variedades de pasto introducidas como estrella, llanero, brachiaria, entre otros (SAGARPA, 2014).

En la producción de carne de bovino participan varios factores que aportan cierto porcentaje en la producción y que están relacionados entre sí de cierta manera.

Para conocer esta relación entre los factores o insumos y la producción es necesario utilizar las funciones de producción, las cuales son una herramienta fundamental para establecer la dependencia de la producción con respecto a los factores independientes (Aguirre, 1975).

Las funciones de producción son expresiones matemáticas, las cuales conjugan conceptos económicos y estadísticos que explican la relación que existe entre el producto obtenido y la combinación de los factores.

Algunos componentes de las funciones de producción en la ganadería bovina de carne son: tipo de pastizal, superficie ganadera empleada en la producción, cantidad de alimento o suplemento empleado, gastos de sanidad del animal, y la mano de obra, de estos, los tres últimos son los de mayores limitaciones (Debertin, 1986).

La función de producción de Cobb-Douglas es la función de producción más utilizada en economía, basada su popularidad en el cumplimiento de las propiedades básicas que los economistas consideran deseables. Es la función de producción neoclásica por excelencia (Sanchoa, 2005).

La aplicación de la función de producción nos dará la economía de escala, la cual nos indicará la eficiencia técnica, para diseñar políticas que ayuden a mejorar los rendimientos en la producción de carne para la región, es decir nos indicara que cantidad de carne se puede producir y ofrecer al mercado.

Por otra parte, se tiene una organización básica en la ganadería regional, esto con la Integración de la Asociación Regional Ganadera, la cual integra a diferentes asociaciones regionales locales ganaderas de los cuatro municipios productores de carne: Tejupilco, Luvianos, Amatepec y Tlatlaya.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Panorama de la producción de carne de bovino en México

En México, durante 2014, el valor de la producción de carne de bovino fue de 90.96 miles de millones de pesos y su volumen fue de 1.83 millones de toneladas. En 2014, se produjo carne de bovino en 91.21 por ciento de los municipios del país. Para 2015, se proyecta que México producirá 1.88 millones de toneladas de carne de bovino equivalente en canal.

En términos de consumo per cápita en México, la carne de bovino lleva una tendencia hacia la baja; en 2000 se consumieron más de 22 kilos por persona al año y en 2014 el consumo fue de aproximadamente 15 kilos. Para 2015, se proyecta que el consumo per cápita anual disminuya 2.3 por ciento. Esto ante el aumento sostenido en el consumo per cápita de carne de pollo y la recuperación en el consumo de carne de cerdo.

El precio de la carne de bovino en México presenta marcada tendencia alcista, impulsado, entre otros factores, por la demanda estadounidense de ganado en pie y carne de bovino.

Así, se espera que las perspectivas de rentabilidad de la actividad primaria nacional se mantengan, en general, favorables durante lo que resta de 2015 y 2016.

La cría, engorda y comercialización de ganado bovino para la producción de carne es una de las principales actividades del sector pecuario mexicano. La carne de bovino forma parte importante de la canasta básica registrada por el INEGI. Para 2014, México ocupó el octavo lugar mundial en la producción mundial, con un total de 1.8 millones de toneladas, lo que representó un valor de 91 mil millones de pesos.

El alza de los precios de la carne de bovino se presentó en un periodo de crecimiento moderado de la economía mexicana.³⁰ Esto ha ocasionado que una creciente proporción de la producción nacional se exporte, siendo uno de los productos con mayor crecimiento en la balanza agropecuaria (FIRA, 2015).

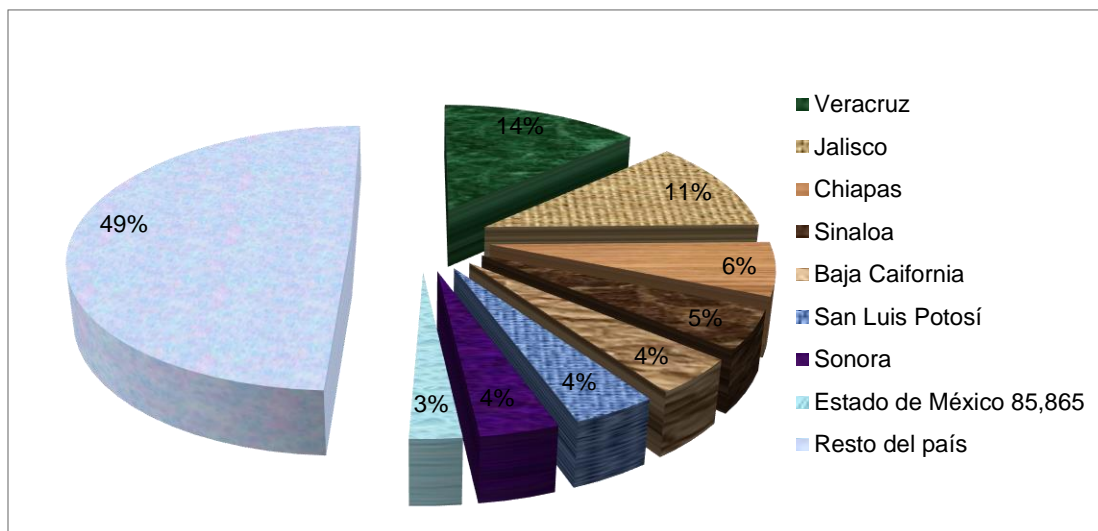
De hecho, el valor de las exportaciones (en dólares) de ganado bovino del primer semestre de 2015 aumentó más de 62 por ciento en comparación con lo observado durante el primer semestre de 2014.

Entre 2005 y 2014 la producción presentó un crecimiento promedio anual de 1.8 por ciento. En 2014 se produjeron 1.83 millones de toneladas, con una proyección para el 2015 de 1.88 millones, es decir, un incremento de 2.8 por ciento anual.

Entre 2012 y 2014, la producción creció a un ritmo lento. En 2012 se produjeron 1.82 millones de toneladas, para 2013 la cifra disminuyó 0.8 por ciento anual. En la gráfica se muestra una recuperación para 2014 en comparación al año anterior de 1.1 por ciento.

Para el período 2013-2015, los principales estados productores de bovino son Veracruz, Jalisco, Chiapas, Sinaloa, Baja California, Michoacán, San Luis Potosí, Sonora, Chihuahua y Tabasco. Para el 2014, Veracruz continúa liderando entre los principales productores, con una participación de 244 mil toneladas, lo que representa 13 por ciento de la producción nacional. Veracruz se ha beneficiado de los apoyos otorgados por SAGARPA para lograr la recuperación a través de la reproducción, cría y engorda del hato ganadero.³¹ Para 2015, se espera que Veracruz aumente su producción en 3 por ciento anual (FIRA, 2015).

Figura 01. Principales estados productores de carne de bovino en México, 2014



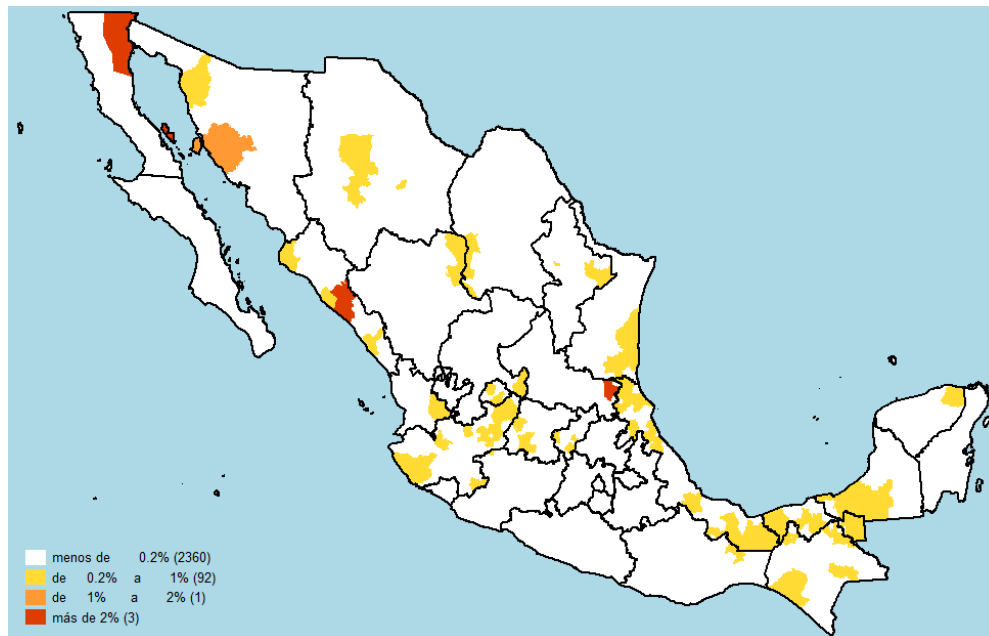
Fuente: elaboración propia con datos de SIAP, 2014

Jalisco ocupa el segundo puesto, con una producción total de 205 miles de toneladas en 2014, no obstante, para el 2015 se proyecta una producción de 203 miles de toneladas. Esto refleja una disminución de 0.85 por ciento. Por su parte, Chiapas ocupa el tercer lugar con 114 miles de toneladas en 2014, pero esto refleja una reducción del 2.24 por ciento en comparación con 2013. Sin embargo, para 2015, se tiene una estimación de crecimiento anual de 1.26 por ciento.

La producción de carne de bovino se distribuye en gran parte del país, no obstante, en 20 municipios se concentra (en promedio) 22.5 por ciento de la producción nacional. En 47 municipios, 33 por ciento de la producción.

Destacan municipios como Mexicali, BC, Tamuín, SLP, y Culiacán, Sin., que ocupan el primer, segundo y tercer lugar, respectivamente, en cuanto a la producción municipal se refiere. Estos tres municipios concentran cerca de 11 por ciento de la producción nacional. Cabe señalar que esta distribución municipal, coincide con la ubicación de las tres empresas más importantes dedicadas a la engorda de bovinos (FIRA, 2015).

Figura 02. Producción de carne de bovino por municipio en México, promedio 2010-2014



Fuente: SIAP-SAGARPA.

Nota: el número entre paréntesis indica el número de municipios en cada categoría.

La producción de carne de bovino, en el periodo de 2009 a 2014, mantuvo un crecimiento anual de 1.4 por ciento. En contraparte, el inventario ganadero disminuyó 3.4 por ciento de 2011 a 2012, que coincide con un incremento sustancial de exportaciones aunado a la presencia de una sequía extraordinaria que provocó la muerte de 1.7 millones de cabezas de ganado bovino. A partir de 2012, el inventario de bovino se ha ido recuperando para en 2014 quedar muy cerca de su máximo histórico que ocurrió en 2011 (FIRA, 2015).

2.2. Consumo nacional

El consumo aparente de carne de bovino comprende la producción del mercado interno y lo que se adquiere (neto) del mercado externo. De 2003 a 2012, el consumo aparente presenta altibajos y una tendencia decreciente (-0.12 por ciento, promedio anual).

Sin embargo, de 2012 a 2014, el consumo nacional aparente se mantuvo relativamente constante. En parte, esta situación se debe a la disminución del saldo negativo de la balanza comercial de carne de bovino que, como se ha comentado, se debe a los altos precios internacionales y a la apreciación del dólar, entre otras razones.

En específico, entre los años 2012 a 2014, la disponibilidad de carne de vacuno creció a una tasa promedio anual de 0.1 por ciento. Con esto, en 2014, el consumo aparente fue de 1.85 millones de toneladas. Para 2015, si bien se espera que México aumente su producción, también se espera un aumento en las exportaciones y una disminución en las importaciones, por lo que el consumo aparente se mantendría en un nivel similar al de 2014.

El consumo per cápita de carne de bovino reporta un comportamiento similar al de consumo aparente, confirma su tendencia a la baja. En 2014, se encuentra poco más de un kilo por debajo del consumo de carne de cerdo y 15 kilos por debajo del consumo per cápita de carne de pollo. Esta diferencia se proyecta aumente en 2015.

La Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2014 proporciona información acerca del número de hogares que no consumen carne de bovino: 8 de cada 10 hogares en el primer decil, el decil con menos ingresos, no consumen carne de bovino.

Por otro lado, la ENIGH también muestra cuales son los establecimientos preferidos de los consumidores para la adquisición de carne de bovino durante 2014.

De igual manera, se aprecia que a mayor ingreso, mayor es la predilección por comprar en supermercados; mientras que, en proporción, los hogares con menos ingresos gastan más en mercados que los que cuentan con más ingresos. El porcentaje de gasto en carnicería es variable en los diferentes deciles (FIRA, 2015).

2.3. Intercambio comercial

En 2014, la balanza comercial mexicana de carne de bovino presentó un déficit de 21 mil toneladas, esto equivale al 12 por ciento del total de las exportaciones de carne de bovino durante 2014. Esta situación contrasta con 2003, cuando se importaba casi 60 veces más del total de las exportaciones. De hecho, se espera que, para 2015, la balanza de carne de bovino muestre un superávit de 42 mil toneladas. En otras palabras, para 2015, proyecciones intersecretariales sugieren que el volumen de las importaciones disminuirá 21 por ciento; mientras que el volumen de las exportaciones aumentará 12 por ciento a tasa anual.

Diversos factores desempeñan un papel importante en el cambio de la balanza comercial.

Como se mencionó en la sección anterior, el consumo nacional de carne de bovino tiene una tendencia a la baja. Por otro lado, la apreciación del dólar hace menos atractiva la compra de carne proveniente de Estados Unidos. México participó en 2014 con 2.06 por ciento de las exportaciones mundiales.

2.4. Precios a nivel nacional

En México, los precios de la carne bovina han seguido el comportamiento del precio internacional, es decir, una tendencia creciente. En nuestro país, dicha tendencia creciente es reflejo de una fuerte demanda tanto interna como externa, así como de una escasez de ganado.

Además, la diarrea epidémica porcina contribuyó a que hubiera un efecto sustituto temporal de dicha carne por carne de bovino, lo cual contribuyó a que incrementará más el precio.

Los datos disponibles de precios mensuales al productor comienzan en enero de 2012. De enero de 2012 a julio de 2015, el precio al ganado en pie ha crecido 1.5 por ciento promedio mensual, en comparación con el precio de carne en canal que ha crecido 1.4 por ciento promedio mensual durante el mismo periodo.

No obstante, en los últimos meses los márgenes entre el precio del ganado en pie y de la carne en canal se han ampliado. Por ejemplo, la diferencia en agosto de 2014 era de 22.4 pesos por kg; en mayo de 2015 llegó a ser de 30.2 pesos por kg. Cabe señalar que el promedio de los márgenes de enero a julio de 2015 es de 28.5 y el promedio de 2014 para esos mismos meses fue de 22.7 pesos por kg. Esto sugiere que los procesadores de ganado están capturando más valor.

El precio del ganado en pie y el precio de la carne de canal en rastro mostraron, entre 2005 y 2014, un incremento de 5.2 y 5.7 por ciento promedio anual, respectivamente. La tendencia al alza del precio de ganado bovino en canal fue superior al precio del ganado en pie. Dicho fenómeno se debe al lento ritmo de reposición de los animales en engorda a los precios de los novillos para el mismo fin. Durante 2014, el precio del ganado en pie creció 24 por ciento; mientras que, el precio de la carne de bovino en canal creció 21 por ciento, ambos respecto a precios de 2013.

Durante 2013, el Índice Nacional de Precios al Productor (INPP) tuvo un nivel superior al Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC). No obstante, a finales de 2014 y hasta la actualidad, esta situación se revierte. Esto sugiere que el consumidor está absorbiendo la mayor parte del aumento en los precios de la carne y que los eslabones finales de la cadena de valor podrían estar capturando renta.

La producción mundial de carne de bovino enfrenta un gran reto, la disponibilidad de ganado para sacrificio es baja en muchos de los principales países productores y la demanda por este cárnico sigue a la alza, aunque con una tasa moderada. Los accesibles precios de los forrajes pueden ser el incentivo suficiente para una reestructuración del sector bovino en varios países (FIRA, 2015).

No obstante, los precios elevados de la carne serán un incentivo para sacrificar pie de cría y becerros jóvenes.

Los altos precios mencionados de la carne de bovino han propiciado cambios en las dietas en diversos países, por lo que se espera que la demanda no aumente de manera significativa. No obstante, el continuo crecimiento poblacional y la mayor demanda de los países en vías de desarrollo permitirán que los productores que tengan un sector bovino fortalecido, como es el caso de Brasil, se favorezcan de una sólida demanda por este cárnico.

En México, el incremento en la producción de carne bovina que ocurrió en años recientes fue sustentado en parte con la venta de pie de cría. Esta situación fue inevitable para los productores debido a la sequía intensa.

Debido a su precio actual, relativamente alto en comparación con otros cárnicos, es común asociar un alto consumo de carne de bovino a un alto nivel socioeconómico. Lo anterior debido a que existe una relación positiva entre el estatus económico y el consumo de carne bovino como se muestra en la gráfica.

Sobre este particular, Argentina es un punto anormal, consume una alta cantidad de carne bovina, sin embargo, cuenta con un PIB (Producto Interno Bruto) per cápita —una medida de nivel económico— relativamente bajo; no obstante, esto se explica por la alta producción de Argentina y sus hábitos alimenticios. Otro punto anormal, Suiza, se explica debido a la marcada preferencia que ese país tiene por la carne de cerdo.

En lo que respecta a la demanda, la carne de bovino es la tercera más consumida a nivel mundial, siendo las dos primeras la carne de cerdo y de pollo. Para 2015, se espera que el consumo de carne de pollo aumente 1.03 por ciento anual, para llegar a 85.5 millones de toneladas, y que el consumo de carne de cerdo aumente 0.32 por ciento anual, para llegar a 110.3 millones de toneladas (FIRA, 2015).

Asimismo, para 2015, se espera que el consumo de carne de bovino disminuya 1.5 por ciento anual, para llegar a 56.7 millones de toneladas.

A nivel nacional, de 1990 a 2000, la carne de bovino ocupó el primer lugar en el consumo de carne y, hasta 2011, el segundo lugar, sólo por debajo del consumo de carne de pollo.

Sin embargo, desde 2012 el consumo de la carne de cerdo superó al consumo de carne de bovino. Se espera que el consumo de la carne de bovino crezca 0.33 por ciento anual para 2015. En lo que respecta a la producción nacional, hasta 1999 era la carne que más se producía en el país; sin embargo, en 2014 se produjo 65 por ciento más carne de pollo que de bovino. Se espera que la producción nacional crezca 2.8 por ciento anual para 2015.

2.5. Leche de bovino

En México, la producción de leche de bovino es muy heterogénea desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico, incluyendo la gran variedad de climas regionales y características de tradiciones y costumbres de las poblaciones. Sin embargo, la industria de productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos en México.

La producción de leche presenta una diversidad de condiciones, las que van determinando una variedad de costos de producción, entre los principales factores que influyen en este tema se tienen el grado de tecnificación de la explotación, el tipo de alimentación del ganado, el tipo de raza o ganado lechero especializado entre otros, así como las condiciones climáticas y la disponibilidad de agua (FIRA, 2015).

Al considerar el grado de tecnificación de las explotaciones lecheras, destaca que el nivel de los costos de producción sea más alto en las que operan con una mayor tecnificación, lo cual está relacionado por el peso de los costos de alimentación, gastos generales, depreciaciones, pagos de impuestos y gastos financieros, principalmente.

En contraste, en las explotaciones de menor tecnificación el mayor peso en costos corresponde a la mano de obra y no tienen costos por servicios financieros (SE, 2012).

En 2014, la producción nacional de leche fue de 11,129.22 millones de litros, volumen que superó en 1.90 % la producción obtenida en 2013 (SIAP, 2016).

En 2013, el 27.01 % de la oferta nacional se cubrió con importaciones, provenientes principalmente de Estados Unidos (95 %) y de otros países como Nueva Zelanda, Irlanda y Canadá.

Durante 2011 a 2013, la participación de las principales entidades federativas en la producción de leche fueron: Jalisco (18.80 %), Coahuila (12.01 %), Durango (9.40 %), Chihuahua (8.91 %), Guanajuato (7.10 %) y Veracruz (6.60 %). En 2014, las contribuciones que realizaron estas entidades a la producción nacional, se modificaron en distintas proporciones. Guanajuato incrementó su participación en un 8.20 %; mientras que Coahuila, Durango y Chihuahua, aumentaron su aportación en alrededor de 2.51 %. Por su parte, Veracruz fue la que disminuyó su aportación en una unidad porcentual (LACTODATA, 2015).

2.5. Sistemas de producción de bovinos en México

En México la ganadería bovina se realiza en SP que van desde los altamente tecnificados hasta de traspatio, estos últimos, orientados hacia el autoconsumo familiar (Espinosa et al., 2000).

Los criterios propuestos por Pech et al. (2002) y Magaña et al. (2005) para la diferenciación de estos sistemas son la finalidad zootécnica, el nivel de tecnología utilizado, las razas que emplean y el tipo de alimentación.

En México se han definido cuatro SPB: el especializado (SE), que cuenta con ganado especializado en la producción de carne o leche conformado por razas puras principalmente; cuenta con tecnología altamente especializada bajo un manejo estabulado, alimentos balanceados y forrajes de corte, en el que se realizan prácticas de medicina preventiva, reproducción y mejoramiento genético; el semi-especializado (SSE), utiliza pequeñas extensiones de terreno, en donde las instalaciones son acondicionadas para la producción; maneja cruza, sin alcanzar los niveles de producción del SE, y cuenta con un nivel medio de incorporación tecnológica.

La alimentación del ganado se basa en el pastoreo, complementado con forrajes de corte y concentrado así como la utilización de esquilmos agrícolas y subproductos agroindustriales, existiendo cierto control productivo y programas de reproducción.

El sistema de doble propósito (SDP), tiene dos objetivos fundamentales: la producción de leche, que se obtiene de manera manual y con el apoyo del becerro para estimular su descenso, y la producción de carne mediante la cría de becerros al destete y el desecho de bovinos para el suministro de carne; utiliza razas *Bos indicus* y sus cruza con *Bos taurus*, principalmente Suizo, Holstein ó Simmental para la producción de leche y carne. La alimentación se basa en el pastoreo mediante la utilización de gramas nativas (*Paspalum sp* y *Axonopus sp*) y pastos inducidos de diversas características como el Privilegio (*Panicum maximum*), Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), Alemán (*Echinochloa polistachya*), entre otros.

En el sistema de traspatio (ST) la producción del ganado se realiza en pequeñas superficies de terreno, cercanas a la vivienda familia; este sistema, puede ser de tipo intensivo o semintensivo, utilizando raza Holstein y en menor proporción Suizo y sus cruza.

5.1. Estudios realizados sobre la función de producción Cobb-Douglas

Se citaron distintos contenidos bibliográficos, con el fin de sustentar el trabajo realizado y llevar acabo el estudio del tema. A continuación, se mencionan algunos trabajos que tienen relación con el tema que se está desarrollando.

Anido et al. (1996), presentan un análisis empírico de la producción de maíz en el estado Barinas, Venezuela, empleando la función econométrica de Cobb-Douglas.

Bichara (1990), presenta información y aspectos relevante en cuanto a la utilización de esta función de producción.

Castellanos (2004), realiza un estudio de la región confidencial para la obtención del óptimo económico de una función de producción de Cobb-Douglas bivariada, empleando la técnica de Wald descrita en Gallant (1987).

Gujarati (2004), hace uso del modelo y realiza la estimación de los parámetros con información referente a la producción de Taiwán. Representando sus resultados a través del paquete estadístico SAS (2004).

Mankiw (2004), hace referencia sobre algunas propiedades de la función de producción.

Romo (1990), emplea a la función de producción de Cobb-Douglas en el estudio sobre la asignación optima de los recursos en los viveros forestales del estado de México.

5.2. Función de producción

Según la teoría microeconómica una función de producción se define como la relación técnica que transforma los factores en producto. Representa la cantidad máxima de producción que se puede obtener aplicando eficientemente una cantidad dada de factores.

Una función de producción puede ser representada matemáticamente como: $Q = F(K, L)$ en donde Q representa el nivel de producción, K el acervo de capital, L el nivel de empleo o trabajo. En especificaciones más desarrolladas se pueden incluir otros factores productivos, como la tierra, la materia prima y la capacidad empresarial. También se puede incorporar un parámetro para estimar el cambio tecnológico.

En un contexto macroeconómico de una economía en particular, la producción (Q) puede representarse con el producto interno bruto o bien el producto nacional bruto, y los recursos productivos se pueden aproximar con el acervo de capital (K) y la fuerza laboral (L). En este caso la función se denominaría función de producción agregada.

Una función de producción se puede representar gráficamente en un plano de dos o tres dimensiones en el espacio de insumos. En este espacio, con una combinación eficiente de factores, es posible producir una cantidad dada de producto. Sin embargo, ésta (la altura de la curva), se puede producir con otras posibles combinaciones de factores.

En el análisis de isocuantas, se observa que en los procesos de producción que utilizan los recursos en proporciones variables, es posible sustituir un insumo por otro de forma que se puede producir la misma cantidad. Un concepto que representa esta relación es la Tasa Marginal de Sustitución (TMST), que mide en cuántas unidades se debe reducir el uso de un factor productivo al aumentar en una unidad el otro insumo, de forma que el nivel de producción se mantenga constante.

Según el grado de sustitución de los factores productivos, las funciones de producción pueden asumir una de las siguientes formas:

a. Coeficientes fijos: la cual no permite la sustitución de los factores en términos de su relación capital-trabajo (K/L), pero sí admite que alguno de estos factores se utilice en una cantidad mayor aunque se seguirá produciendo lo mismo.

b. Coeficientes variables o continuos: permite la sustitución capital-trabajo, en el proceso de producción, en cualquier proporción.

Una propiedad importante de las funciones de producción es su grado de homogeneidad; por medio del cual es posible conocer el tipo de rendimientos a escala que poseen.

En relación con los factores productivos, es importante distinguir cuándo un factor puede ser tratado como fijo o variable. Frecuentemente se expresa que un recurso se categoriza como variable cuando se puede alterar su nivel de utilización. Por su parte, un recurso se clasifica como fijo cuando no se puede cambiar o alterar su cantidad empleada en un proceso productivo. La distinción entre insumos fijos y variables está relacionada con los conceptos de corto y largo plazo, de forma que en el corto plazo existen factores que se utilizan en una cantidad fija y otros que se utilizan en cantidad variable en la producción, mientras que en el largo plazo todos los factores son variables.

Cuando existe un factor fijo y otro variable es importante hablar de la ley de rendimientos decrecientes, que se refiere básicamente al fenómeno de que, a partir de cierto nivel de producción, al agregar unidades adicionales de un insumo variable a una cantidad dada de insumos fijos, cada unidad de incremento del insumo variable produce cada vez menos. Esta ley se cumple sólo en el corto plazo y se debe a la saturación en el proceso productivo del factor fijo.

5.2.1. Rendimientos a escala

Este concepto describe la reacción en la producción ante un aumento de todos los insumos utilizados. Si el producto aumenta en la misma proporción que los insumos, se dice que hay rendimientos constantes a escala. Si el producto aumenta en una proporción mayor que los factores entonces se tienen rendimientos crecientes a escala o economías de escala y si por el contrario la producción se incrementa en una proporción menor que los insumos entonces la función de producción se caracteriza por rendimientos decrecientes a escala o deseconomías de escala.

5.3. Breve desarrollo teórico de algunas de las principales funciones de producción

5.3.1. Función de Producción con Elasticidad de Sustitución Constante (CES)

La función de producción con elasticidad de sustitución constante entre los factores de producción “surgió como una necesidad de contar con un tipo de función que permita contrastar la sustitución entre factores productivos”.

Entre sus rasgos principales, además del mencionado anteriormente, se encuentra el de que para un conjunto dado de parámetros, la elasticidad de sustitución puede ser la misma en cualquier punto a lo largo de una isocuanta, sin importar cual sea la relación en que son utilizados los insumos.

Además, esta función se caracteriza por ser linealmente homogénea, sin embargo, se puede modificar para que muestre cualquier grado de homogeneidad, tal y como se define más adelante.

La función puede expresarse como: $Q = A [\delta K^{-\rho} + (1-\delta) L^{-\rho}]^{-1/\rho}$, donde: **K** y **L** representan el factor capital y trabajo respectivamente, **A** es el parámetro de eficiencia y es mayor que cero, **δ** el parámetro de distribución de los factores, que se encuentra entre cero y uno y **ρ** es el parámetro de sustitución.

La forma del mapa de isocuantas depende tanto del valor que tome el parámetro de sustitución (**ρ**), como el de elasticidad de sustitución (**σ**). Debido a esto se pueden presentar los siguientes casos:

Caso 1: $\rho \rightarrow \infty, \sigma \rightarrow 0$, la función de producción se transforma en una de coeficientes constantes o proporciones fijas. No existe la posibilidad de sustitución entre los factores, sino que se combinan como complementos perfectos y la forma de las isocuantas forma ángulos rectos.

Caso 2: $\rho > 0, 0 < \sigma < 1$; existe sustitución entre los factores, aunque esta no se da tan fácilmente. Las isocuantas son asintóticas a algún valor de capital (**K**) y de trabajo (**L**) en vez de hacia los ejes.

Caso 3: $\rho = 0, \sigma = 1$, para este caso especial la función de producción se convierte en la función Cobb-Douglas.

Caso 4: $-1 < \rho < 0, \sigma > 1$, existe sustitución de los factores, las isocuantas cortan a los ejes de los factores, lo cual sugiere que es posible la producción con la ausencia de uno de los factores productivos.

Caso 5: $\rho \rightarrow 0, \sigma \rightarrow \infty$; en el límite las isocuantas adoptan la forma de una línea recta, indicando sustitución perfecta entre los factores.

La función de producción CES puede ser generalizada de manera que admita cualquier grado de homogeneidad y puede expresarse como10/:

$Q = A [\delta K^{-\rho} + (1-\delta) L^{-\rho}]^{-\nu/\rho}$ donde **V** muestra el grado de homogeneidad y el resto de los parámetros son los mismos de la ecuación.

5.3.2. Función de Producción Translog

Esta función de producción se ha desarrollado para la estimación de las elasticidades de sustitución entre pares de insumos complementarios. Su especificación matemática toma la siguiente forma: $Q = \alpha L^{\beta_1} K^{\beta_2} e^{\gamma/2} \ln L * \ln K$

$$\ln Q = \ln \alpha + \beta_1 \ln L + \beta_2 \ln K + \frac{1}{2}\gamma \ln L * \ln K$$

Esta función es similar a la Cobb-Douglas, en el sentido de que nunca alcanza un máximo en la producción, sin embargo, se diferencia en que ésta no siempre genera elasticidades de sustitución unitarias.

La forma de las isocuantas de esta clase de funciones depende del parámetro γ , el cual representa el porcentaje de participación conjunta de los factores de producción. Si $\gamma=0$, la función genera isocuantas similares a la Cobb-Douglas, la tasa marginal de sustitución podría ser una función lineal de la relación de insumos (K/L), y la elasticidad de sustitución sería unitaria.

En tanto γ se incrementa, las isocuantas presentan un arqueamiento hacia adentro, si el parámetro γ se incrementa más, éstas forman un ángulo recto, y la elasticidad de sustitución se vuelve cada vez menor.

5.3.3. Función de Producción Trascendental

Esta función surgió a partir de la Cobb-Douglas, y su principal objetivo fue representar las tres etapas de la producción de la función neoclásica, y obtener elasticidades variables en la producción. Su representación matemática para dos insumos es la siguiente:

$$Q = A L^{\alpha} K^{\beta} e^{\gamma L + \delta K}$$

5.4. Revisión de la función de producción Cobb-Douglas

Esta es la función de producción más renombrada que se ha utilizado para representar procesos productivos. Se debe su existencia a Paul Douglas y su amigo matemático Charles Cobb. Douglas fue senador por Illinois desde 1949 hasta 1966, pero antes de dedicarse a la política, había sido profesor de economía. En 1927 descubrió un hecho realmente sorprendente: la distribución de la renta entre el trabajo y el capital en EEUU se había mantenido más o menos constante a lo largo del tiempo. Concretamente el trabajo se llevaba el 70% de las rentas y el capital el 30%. Al observar esto acudió a su amigo matemático Cobb y le preguntó si había alguna función de producción que mantenía las participaciones constantes en los factores. La función que resultó fue la siguiente:

$$Y_t = AK_t^\alpha L_t^\beta; \text{ donde } 0 < \alpha, \beta < 1$$

Y_t : Producción

A: Progreso técnico exógeno

L_t : Número de empleados en una economía

La función de producción original se asumió homogénea de grado 1 en ambos factores, o con rendimientos constantes a escala. Su principal limitación es que no representa las tres etapas de la función de producción neoclásica.

En esta función de formalizada por Cobb-Douglas, α y β son los parámetros que representan el peso de los factores K y L (Factores productivos) en la distribución de la renta.

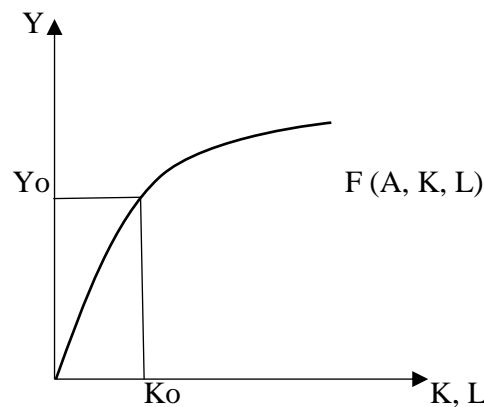
A es el progreso técnico o productividad total de los factores (PTF). La PTF no es una variable directamente observable, pues representa un estado no cuantificable formado por factores tales como: la organización empresarial, los conocimientos de los empresarios y trabajadores o el nivel de aplicación de tecnología.

Por tanto, esta función de producción está compuesta por dos factores productivos que se mantienen constantes en el tiempo y un factor productivo (progreso técnico).

Entre las principales características deseables que posee la función Cobb-Douglas están el ser homogénea de grado 1, exhibir rendimientos marginales decrecientes para cada factor productivo y su facilidad de estimación.

Bajo estos supuestos básicos la función de producción Cobb-Douglas toma la siguiente forma:

Gráfica 01. Representación gráfica de la función de producción Cobb-Douglas



La forma general de la función Cobb-Douglas puede escribirse como: $Y = F(L, K) = A L^\alpha K^\beta$ de forma que puede exhibir diferentes rendimientos a escala:

Esto significa que si $\alpha + \beta > 1$, los rendimientos son crecientes, mientras que si $\alpha + \beta < 1$, estos rendimientos son decrecientes; y si $\alpha + \beta = 1$ existen rendimientos constantes a escala.

Para la estimación del modelo por m.c.o. hay que partir de una función lineal en los parámetros. Dado que la función de producción Cobb-Douglas no cumple esta condición es necesario realizar un proceso de linealización. La transformación más usual es tomar logaritmos en la función.

$$Y_t = AK_t^\alpha L_t^\beta; \text{ donde } 0 < \alpha, \beta < 1$$

Las funciones de producción establecen, básicamente, relaciones entre combinaciones de ciertos insumos relevantes con producción generada por éstos (Bichara, 1990). Existen tres clases de

métodos para encontrar el tipo de relación existente entre las variables utilizadas en la función de producción.

- 1) Método de series de tiempo.
- 2) Corte transversal o datos atemporales.
- 3) Por experimentación controlada.

El primer método está basado en un análisis estadístico de datos en el tiempo, para varios insumos utilizados, y la producción generada en cada una de las observaciones del periodo de tiempo bajo estudio. El segundo método mencionado es un análisis estadístico que relaciona las variables tomando observaciones en un momento definido del tiempo. El último método puede ser utilizado para observaciones temporales o atemporales, con la diferencia de que la información se obtiene mediante experimentos sujetos a control.

Por lo mismo, el método de experimentación controlada es el único en el cual se cumple el supuesto de modelo de regresión lineal que considera a variables independientes como no estocásticas. De manera general, la función de producción es un modelo que se utiliza para analizar la relación entre los insumos empleados en un proceso productivo y el producto final, además describe la tasa a la cual los recursos son transformados en un producto. Simbólicamente puede ser escrita de la siguiente manera (Romo, 1990): $Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n)$, donde:

Y: es el producto

X_i : los diferentes insumos considerados, con $i = 1, \dots, n$.

Se supone además, que la función es continua y univoca, cuya primera y segunda derivadas existen y también son continuas.

Una forma específica de la relación producto-insumos se puede establecer de la siguiente manera (Bichara, 1990): $Y = AX_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_n^{\beta_n}$ (1)

Donde:

Y: es el producto

X_i : los diferentes insumos considerados, con $i = 1, \dots, n$.

A: es un valor que viene determinado parcialmente por las unidades de medida de las variables consideradas (Y, X_1, X_2, \dots, X_n) y parcialmente por la eficiencia del proceso de producción.

β_i : son los parámetros que representan el cambio porcentual en la producción al variar en uno por ciento la cantidad del insumo correspondiente empleado, con $i = 1, \dots, n$. Trabajos desarrollados por investigadores han demostrado que, tomando únicamente un grupo reducido de insumos, éstos definen el valor del producto con un alto grado de exactitud.

Suponiendo el caso de dos factores, este tipo de función quedaría establecida de forma algebraica de la siguiente manera: $Y(K, L) = AK^{\beta_1} L^{\beta_2}$ (2)

Donde:

Y: es el producto generado

K: Es el capital invertido

L: el trabajo empleado, y

A y β_i expresan los mismos coeficientes dados por la función en (1), con $i = 1, 2$.

Generalizando la fórmula anterior y cambiando las variables, matemáticamente, la función de producción de Cobb-Douglas tiene la siguiente forma (Castellanos, 2004):

$$Y = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots X_n^{\beta_n} \quad (3)$$

Donde Y es un vector de dimensión $n \times 1$ que denota la cantidad de producto obtenido, $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ un vector de n insumos y $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n)$ un vector de n parámetros desconocidos. Así puede verse que si $(\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n) = 1$ en la expresión anterior, a una variación proporcional en las cantidades de insumo, el producto varía en la misma proporción. Una función de este tipo se dice que es homogénea de grado 1.

Si ocurre que $(\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n) < 1$, a un incremento proporcional a todos los insumos, el producto aumenta pero en menor proporción que éstos.

Finalmente, cuando $(\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n) > 1$, a un incremento proporcional en los insumos, el producto aumenta en mayor proporción.

Para la función de producción anterior, el producto (Y) usualmente es el producto total medido como valor agregado por año, aunque también puede medirse como cantidad física de producción por año; en tanto que los insumos (X_1, X_2, \dots, X_n) comúnmente son medidos como cantidades disponibles o usadas en el proceso de producción (Velazco, 1988).

Los insumos que generalmente se consideran en una función de producción de Cobb-Douglas, son el capital y el trabajo, principalmente; aunque también pueden considerarse tierra, materias primas y combustible entre otros.

De los insumos mencionados, la medición del capital presenta problemas, en virtud de que, los datos generalmente no se encuentran disponibles o son de dudosa confiabilidad; por lo que se recomienda evitar el uso de una medida explícita del abasto de capital.

Transformando el modelo de Cobb-Douglas, dado por la ecuación (3), a un modelo econométrico para su estimación, en donde es de suma importancia la forma, de cómo se especifica el error (Castellanos, 2004).

El error puede ser multiplicativo: $Y_i = \beta_0 X_{1i}^{\beta_1} X_{2i}^{\beta_2}, \dots, X_{ni}^{\beta_n} e^{u_i} \quad 1 \leq i \leq k \quad (4)$

Donde la e es la base de los logaritmos naturales, entonces la función, es estimada, por regresión lineal múltiple, después de tomar logaritmos en ambos lados de la ecuación (4). También el error puede ser aditivo: $Y_i = \beta_0 X_{1i}^{\beta_1} X_{2i}^{\beta_2}, \dots, X_{ni}^{\beta_n} + u_i \quad 1 \leq i \leq k \quad (5)$

En tal caso, la función es estimada por mínimos cuadrados no lineales. Tanto para los errores dados en (4) como en (5) se suponen: $u_i \sim N(0, \sigma^2) \quad 1 \leq i \leq k \quad (6)$

Posteriormente se darán más detalles sobre las propiedades que tienen los errores.

5.4.1. Propiedades de la función de producción Cobb-Douglas

a) Producto medio del factor productivo

El producto medio de un insumo se define como el cociente de la producción total dividida por la cantidad del insumo (Romo, 1990); reduciendo la ecuación (3) a dos factores:

$$Y = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \quad (7)$$

El producto medio para cada uno, se representan por las siguientes expresiones (Bichara, 1990):

Producto medio del factor X_1 (capital).

$$PMeX_1 = Y/X_1 = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2}/X_1 = \beta_0 X_2^{\beta_2}/X_1^{(1-\beta_1)} \quad (8)$$

Producto medio del factor X_2 (trabajo).

$$PMeX_2 = Y/X_2 = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2}/X_2 = \beta_0 X_1^{\beta_1}/X_2^{(1-\beta_2)} \quad (9)$$

Restringiendo la función a lineal homogénea, lo cual implica que la suma de los exponentes es igual a la unidad, se tiene: $\beta_1 = \alpha$, $\beta_2 = (1-\alpha)$.

Sustituyendo en los productos medios:

$$PMeX_1 = \beta_0 X_2^{(1-\beta)}/X_1^{(1-\beta)} = \beta_0 (X_2/X_1)^{(1-\beta)}, \quad PMeX_2 = \beta_0 X_1^{\beta}/X_2^{(1-\beta)} = \beta_0 (X_1/X_2)^{\beta} \quad (10)$$

La productividad media de un insumo nos indica el producto por unidad de este insumo (Romo, 1990).

Se observa que cuando la función no es lineal homogénea, el producto medio está en función de las magnitudes absolutas de X_1 y X_2 a diferencia de cuando sí lo es, en el que producto medio, está en función únicamente de la relación capital-trabajo (Bichara, 1990).

b) Producto marginal del factor productivo

El producto marginal de un insumo se define como la adición en el producto total atribuible a la adición de una unidad de insumo variable en el proceso productivo, cuando los demás insumos permanecen constantes (Romo, 1990).

O bien se define como el cambio en el producto total al cambiar en una unidad el empleo de uno de los factores productivos manteniendo constante la cantidad utilizada del otro factor productivo.

Éste se representa por medio de la derivada parcial de la función con respecto al factor productivo en cuestión (Bichara, 1990).

Para el factor X_1 (capital) es:

$$PMgX_1 = \delta Y / \delta X_1 = \delta(\beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2}) / \delta X_1 = \beta_0 X_2^{\beta_2} \beta_1 (X_1^{\beta_1-1}) = \beta_0 \beta_1 X_2^{\beta_2} / (X_1^{1-\beta_1}) = \beta_1 [\beta_0 X_2^{\beta_2} / X_1^{1-\beta_1}]$$

Por la ecuación (8), entonces se tiene: $PMgX_1 = \beta_1(PMeX_1)$ (11)

Y por la ecuación (10)

$$\delta Y / \delta X_1 = \beta_1 [\beta_0 X_2^{\beta_2} / X_1^{1-\beta_1}] = \alpha [\beta_0 X_2^{1-\alpha} / X_1^{1-\alpha}] = \alpha \beta_0 X_1^{\alpha-1} X_2^{1-\alpha} > 0$$

Para el factor X_2 (trabajo) es:

$$PMgX_2 = \delta Y / \delta X_2 = \delta(\beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2}) / \delta X_2 = \beta_0 X_1^{\beta_1} \beta_2 (X_2^{\beta_2-1}) = \beta_0 \beta_2 X_1^{\beta_1} / (X_2^{1-\beta_2}) = \beta_2 [\beta_0 X_1^{\beta_1} / X_2^{1-\beta_2}]$$

Por la ecuación (9), se tiene: $PMgX_2 = \beta_2(PMeX_2)$ (12)

Y por la ecuación (10).

$$\delta Y / \delta X_2 = \beta_2 [\beta_0 X_1^{\beta_1} / X_2^{1-\beta_2}] = (1-\alpha) [\beta_0 X_1^\alpha / X_2^{1-(1-\alpha)}] = (1-\alpha) \beta_0 X_1^\alpha X_2^{-\alpha} > 0$$

Restringiendo las funciones de los factores X_1 y X_2 a lineal homogénea, tenemos que:

$$PMgX_1 = \alpha \beta_0 X_2^{\beta_2} / X_1^{1-\beta_1} \text{ y } PMgX_2 = (1-\alpha) \beta_0 X_1^{\beta_1} / X_2^{1-\beta_2}$$

Se dice que existen rendimientos marginales decrecientes cuando al agregar unidades adicionales de un insumo, manteniendo la cantidad de los demás insumos constantes, el producto total aumenta pero cada vez en menor cantidad o, lo que es lo mismo, cuando el producto marginal disminuye. Esto se da fundamentalmente cuando: $0 < \beta_i < 1$

Cuando $X_2 \rightarrow \infty$ la función, si está sujeta a la restricción de ser lineal homogénea el producto marginal estará en función únicamente de la relación capital-trabajo, independientemente de las magnitudes de capital y trabajo.

Cuando, su producto medio tiende a cero. Como el producto marginal está en función del producto medio de acuerdo a la formulación anterior, éste tenderá también a cero cuando $X_2 \rightarrow \infty$. El producto marginal por tanto, y basándose en la función de producción de Cobb-Douglas, nunca será negativo.

Para el producto marginal del factor X_1 (Sala, 2000).

$$\lim_{X_2 \rightarrow \infty} \delta Y / \delta X_1 = \alpha \beta_0 X_1^{(\alpha-1)} X_2^{(1-\alpha)} = 0, \quad \lim_{X_2 \rightarrow \infty} \delta Y / \delta X_1 = \alpha \beta_0 X_1^{(\alpha-1)} X_2^{(1-\alpha)} = \infty$$

Para el producto marginal del factor X_2 .

$$\lim_{X_2 \rightarrow \infty} \delta Y / \delta X_2 = (1-\alpha) \beta_0 X_1^\alpha X_2^{-\alpha} = 0, \quad \lim_{X_2 \rightarrow \infty} \delta Y / \delta X_2 = (1-\alpha) \beta_0 X_1^\alpha X_2^{-\alpha} = \infty$$

Esto implica que un aumento de la cantidad de capital eleva el $PMgX_2$ y reduce el $PMgX_1$. Así mismo, un aumento de la cantidad de trabajo reduce el $PMgX_2$ y eleva el $PMgX_1$. Un avance tecnológico que aumenta el parámetro β_0 eleva el producto marginal de ambos factores proporcionalmente.

Conocida como la función de producción de Cobb Douglas.

Para estimar esta función se puede utilizar la transformación logarítmica: $\ln Y = \ln A + \alpha \ln L + \beta \ln K$.

4. Etapas de Producción

Las empresas utilizan factores de producción, también llamados insumos o inputs, para obtener un producto, también llamado output.

La función de producción, describe la relación que existe entre la cantidad de insumos y la cantidad de producto. La función de producción supone como dada una cierta tecnología.

La relación definida por la función de producción, se puede graficar poniendo en el eje Y la cantidad producida, y en el eje X la cantidad utilizada de un insumo.

Esta situación se denomina “de corto plazo”, porque en el largo plazo, se puede variar la cantidad de todos los insumos, mientras que en el corto plazo, hay sólo algunos insumos que se pueden modificar. Un ejemplo que se utilizan habitualmente es: el trabajo es variable en el corto plazo mientras que el capital y la tierra son fijos en el corto plazo.

Para ejemplificar, utilizamos como ejemplo una plantación, donde los insumos son tierra y trabajo.

Etapa I

Supongamos que en un comienzo, no hay trabajadores, por lo que la producción es cero. A medida que se incorporan trabajadores, la producción aumenta. Pensemos que, en el comienzo, un solo trabajador debe realizar muchas tareas sin especializarse en ninguna, como mantener las herramientas, cosechar, cargar la cosecha en un camión, transportar, etc.

A medida que se van agregando más trabajadores, estos se van especializando en tareas para las que son más capaces. Algunos se especializan en cosechar, otros en mantener las herramientas, otros en transportar la mercadería. Es por esto que la producción aumenta rápidamente. Por ejemplo, 20 trabajadores podrían producir más que el doble de lo que producen 10 trabajadores. Es decir, el promedio producido por cada trabajador aumenta.

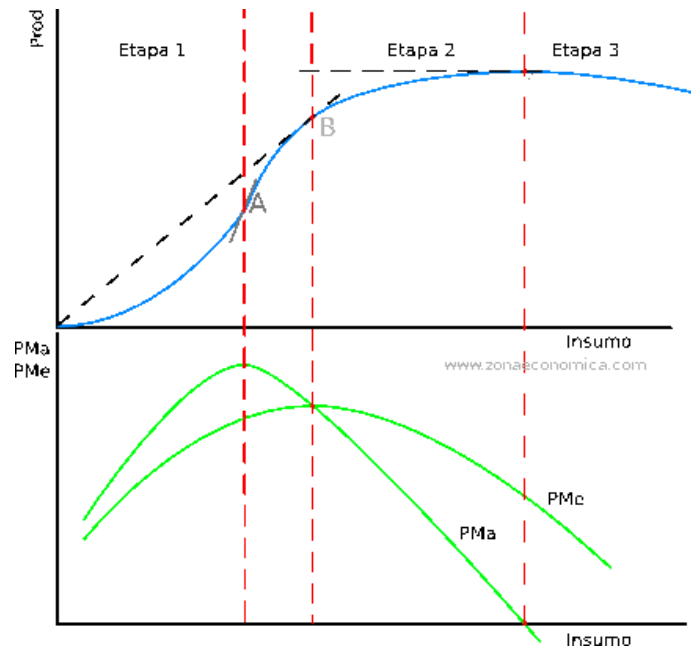
Etapa II

Sin embargo, llega un punto en el que mas trabajadores siguen aportando a la producción, pero cada vez menos. Algunos deben esperar que otros dejen de utilizar alguna herramienta para comenzar a trabajar, otros se comienzan a estorbar entre sí, etc. Recordemos que la tierra y el resto de los insumos (herramientas, etc.), se mantienen constantes.

De este modo, llega un momento en el que el promedio de los que produce cada trabajador, disminuye. Por ejemplo, si 20 trabajadores producían 20.000 kilos de papas en una hectárea, puede suceder que 40 trabajadores produzcan 35.000 kilos de papas en la misma tierra y con las mismas herramientas. Es decir, que con 20 trabajadores, cada uno producía en promedio 1.000 kilos, y con 40 trabajadores, cada uno produce 875 kilos en lugar de 1.000.

Etapa III

Si se siguen incorporando trabajadores a la misma hectárea, llegará un punto en el que los trabajadores se estorbarán tanto entre sí, que la producción total disminuirá.



Las distintas etapas se pueden analizar fácilmente desde el punto de vista matemático.

5. Costo Medio CMe

Es el costo total de la empresa dividido por su nivel de producción.

6. Costo Marginal

Es el aumento que experimenta el costo cuando se produce una unidad más.

La primera etapa de producción, etapa I, se caracteriza porque el producto medio (PMe) es creciente. El producto marginal (PMa) es superior al producto medio (PMe): $PMa > PMe$.

La segunda etapa de producción, etapa II, se caracteriza porque el producto medio es decreciente, el producto marginal es inferior al producto medio ($PMa < PMe$).

La tercera etapa de producción, etapa III, se caracteriza porque el producto marginal es negativo.
(PMa) Pindyck, 2009.

III. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en el sur del Estado de México se produce ganado bovino de carne bajo un sistema extensivo, el cual aporta al mercado una cantidad importante de carne que contribuye a la

alimentación de los habitantes de esta región, en la que existen condiciones agroecológicas que permiten una explotación extensiva adecuada de bovinos carne.

En la presente investigación se aplicó la teoría de la producción, específicamente la función de producción obtenida en la explotación de bovinos carne en cuatro municipios del Estado de México, con la finalidad de conocer el aspecto técnico y económico, estos aspectos desempeñan un papel muy importante para lograr la eficiencia y la optimización en el uso de los insumos (recursos), que permiten mejorar la producción de ganado bovino, verificando que bajo este método se pueden controlar de una manera adecuada todos los costos.

El presente trabajo tiene repercusión práctica sobre los productores de bovinos carne del sur del Estado de México, ya que la información que obtenida sirve para aumentar su productividad, conocer el nivel de utilización de los recursos e insumos que se emplean en el proceso de producción e incrementar su competitividad, márgenes de producción y ganancia.

Existen algunos estudios acerca de la función de producción Cobb-Douglas aplicada al sector agropecuario.

Anido et al. (1996), presentan un análisis empírico de la producción de maíz en el estado Barinas, Venezuela, empleando la función econométrica de Cobb-Douglas.

Bichara (1990), presenta información y aspectos relevante en cuanto a la utilización de esta función de producción.

Castellanos (2004), realiza un estudio de la región confidencial para la obtención del óptimo económico de una función de producción de Cobb-Douglas bivariada, empleando la técnica de Wald descrita en Gallant (1987).

Mankiw (2004), hace referencia sobre algunas propiedades de la función de producción.

Romo (1990), emplea a la función de producción de Cobb-Douglas en el estudio sobre la asignación óptima de los recursos en los viveros forestales del estado de México.

Gujarati (2004), hace uso del modelo y realiza la estimación de los parámetros con información referente a la producción de Taiwán. Representando sus resultados a través del paquete estadístico SAS (2004).

IV. HIPÓTESIS

El incremento porcentual de los insumos en la ganadería de carne del sur del Estado de México ofrece rendimientos crecientes a escala de la producción.

IV. OBJETIVO

Estimar una función de producción de Cobb-Douglas en la ganadería de carne del sur del Estado de México, para conocer los rendimientos a escala de la producción, que resulten de la suma de las elasticidades parciales de cada una de las variables de estudio.

VI. MATERIAL Y MÉTODO

La investigación se realizó de febrero a julio de 2015 en la parte sur del Estado de México, específicamente en los municipios de Tlatlaya, Amatepec, Luvianos y Tejupilco. Esta región está ubicada en el subtrópico mexicano, entre las coordenadas $18^{\circ} 21'$ y $19^{\circ} 34'$ latitud norte y $99^{\circ} 16'$ y $100^{\circ}36'$ longitud oeste. Políticamente, este espacio geográfico tiene límites con tres estados del país (Morelos, Guerrero y Michoacán) hacia el Sur y Sureste, limita con los estados de Morelos y Guerrero, y finalmente, al Oeste tiene límites con el estado de Michoacán y porciones de Guerrero (Franco, et al., 1992). Según datos de (SIAP-SAGARPA, 2014) los cuales aportan el 81% de la producción distrital de carne de bovino. La obtención de los datos se llevó a cabo a través de una encuesta dirigida (Cochran, 1985) a 200 socios ganaderos, de un total de 1080, los cuales pertenecen a diferentes Asociaciones Ganaderas Locales, las cuales, integran la Unión Ganadera Regional del Sur del Estado de México.

Las encuestas se aplicaron en las reuniones mensuales, con los socios ganaderos que acudieron y que estuvieron dispuestos a proporcionar información del número de hectáreas de pastizal natural (X_1), del total de animales en producción(X_2) y de los gastos en alimentación del ganado (X_3).

Una vez que se obtuvieron los datos se capturaron en una hoja de Excel, donde se ordenaron como variables independientes X_1 , X_2 , X_3 y variable dependiente la producción total de carne (Y) (Pech, et., 2002). De manera general, la función de producción es un modelo que se utiliza para analizar la relación entre los insumos empleados en un proceso productivo y el producto final, además describe la tasa a la cual los recursos son transformados en un producto. Simbólicamente puede ser escrita de la siguiente manera (Romo, 1990): $Y= F(X_1, X_2, \dots, X_n)$, donde Y : es el producto, X_i : los diferentes insumos considerados, con $i= 1, \dots, n$.

Generalizando la fórmula anterior y cambiando las variables, matemáticamente, la función de producción de Cobb-Douglas tiene la siguiente forma (Castellanos, 2004): $Y = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3}, \dots, X_n^{\beta_n}$, donde Y es un vector de dimensión $n \times 1$ que denota la cantidad de producto obtenido, $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ un vector de n insumos y $\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ vector de n parámetros desconocidos. Si $\sum (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) = 1$: La función de producción tendrá rendimientos constantes a escala, es decir, a una variación proporcional en las cantidades de insumo, el producto varía en la misma proporción.

Si $\sum (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) > 1$: la función de producción tendrá rendimientos crecientes a escala, es decir, a un incremento proporcional en los insumos, el producto aumenta en mayor proporción.

Si $\sum (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) < 1$: la función de producción tendrá rendimientos decrecientes a escala, esto significa que a un incremento proporcional a todos los insumos, el producto aumenta pero en menor proporción que éstos.

Los insumos que se consideran generalmente en una función de producción de Cobb-Douglas, son el capital y el trabajo, principalmente; aunque también pueden considerarse tierra, materias primas y combustible entre otros.

De estos insumos mencionados, la medición del capital presenta problemas, en virtud de que, los datos generalmente no se encuentran disponibles o son de dudosa confiabilidad; por lo que se recomienda evitar el uso de una medida explícita del abasto de capital. La función de producción de Cobb-Douglas es no lineal en los parámetros y a través de una transformación logarítmica, se vuelve lineal. Por medio de regresión lineal es analizada e interpretada para concretar los resultados obtenidos.

El modelo lineal quedó de la siguiente manera:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 + u_i,$$

donde:

Y= Producción Total de Carne

β_0 = Intercepción

β_1 = Elasticidad parcial de la producción respecto al insumo PN, con los insumos TA y GA constantes

β_2 = Elasticidad parcial de la producción respecto al insumo TA, con los insumos PN y GA constantes

β_3 = Elasticidad parcial de la producción respecto al insumo GA, con los insumos PN y TA constantes, X_1 = Insumo Pastizal Natural, X_2 = Insumo Total de Animales, X_3 = Insumo Gastos de Alimentación y u = Término de perturbación estocástica.

Las variables de Producción Total de Carne, Pastizal Natural, Total de Animales y Gastos de Alimentación están transformadas a logaritmos naturales para contribuir a que los errores cumplan con el supuesto de la distribución normal y homoscedasticidad del método de mínimos cuadrados ordinarios.

Para estimar la función de producción Cobb-Douglas y realizar el análisis de varianza se utilizó el paquete estadístico SAS.

VII. RESULTADOS

AGRONOMÍA MESOAMERICANA

Órgano divulgativo del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA).

ISSN 1021-7444 versión impresa / ISSN 2215-3608 versión electrónica.

Dirección electrónica: <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/index>

Tel/fax: (506) 2511 7770/2433 5963.

Apartado postal 183-4050. Alajuela, Costa Rica.

E- mail: pccmca@gmail.com; pccmca@ucr.ac.cr

27 de setiembre, 2016

Alajuela, Costa Rica

Por medio de la presente hago constar que el señor Pedro Hernández Aguirre, de la Universidad Autónoma del Estado de México, México, posee un trabajo en revisión preliminar en la revista Agronomía Mesoamericana titulado “**Función de producción Cobb-Douglas en bovinos de carne del Sur del Estado de México**” en el cual figura como autor.

Agradezco la atención que se le preste a este escrito.

Atentamente,



Rodolfo Araya
Editor Principal
Revista Agronomía Mesoamericana



Función de Producción Cobb-Douglas en bovinos carne del Sur del Estado de México*

Production Function Cobb-Douglas in beef cattle of the South Mexico State

Pedro Hernández-Aguirre¹, José Luis Morales-Hernández¹, Samuel Rebollar-Rebollar¹, Juvencio Hernández-Martínez¹

Resumen

En México los bovinos representan una actividad económica muy importante para el sector rural y se lleva a cabo a lo largo y ancho del territorio. El objetivo de este trabajo fue estimar una función de producción Cobb-Douglas en los bovinos carne del Sur del Estado de México para conocer los rendimientos a escala de la producción que resulten de la suma de las elasticidades parciales de cada una de las variables de estudio. En esta zona, este tipo de ganadería se practica más por las condiciones naturales que por inducción y transferencia tecnológica. En esta investigación los factores considerados fueron las hectáreas de pastizal natural, el total de animales y los gastos de alimentación los cuales son las variables independientes y que explican a la variable dependiente, que es la producción total de carne. Al sumar las elasticidades parciales de cada una de las variables se obtuvo un valor mayor a 1, lo cual nos muestra que en los cuatro municipios de estudio se tienen rendimientos a escala crecientes de la producción, lo cual significa que al incrementar los insumos en cierta proporción la producción de carne se incrementará a una mayor proporción. No es necesario incrementar la superficie de pastizal natural y los gastos en alimentación para incrementar la producción de carne, pero si se requiere aumentar la cantidad de animales.

Palabras clave: relación insumo-producto, rendimientos a escala, cuatro municipios.

Abstract

In Mexico cattle represent a very important economic activity for the rural sector and it is carried out throughout the territory. In this zone, in this area this type of farming is practiced more by natural conditions than by induction and technological transfer. In this research were the factors considered hectares of natural grassland, the total number of animals and food costs, which are the independent variables and the dependent variable explained that is the total meat production. Adding the partial elasticities of each of the variables larger than 1 value was obtained, which shows that in the four municipalities of study have increasing returns to scale production, which means that increasing inputs in certain proportion, total meat production will increase to more proportion.

It is not necessary to increase the area of natural grassland and food expenses to increase meat production, but is required increase the number of animals.

Keywords: input-output relationship, returns to scale, four municipalities.

Introducción

El Estado de México aporta el 3% (85,865 ton) de la producción nacional de ganado bovino en pie, concentrándose la mayor producción en el distrito de Atlacomulco con un 21% (17,845 ton), seguido por el distrito de Tejupilco, el cual aporta el 18% (15,001 ton) (SIAP-SAGARPA, 2014). En el distrito de Tejupilco la producción se distribuye de la siguiente manera: Tlatlaya 30%, Amatepec 20%, Luvianos 16%, Tejupilco 15%, Temascaltepec 14% y San Simón de Guerrero 5%, de acuerdo a estos datos el sur del Estado de México tiene el potencial para la producción de bovinos carne y también es importante señalar que esta actividad pecuaria es una fuente de ingresos muy significativa para los ganaderos de esta región (SIAP-SAGARPA, 2014).

Las razas de bovinos carne que predominan en este distrito son: charoláis, simbrah, suizo americano, suizo europeo, simmental y suizbu, las cuales ofrecen muy buenos resultados en la producción de carne y se adaptan a las condiciones climáticas de la región calentana del Estado de México.

La explotación se lleva a cabo en sistemas extensivos y semintensivos aprovechando el pastizal natural de las praderas y algunas variedades de pasto introducidas como estrella, llanero, brachiaria, entre otros (SAGARPA, 2014).

En la producción de carne de bovino participan varios factores que aportan cierto porcentaje en la producción y que están relacionados entre sí de cierta manera. Para conocer esta relación entre los factores o insumos y la producción es necesario utilizar las funciones de producción, las cuales son una herramienta fundamental para establecer la dependencia de la producción con respecto a los factores independientes (Aguirre, 1975).

Las funciones de producción son expresiones matemáticas, las cuales conjugan conceptos económicos y estadísticos que explican la relación que existe entre el producto obtenido y la combinación de los factores.

Algunos componentes de las funciones de producción en la ganadería bovina de carne son: tipo de pastizal, superficie ganadera empleada en la producción, cantidad de alimento o suplemento empleado, gastos de sanidad del animal, y la mano de obra, de estos, los tres últimos son los de mayores limitaciones (Debertin, 1986).

La función de producción de Cobb-Douglas es la función de producción más utilizada en economía, basada su popularidad en el cumplimiento de las propiedades básicas que los economistas consideran deseables. Es la función de producción neoclásica por excelencia (Sanchoa, 2005).

La aplicación de la función de producción nos dará la economía de escala, la cual nos indicará la eficiencia técnica, para diseñar políticas que ayuden a mejorar los rendimientos en la producción de carne para la región, es decir nos indicara que cantidad de carne se puede producir y ofrecer al mercado.

El tipo de empresa ganadera en la región del Sur del Estado de México, carece de registros contables y financieros, y de un bajo nivel de registros técnicos, ambos se reflejan en un bajo acceso al crédito y baja productividad.

Más de un 90% de las Pymes carece de un plan de negocios, incluido recientemente el sector ganadero, a mediano y largo plazo que les permita crecer de forma eficiente, lo que las lleva a ser poco competitivas y no generar los empleos que requiere el país (Álvarez, 2013).

Por otra parte, se tiene una organización básica en la ganadería regional, esto con la Integración de la Asociación Regional Ganadera, la cual integra a diferentes asociaciones regionales locales ganaderas de los cuatro municipios productores de carne: Tejupilco, Luvianos, Amatepec y Tlatlaya.

Con base en este planteamiento, el objetivo del presente trabajo, consistió en estimar una función de producción de Cobb-Douglas en la ganadería de carne del sur del Estado de México, para conocer los rendimientos a escala de la producción, que resulten de la suma de las elasticidades parciales de cada una de las variables de estudio.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó de febrero a julio de 2015 en la parte sur del Estado de México, específicamente en los municipios de Tlatlaya, Amatepec, Luvianos y Tejupilco. Esta región está ubicada en el subtrópico mexicano, entre las coordenadas 18° 21' y 19° 34' latitud norte y 99° 16' y 100°36' longitud oeste. Políticamente, este espacio geográfico tiene límites con tres estados del país (Morelos, Guerrero y Michoacán) hacia el Sur y Sureste, limita con los estados de Morelos y Guerrero, y finalmente, al Oeste tiene límites con el estado de Michoacán y porciones de Guerrero (Franco, et al., 1992). Según datos de (SIAP-SAGARPA, 2014) los cuales aportan el 81% de la producción distrital de carne de bovino. La obtención de los datos se llevó a cabo a través de una encuesta dirigida (Cochran, 1985) a 200 socios ganaderos, de un total de 1080, los cuales pertenecen a diferentes Asociaciones Ganaderas Locales, las cuales, integran la Unión Ganadera Regional del Sur del Estado de México.

Las encuestas se aplicaron en las reuniones mensuales, con los socios ganaderos que acudieron y que estuvieron dispuestos a proporcionar información del número de hectáreas de pastizal natural (X_1), del total de animales en producción (X_2) y de los gastos en alimentación del ganado (X_3).

Una vez que se obtuvieron los datos se capturaron en una hoja de Excel, donde se ordenaron como variables independientes X_1 , X_2 , X_3 y variable dependiente la producción total de carne (Y) (Pech, et., 2002). De manera general, la función de producción es un modelo que se utiliza para analizar la relación entre los insumos empleados en un proceso productivo y el producto final, además describe la tasa a la cual los recursos son transformados en un producto.

Simbólicamente puede ser escrita de la siguiente manera (Romo, 1990): $Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n)$, donde Y : es el producto, X_i : los diferentes insumos considerados, con $i = 1, \dots, n$.

Generalizando la fórmula anterior y cambiando las variables, matemáticamente, la función de producción de Cobb-Douglas tiene la siguiente forma (Castellanos, 2004): $Y = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3}, \dots, X_n^{\beta_n}$, donde Y es un vector de dimensión $n \times 1$ que denota la cantidad de producto obtenido, $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ un vector de n insumos y $\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ vector de n parámetros desconocidos. Si $\sum (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) = 1$: La función de producción tendrá rendimientos constantes a escala, es decir, a una variación proporcional en las cantidades de insumo, el producto varía en la misma proporción.

Si $\sum (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) > 1$: la función de producción tendrá rendimientos crecientes a escala, es decir, a un incremento proporcional en los insumos, el producto aumenta en mayor proporción.

Si $\sum (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) < 1$: la función de producción tendrá rendimientos decrecientes a escala, esto significa que a un incremento proporcional a todos los insumos, el producto aumenta pero en menor proporción que éstos.

Los insumos que se consideran generalmente en una función de producción de Cobb-Douglas, son el capital y el trabajo, principalmente; aunque también pueden considerarse tierra, materias primas y combustible entre otros. De estos insumos mencionados, la medición del capital presenta problemas, en virtud de que, los datos generalmente no se encuentran disponibles o son de dudosa confiabilidad; por lo que se recomienda evitar el uso de una medida explícita del abasto de capital.

La función de producción de Cobb-Douglas es no lineal en los parámetros y a través de una transformación logarítmica, se vuelve lineal. Por medio de regresión lineal es analizada e interpretada para concretar los resultados obtenidos.

El modelo lineal quedó de la siguiente manera: $\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 + u_i$, donde Y = Producción Total de Carne, β_0 = Intercepto, β_1 = Elasticidad parcial de la producción respecto al insumo PN, con los insumos TA y GA constantes, β_2 = Elasticidad parcial de la producción respecto al insumo TA, con los insumos PN y GA constantes, β_3 = Elasticidad parcial de la producción respecto al insumo GA, con los insumos PN y TA constantes, X_1 = Insumo Pastizal Natural, X_2 = Insumo Total de Animales, X_3 = Insumo Gastos de Alimentación y u = Término de perturbación estocástica.

Las variables de Producción Total de Carne, Pastizal Natural, Total de Animales y Gastos de Alimentación están transformadas a logaritmos naturales para contribuir a que los errores cumplan con el supuesto de la distribución normal y homoscedasticidad del método de mínimos cuadrados ordinarios.

Para estimar la función de producción Cobb-Douglas y realizar el análisis de varianza se utilizó el paquete estadístico SAS.

Resultados

Haciendo uso del paquete estadístico SAS, se tomaron los datos de la hoja de Excel, y se ejecutó una regresión lineal, para así obtener los estimadores de los parámetros y ajustando la función de producción de Cobb-Douglas a estos datos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 01. Resultados del SAS para los bovinos carne del sur del Estado de México.

Table 01. SAS Results for beef cattle from southern Mexico State.

Concepto	Valor
Muestra (n)	200
R ²	0.70
Coef. Var.	5.5
Error estándar	X ₁ = 0.04, X ₂ = 0.06, X ₃ = 0.06
T	X ₁ = (-1.05), X ₂ = (17.81), X ₃ = (-0.33)
f	157.25

Fuente: Elaboración propia con datos del SAS.

El modelo estadístico que se obtuvo es el siguiente: $Y = 455.5 X_1^{-0.041} X_2^{1.067} X_3^{-0.019}$, por lo tanto, los valores de las elasticidades parciales correspondientes a las variables consideradas en este trabajo investigación son las siguientes: $\beta_1 = -0.041$, $\beta_2 = 1.067$, $\beta_3 = -0.019$, la $\sum (\beta_1, \beta_2, \beta_3) = 1.01$, este resultado nos indica, que en la producción de carne de bovino del sur del estado de México se tienen rendimientos a escala crecientes, lo cual significa que al aumentar los insumos en cierta proporción (Pasto Natural, Total de Animales y Gastos de Alimentación), la Producción Total de Carne se incrementará en una proporción mayor a la de los insumos.

De acuerdo a las elasticidades de cada una de las variables del modelo podemos expresar lo siguiente: un incremento del 1% en la variable de Pastizal Natural (PN) provoca una disminución del 0.04% en la Producción Total de Carne (PTC), manteniendo constante el Total de Animales (TA) y los gastos de alimentación. Si se incrementa el Total de Animales (TA) en 1% y se mantiene constante la variable Pastizal natural (PN) y Gastos de Alimentación (GA), la Producción Total de Carne aumenta en 1.06%.

Para el caso de los Gastos de Alimentación (GA), si se incrementan en 1%, la Producción Total de Carne disminuye en 0.02%, manteniendo constantes los otros insumos. Coincidiendo con Pech, et al. 2002), se puede observar que la variable total de animales es la que tiene mayor influencia en la producción total de carne de bovino, ya que al incrementarla en el 1% con las otras dos variables constantes, la producción total de carne aumenta en un 1.06%, por lo tanto se puede concluir que no hay necesidad de incrementar el número de hectáreas pastizal natural y los gastos de alimentación, sin embargo si se debe aumentar el número de animales en producción.

El valor de β_0 se interpreta como el efecto medio o promedio sobre Y de todas las variables omitidas del modelo de regresión lineal, indica el nivel promedio de la Producción Total de Carne (Y), cuando Pastizal natural (PN), Total de Animales (TA) y los Gastos de Alimentación (GA) son iguales a cero, pero en este caso, sólo representa una constante de ajuste del modelo. En general se obtuvieron buenos resultados, se tiene una $R^2= 0.70$, este resultado del coeficiente de determinación, dice qué tan exactamente la línea de regresión muestral se ajusta a los datos, por lo que se considera que el ajuste es bueno.

En otras palabras, podemos indicar que el 70% de las variaciones que ocurren en la Producción Total de Carne (Y) se explicarían por las variaciones en la variable Pastizal natural (PN), Total de Animales (TA) y los Gastos de Alimentación (GA), (X1, X2 y X3). En la prueba de F de Fisher dada (Cuadro 01) igual a 157.25, podemos observar, que la probabilidad asociada a F, en este caso, es menor de 0.0001, significa que nos arriesgamos en menos del 0.01% concluyendo que las variables explicativas originan una cantidad de información significativa al modelo.

Discusión

En los cuatro municipios de estudio la actividad de los bovinos carne se lleva acabo más por condiciones naturales que por innovación tecnológica (SAGARPA, 2014); esto trae consigo que no se realice una adecuada alimentación de los animales, prácticas inadecuadas en el manejo de los pastizales, muy poca utilización de alimentación suplementaria, así como del restringido uso de la medicina preventiva y del mejoramiento genético; estos son los factores que no permiten la productividad de esta ganadería, reflejándose en bajos índices productivos y reproductivos (Rodríguez et al. 1995).

En esta región la mayoría de los productores no realizan registros productivos y reproductivos, ni sistemas de control y administración de los recursos, que muestren el desempeño de las unidades de producción, lo que limita el alcance de los objetivos y metas, ya que no se pueden tomar decisiones adecuadas y oportunas (SAGARPA, 2014).

Al no utilizar estos registros productivos es difícil determinar el inventario y la producción exacta de la ganadería bovina de la región (Pérez et al. 2004).

Coincidiendo con Pech, et al. 2002), se puede observar que la variable total de animales es la que tiene mayor influencia en la producción total de carne de bovino, ya que al incrementarla en el 1% con las otras dos variables constantes, la producción total de carne aumenta en un 1.06%, por lo tanto se puede concluir que no hay necesidad de incrementar el número de hectáreas pastizal natural y los gastos de alimentación, sin embargo si se debe aumentar el número de animales en producción.

Conclusiones

Con la utilización de la función de producción de Cobb-Douglas, y el empleo de los factores, Pastizal Natural (PN), Total de Animales (TA) y los Gastos de Alimentación (GA), en la Producción Total de Carne (Y), Podemos concluir que los bovinos carne en los cuatro municipios de estudio ofrecen buenos resultados (aceptables), pues se obtuvieron rendimientos crecientes a escala durante el periodo de estudio que fue de Febrero a Julio de 2015. Como resultado del análisis desarrollado en la aplicación de la función de producción de Cobb-Douglas, nos ha permitido comprender la situación productiva del sector, así como la influencia de cada uno de los factores de producción.

Sin duda, la variable total de animales es la que tiene mayor influencia en la producción total de carne de bovino, ya que al incrementarla en el 1% con las otras dos variables constantes, la producción total de carne aumenta en un 1.06%, por lo tanto se puede concluir que no hay necesidad de incrementar el número de hectáreas pastizal natural y los gastos de alimentación, sin embargo si se debe aumentar el número de animales en producción.

Como conclusión final, la estimación de esta función de producción al sector de la producción de carne de bovino en el sur del Estado de México, proporciona información importante del desempeño que tienen los tres factores considerados en el estudio (PN, TA, y GA) en la producción total de carne (PTC), lo cual sirve para tomar decisiones en la asignación de recursos a este sector de la producción y hacerlo de la manera más rentable.

Referencias

- SAS. 2008. Paquete estadístico utilizado para el análisis de datos y la obtención de los resultados.
- Romo, L. J. L. 1990. Estudio sobre asignación óptima de recursos en los viveros forestales del estado de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. 73 pp.
- Ruíz, A. L. 1982. Estimación de una función producción Cobb-Douglas para la Economía de Puerto Rico.
- Sanchoa, A. 2005. Econometría de económicas, Función de producción Cobb-Douglas
- Gujarati, D. 2009. Econometría. Quinta edición. México. Mc Graw-Hill.
- Alpha, K. 1984. Métodos Fundamentales de Economía Matemática. Cuarta edición. México. Mc Graw-Hill.
- Pindyck, R. 2009. Microeconomía. Séptima edición. Madrid. Pearson Prentice Hall.
- Pech M, Víctor; Santos F, J, Rubén M, Pérez. 2002. Función de Producción de la Ganadería de doble propósito de la zona oriente del estado de Yucatán, México. Técnica Pecuaria.
- SIAP. 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, con información de la SAGARPA.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA. 2014. Situación Actual y Perspectivas de la Producción de Carne de Bovino en México. Coordinación General de Ganadería. México, D.F.
- Rebollar, R. A., Hernández, M.J., Rebollar, R.S. 2011. Competitividad y Rentabilidad de Bovinos en Corral en el Sur del Estado de México. Tropical and Subtropical Agroecosystems.
- Cochran, W. G. 1984. Técnicas de Muestreo. Ed. C. E. C. S. A. México, D. F.

Posadas, D. R. R., Rebollar, R. S., Hernández, M. J., González, R. F.J. 2009. Eficiencia económica en bovinos carne engordados en corral, en el sur del Estado de México. En: Ganadería y seguridad alimentaria en tiempo de crisis. (Cavalloti V. B. A., Marcof, A. C. F., Ramírez, V. B. Editores). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.

Herlay, O. M. 2009. Análisis de la Función de Producción Coob-Douglas y su Aplicación en el Sector Productivo Mexicano. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.

Aguirre VL, Venezian E. Estimación de funciones de producción para la zona rural vecina a Chapingo. *Agrociencia* 1975; 20:13-19.

VIII. DISCUSIÓN GENERAL

En los cuatro municipios de estudio la actividad de los bovinos carne se lleva a cabo más por condiciones naturales que por innovación tecnológica (SAGARPA, 2014); esto trae consigo que no se realice una adecuada alimentación de los animales, prácticas inadecuadas en el manejo de los pastizales, muy poca utilización de alimentación suplementaria, así como del restringido uso de la medicina preventiva y del mejoramiento genético; estos son los factores que no permiten la productividad de esta ganadería, reflejándose en bajos índices productivos y reproductivos (Rodríguez et al. 1995).

En esta región la mayoría de los productores no realizan registros productivos y reproductivos, ni sistemas de control y administración de los recursos, que muestren el desempeño de las unidades de producción, lo que limita el alcance de los objetivos y metas, ya que no se pueden tomar decisiones adecuadas y oportunas (SAGARPA, 2014).

Al no utilizar estos registros productivos es difícil determinar el inventario y la producción exacta de la ganadería bovina de la región (Pérez et al. 2004).

Coincidiendo con Pech, et al. 2002), se puede observar que la variable total de animales es la que tiene mayor influencia en la producción total de carne de bovino, ya que al incrementarla en el 1% con las otras dos variables constantes, la producción total de carne aumenta en un 1.06%, por lo tanto se puede concluir que no hay necesidad de incrementar el número de hectáreas pastizal natural y los gastos de alimentación, sin embargo si se debe aumentar el número de animales en producción.

IX. CONCLUSIÓN GENERAL

La ganadería bovina en el Sur del Estado de México sigue siendo la actividad económica más importante de la región. Además es rentable, a pesar de que los ganaderos no llevan los registros administrativos adecuados, esta actividad les permite auto emplearse y vivir en mejores condiciones de vida. La adopción de la tecnología por parte de los ganaderos se dificulta por las costumbres locales, muchas de las cuales han pasado de generación en generación y están muy arraigadas (Pérez et al 2004).

La transferencia tecnológica de la investigación sobre la ganadería bovina debe realizarse con un lenguaje accesible para el productor, y además debe ser de bajo costo para que sean adoptadas con facilidad. Este proceso de transferencia tecnológica debe ser acompañado por infraestructura de apoyo y de servicio que incorporen nuevas formas de producir y de conservar los forrajes para ser utilizados en las épocas de escasez, además de experimentar la potencialidad de los sistemas agro-silvopastoriles (Magaña et al 2006; Ruiz et al 2004).

Los bovinos carne en los cuatro municipios de estudio ofrecen buenos resultados, ya que se obtuvieron rendimientos crecientes a escala durante el periodo de estudio que fue de Febrero a Julio de 2015, lo cual comprobó la hipótesis propuesta.

Sin duda, la variable total de animales es la que tiene mayor influencia en la producción total de carne de bovino, por lo tanto se puede concluir que no hay necesidad de incrementar el número de hectáreas de pastizal natural y los gastos de alimentación, sin embargo si se debe aumentar el número de animales en producción.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez FFJ. Sistemas de producción bovina de doble propósito en el trópico mexicano. En: Centro Internacional de Agricultura Tropical, Instituto Colombiano Agropecuario (editores) Panorama de la ganadería de doble propósito en la América Tropical. Bogotá, Colombia. 1986:45-58.
- Anido, R., José, D., Díaz, C., Zirlis, M., et al. 1996. Análisis empírico de la producción de maíz en el estado Barinas, Venezuela.
- Aguirre VL, Venezian E. Estimación de funciones de producción para la zona rural vecina a Chapingo. *Agrociencia* 1975; 20:13-19.
- Bichara, E. y Garza, M. 1990. Consideraciones sobre la función de producción Cobb-Douglas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León, 35 pp.
- Castellanos, P. M. 2004. Región confidencial para el óptimo económico de una función de producción Cobb-Douglas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. 72 pp.
- Cobb, C.W. and Douglas, P.H. (1928). "A Theory of Production," *American Economic Review*, 18, pp. 139–65.
- Debertin, David L., "Agricultural Production Economics". University of Kentucky. Macmillan Publishing Company. New York. 1986.
- Gujarati, D. 2009. *Econometría*. Quinta edición. México. Mc Graw-Hill.
- Magaña-Monforte JG, Ríos-Arjona G y Martínez-González JC 2006: Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 14(3):105-114.
- Mankiw, N. G. 2004. *Macroeconomía*. Cuarta edición.
- Pindyck, R. 2009. *Microeconomía*. Séptima edición. Madrid. Pearson Prentice Hall.
- Pech M, Víctor; Santos F, J, Rubén M, Pérez. 2002. Función de Producción de la Ganadería de doble propósito de la zona oriente del estado de Yucatán, México. *Técnica Pecuaria*.

- Rebollar, R. A., Hernández, M.J., Rebollar, R.S. 2011. Competitividad y Rentabilidad de Bovinos en Corral en el Sur del Estado de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.
- Romo, L. J. L. 1990. Estudio sobre asignación óptima de recursos en los viveros forestales del estado de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. 73 pp.
- Rodríguez-Chessani, M A y M Sordo 1995: Comportamiento productivo de becerros de doble propósito (nacimiento-destete) bajo condiciones tropicales. In: *Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. México.
- Ruíz, A. L. 1997. Estimación de una función producción Cobb-Douglas para la Economía de Puerto Rico.
- Sala, M. X. 2000. *Apuntes de Crecimiento Económico*. Segunda edición.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA. 2014. *Situación Actual y Perspectivas de la Producción de Carne de Bovino en México*. Coordinación General de Ganadería. México, D.F.
- SE (Secretaría de Economía). (2012). *Análisis del sector lácteo en México*. Boletín informativo. Disponible: www.economia.gob.mx/.../ analisis_sector_lacteo.pdf
- SIAP (Sistema de Información y Estadística y Agropecuaria y Pesquera). (2016). *Índice de volumen físico tradicional y desestacionalizado*. Boletín informativo No. 25. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/ivf-correspondiente-al-mes-de-marzo-2016%E2%80%B3/>
- Sanchoa, A. 2005. *Econometría de económicas, Función de producción Cobb-Douglas*
- SAS. 2008. *Paquete estadístico utilizado para el análisis de datos y la obtención de los resultados*.
- Cochran, W. G. 1985. *Técnicas de Muestreo*. Ed. C. E. C. S. A. México, D. F.

FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). (2015). Panorama agroalimentario Carne de bovino. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61948/Panorama_Agroalimentario_Carne_de_Bovino_2015.

LACTODATA. (2015). Información del sector lechero. Boletín informativo, febrero 2015. Disponible en <http://lactodata.info/>

Velazco, G. C. 1988. Estimación jackknife de la producción de producción Cobb-Duglas. Tesis de Maestría. Colegio de postgraduados. 85 pp.

Pérez-Hernández P, Rojo-Rubio R, Alvarez-Avila C, García-Díaz JJ, López-Ortíz S, Villanueva-Jiménez JA, Chalatte- Molina H, Ortega-Jiménez E, Gallegos- Sánchez J 2004: Caracterización y problemática de la cadena bovinos de doble propósito en el Estado de Veracruz. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Veracruz, México.

XI. ANEXOS

BOVINOS CARNE, 192 OBSERVACIONES AJUSTADAS, DE UN TOTAL DE 200, POR NORMALIDAD, CORRELACIÓN Y HOMOCEDASTICIDAD, PRODUCTO DE ENCUESTAS EN CAMPO

VARIABLES:

X1=producción de carne (variable dependiente)

X2= pasto natural

X3= número de cabezas

X4= gastos en alimentación

Cuadro 02. Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
X1	192	100.0%	0	0.0%	192	100.0%
X2	192	100.0%	0	0.0%	192	100.0%
X3	192	100.0%	0	0.0%	192	100.0%
X4	192	100.0%	0	0.0%	192	100.0%

Cuadro 03. Descriptivos

	Estadístico	Error estándar
X1	Media	9.41184404845
		8287
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	9.31047035702
	Límite superior	9.51321773988
		561
Media recortada al 5%	9.40687918894	
		1335
Mediana	9.36129851381	
		5985
Varianza	.507	
Desviación estándar	.712143037559	
		489
Mínimo	7.63046126178	
		36270
Máximo	11.3756155140	
		056220

Cuadro 03. Descriptivos (continuación)

	Rango	3.74515425222		
		19947		
	Rango intercuartil	1.02925197237		
		51940		
	Asimetría	.128	.175	
	Curtosis	-.177	.349	
X2	Media	2.51175803284	.078010725721	
		7811	967	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2.35788484156	
		Límite superior	2.66563122412	
		7111		
		8510		
	Media recortada al 5%	2.49828435409		
		2701		
	Mediana	2.30258509299		
		4046		
Varianza	1.168			
Desviación estándar	1.08094832388			
	6139			
Mínimo	.000000000000			
	0000			

Cuadro 03. Descriptivos (continuación)

	Máximo	5.56068163101 55280	
	Rango	5.56068163101 55280	
	Rango intercuartil	1.54044504094 71488	
	Asimetría	.099	.175
	Curtosis	-.282	.349
X3	Media	3.33137932028 8677	.052014820393 609
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior 3.22878206415 7739	
		Límite superior 3.43397657641 9616	

Cuadro 03. Descriptivos (continuación)

	Media recortada al 5%	3.32083701297 4909	
	Mediana	3.33220451017 5204	
	Varianza	.519	
	Desviación estándar	.720738493346 411	
	Mínimo	1.60943791243 41003	
	Máximo	5.22574667371 32020	
	Rango	3.61630876127 91010	
	Rango intercuartil	1.08247765838 37168	
	Asimetría	.212	.175
	Curtosis	-.387	.349
X4	Media	10.2235747432 76490	.043330543780 733
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior 10.1381068926 73070	
		Límite superior 10.3090425938 79910	

Cuadro 03. Descriptivos (continuación)

Media recortada al 5%	10.234385818 247336	
Mediana	10.239959789 157341	
Varianza	.360	
Desviación estándar	.60040562678 2535	
Mínimo	8.5716813767 00306	
Máximo	11.695247021 764184	
Rango	3.1235656450 63877	
Rango intercuartil	.84729786038 7203	
Asimetría	-.228	.175
Curtosis	-.258	.349

Cuadro 04. Estimadores-M

	Estimador-M de Hubera	Bponderado de Tukeyb	Estimador-M de Hampelc	Onda de Andrewsd
X1	9.38286539348 1866	9.38209096078 2248	9.39241289557 2246	9.38205989663 6113
X2	2.51118594724 4266	2.49066649663 4134	2.50127085502 2197	2.49007169938 2676
X3	3.30598799277 2176	3.30032890863 0525	3.30619698760 8341	3.30037892026 1363
X4	10.2438613968 09583	10.2472117424 66370	10.2394037109 39918	10.2473726508 55938

a. La constante de ponderación es 1.339.

b. La constante de ponderación es 4.685.

c. Las constantes de ponderación son 1.700, 3.400 y 8.500

d. La constante de ponderación es $1.340 \cdot \pi$.

Cuadro 05. Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
X1	.034	192	.200*	.993	192	.558
X2	.087	192	.001	.990	192	.225
X3	.056	192	.200*	.989	192	.162
X4	.052	192	.200*	.989	192	.168

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 03. Histograma para X1

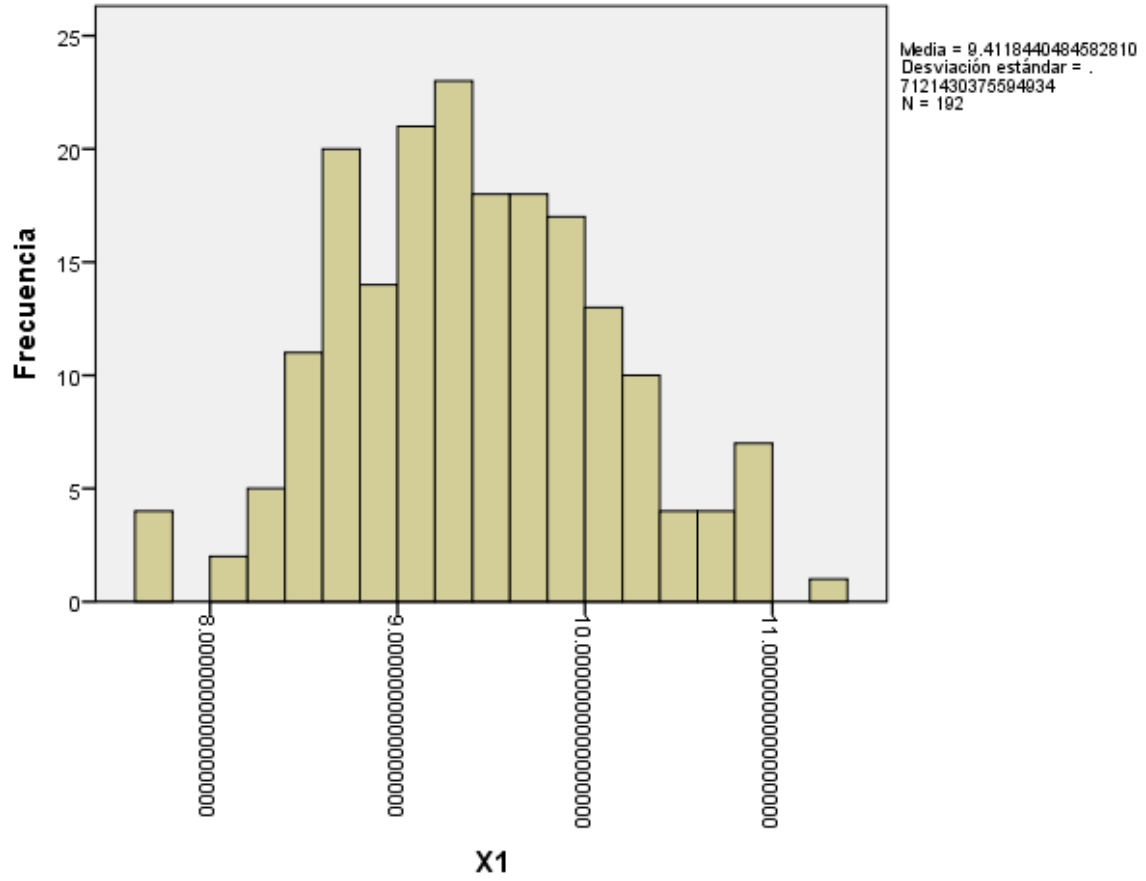


Figura 04. Gráfico Q-Q normal de X1

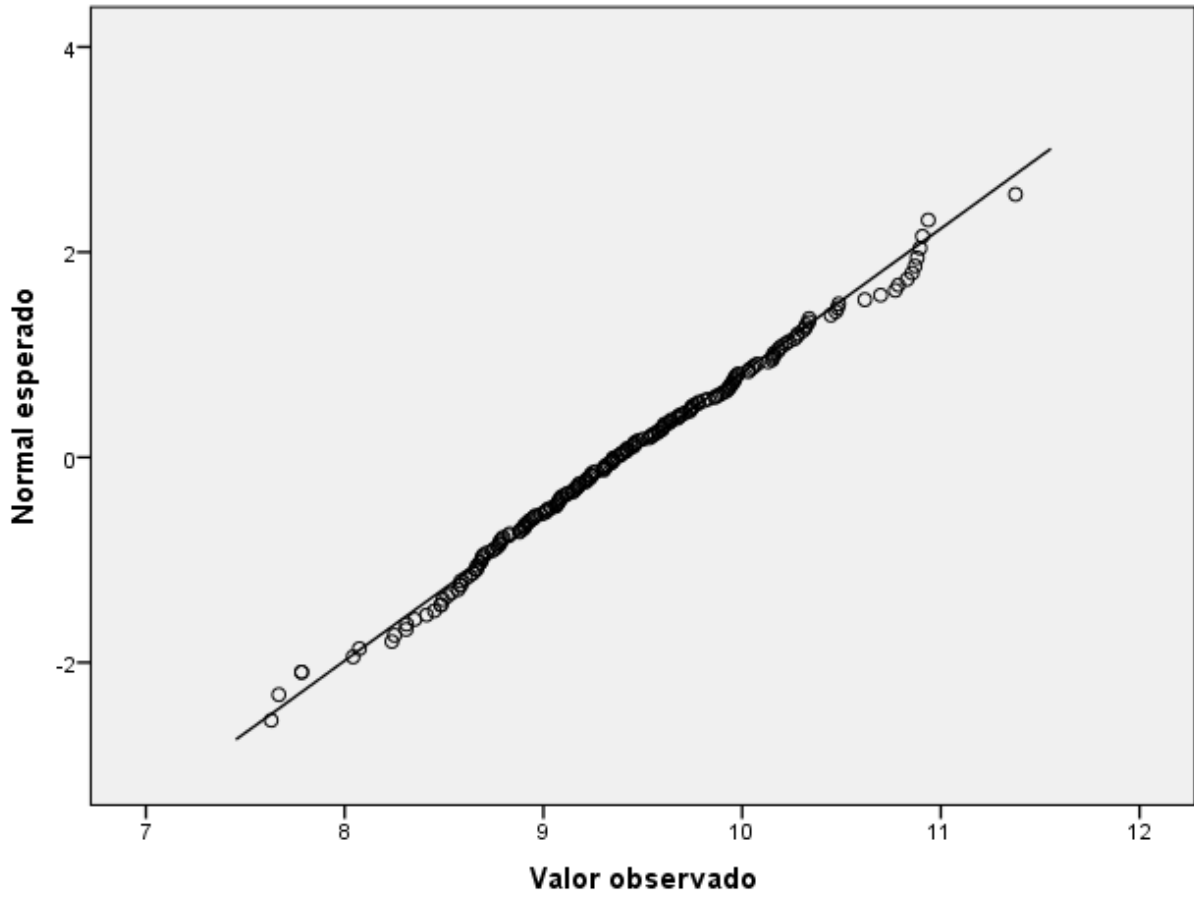


Figura 05. Histograma para X2

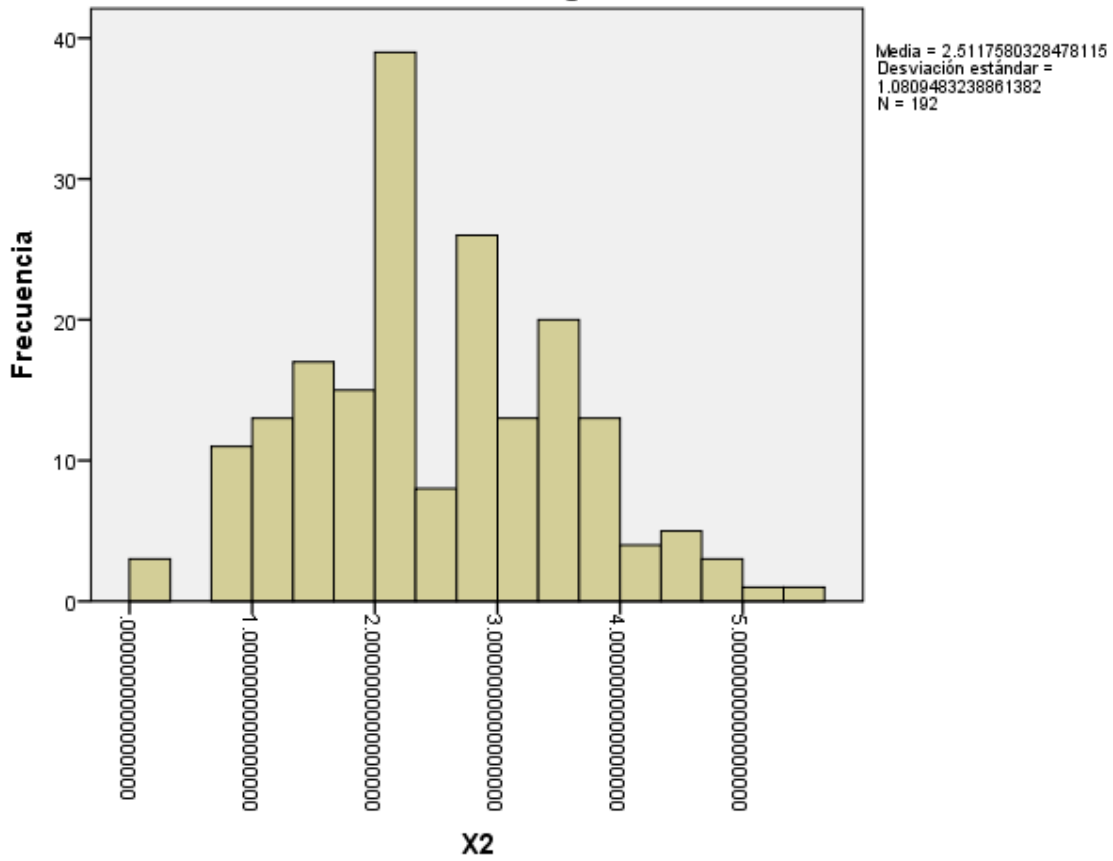


Figura 06. Gráfico Q-Q normal de X2

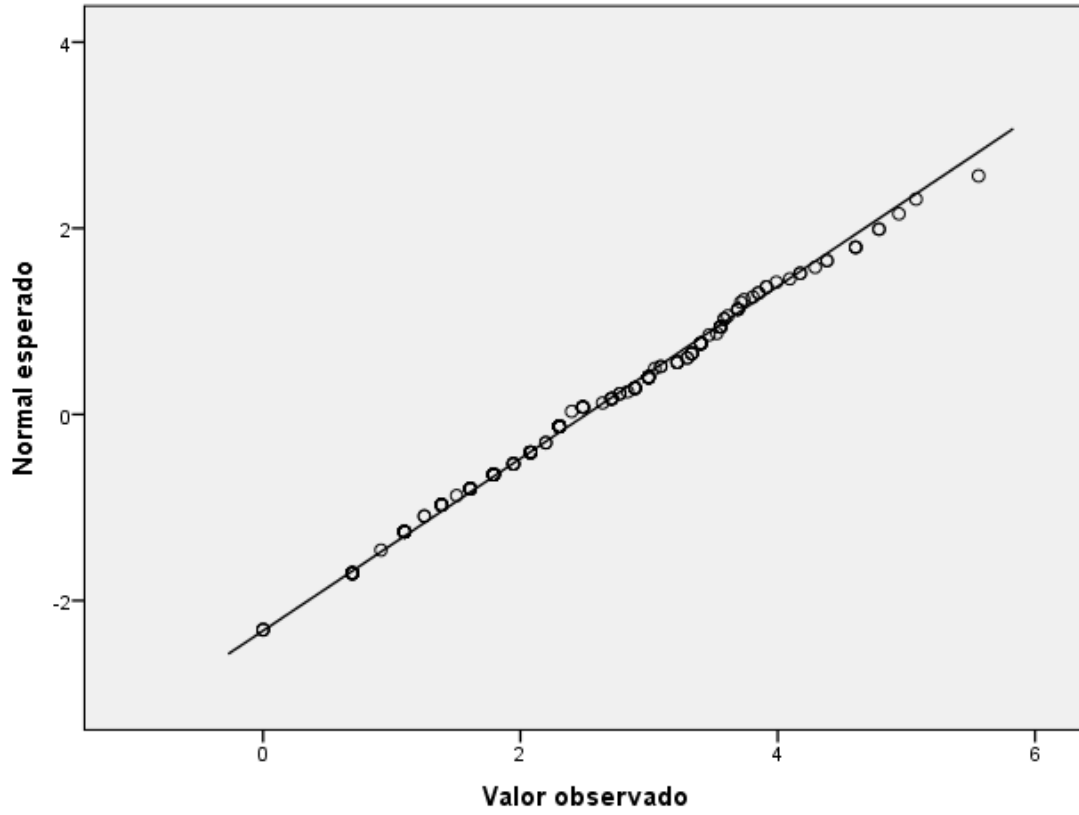


Figura 07. Histograma para X3

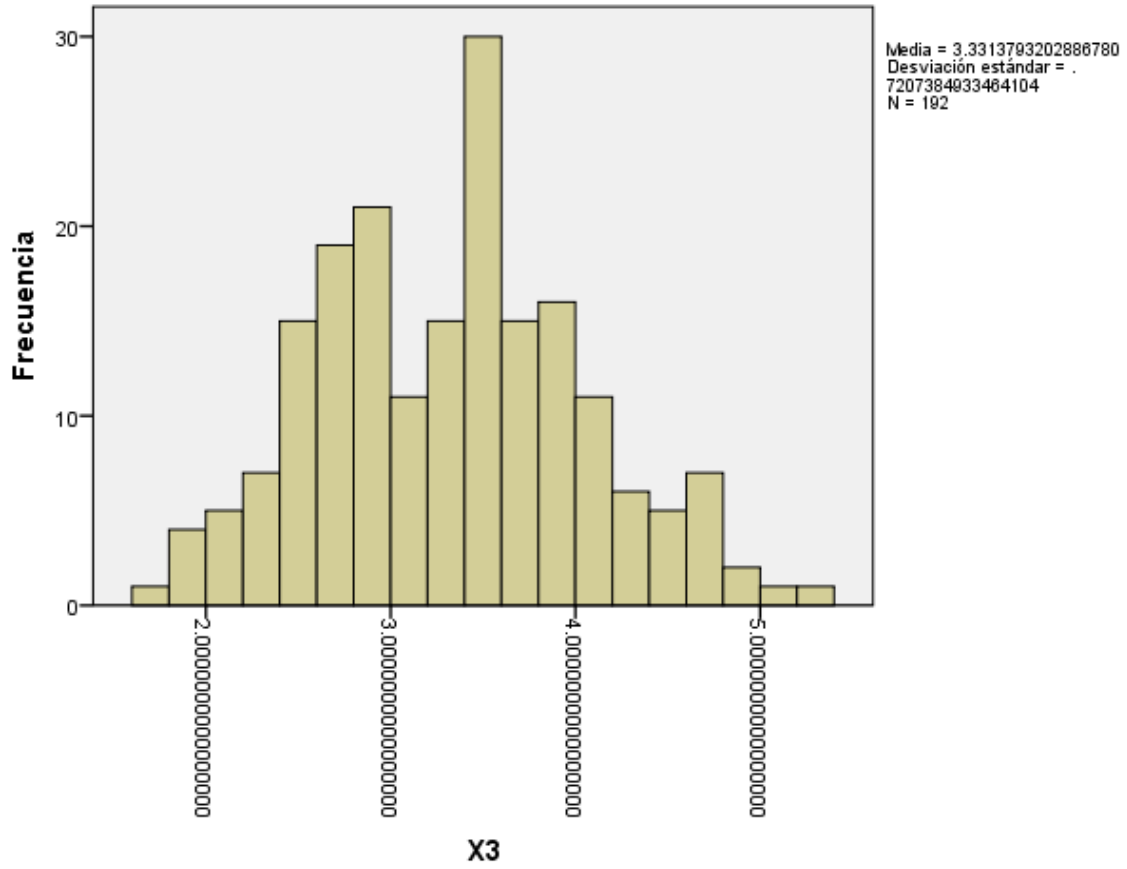


Figura 08. Gráfico Q-Q normal de X3

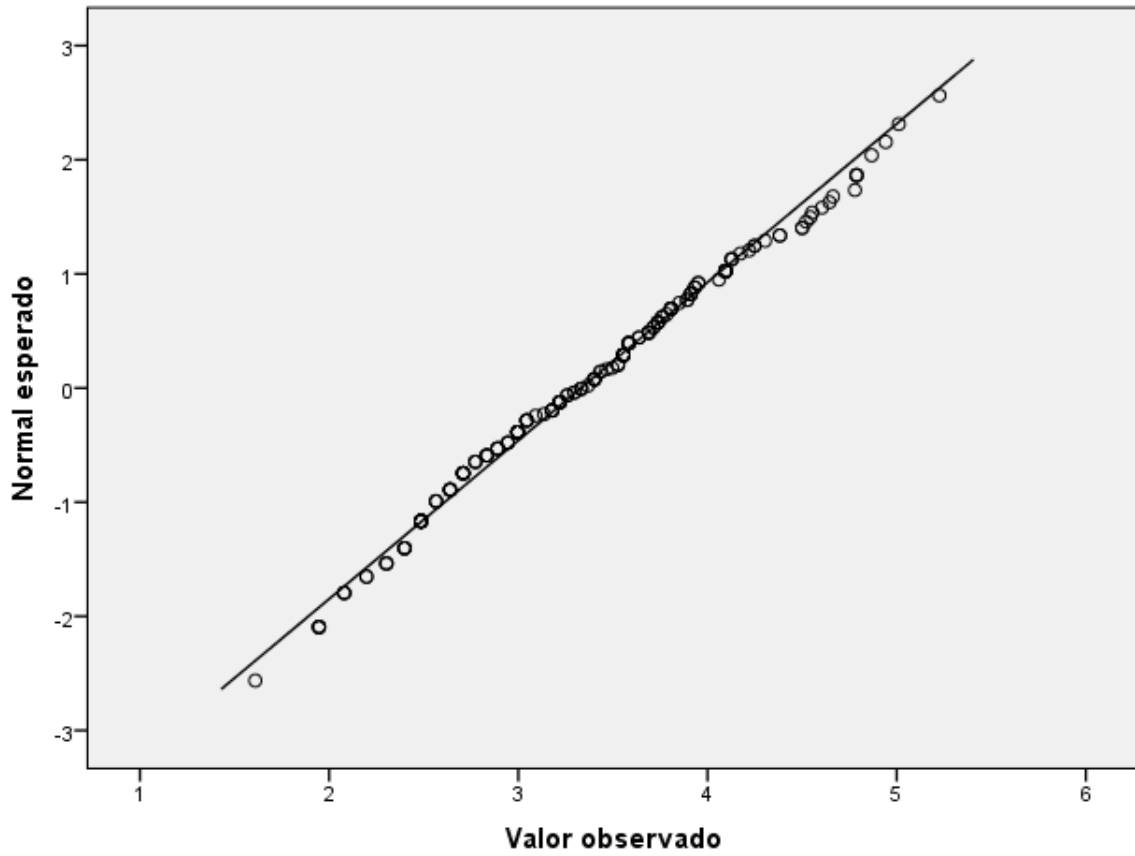


Figura 09. Histograma para X4

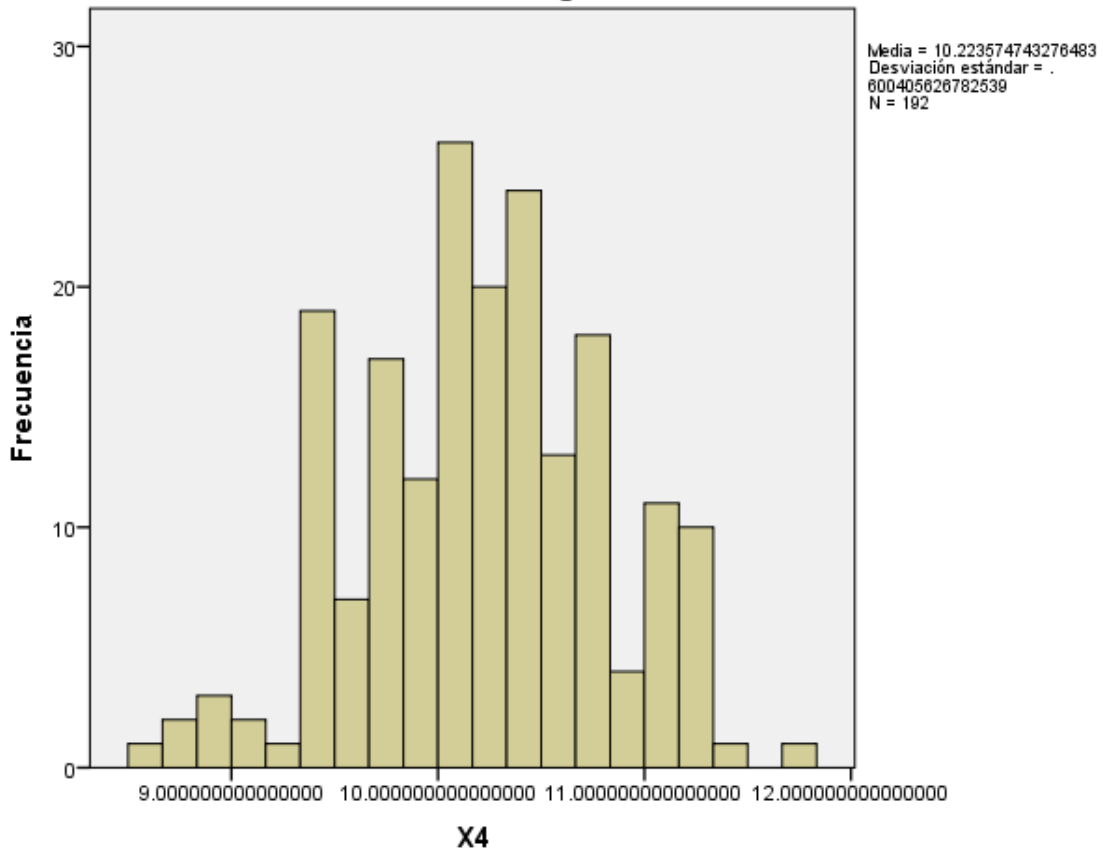
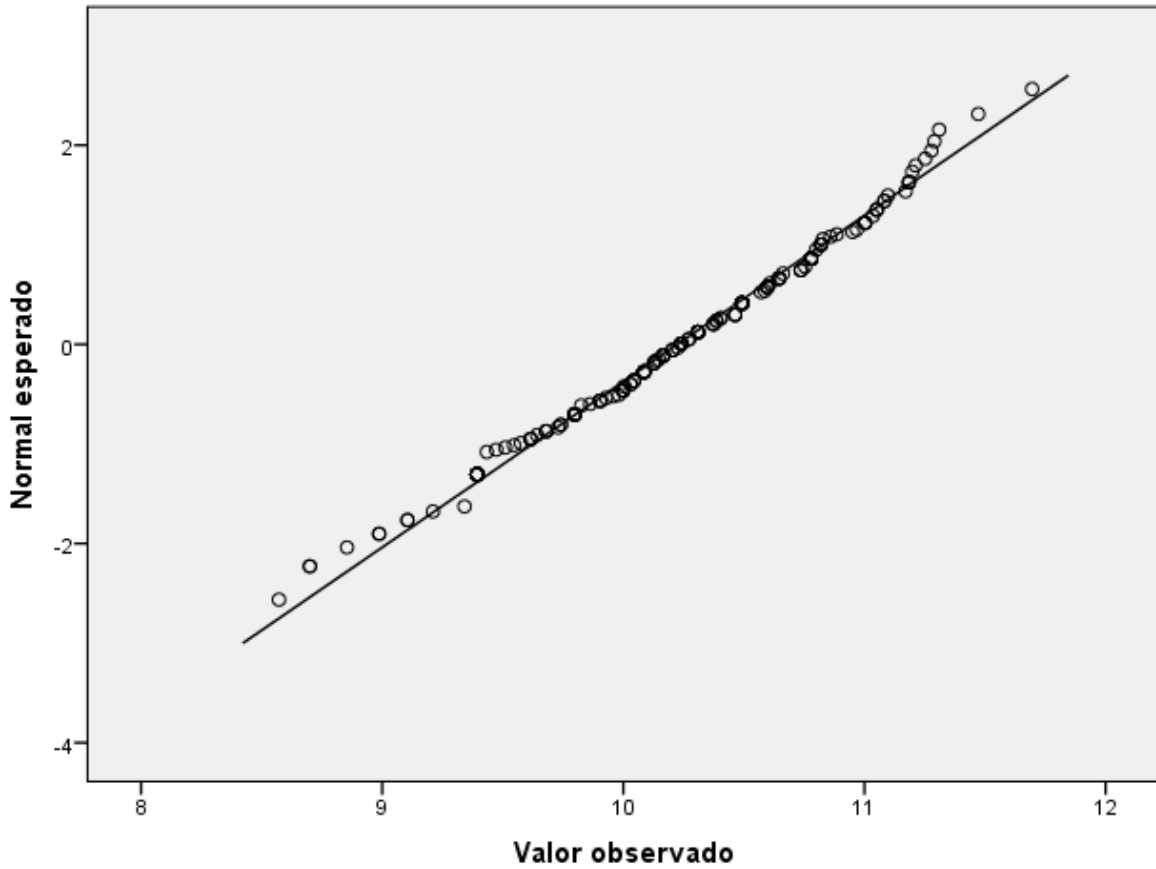


Figura 10. Gráfico Q-Q normal de X4



Cuadro 06. Correlaciones

	PROD CARNE	PASTO NAT	CABEZAS	GASTO ALIMEN
PROD CARNE	1	.555**	.980**	.226**
Correlación de Pearson		.000	.000	.002
Sig. (bilateral)				
N	192	192	192	192
PASTO NAT	.555**	1	.580**	.119
Correlación de Pearson	.000		.000	.100
Sig. (bilateral)				
N	192	192	192	192
CABEZAS	.980**	.580**	1	.244**
Correlación de Pearson	.000	.000		.001
Sig. (bilateral)				
N	192	192	192	192
GASTO ALIMEN	.226**	.119	.244**	1
Correlación de Pearson	.002	.100	.001	
Sig. (bilateral)				
N	192	192	192	192

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Cuadro 07. Correlaciones no parametrica

			PROD CARNE	PASTO NAT	CABEZAS	GASTO ALIMEN
Rho de Spearman	PROD CARNE	Coefficiente de correlación	1.000	.543**	.982**	.241**
		Sig. (bilateral)	.	.000	.000	.001
		N	192	192	192	192
	PASTO NAT	Coefficiente de correlación	.543**	1.000	.563**	.097
	Sig. (bilateral)	.000	.	.000	.179	
	N	192	192	192	192	
	CABEZAS	Coefficiente de correlación	.982**	.563**	1.000	.257**
		Sig. (bilateral)	.000	.000	.	.000
		N	192	192	192	192
	GASTO ALIMEN	Coefficiente de correlación	.241**	.097	.257**	1.000
		Sig. (bilateral)	.001	.179	.000	.
		N	192	192	192	192

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).