

## Modelo para la estimación de precios de transporte de ganado a subastas en Costa Rica

Model to estimate prices of livestock transportation to auctions in Costa Rica



Aurea Leticia Vargas Salmerón<sup>1</sup>

*Fecha de recepción: 02 de marzo, 2022*

*Fecha de aprobación: 04 de junio, 2022*

**Vol.8 N° 2 Julio- diciembre 2022**

*Vargas, A. (2022). Modelo para la estimación de precios de transporte de ganado a subastas en Costa Rica. Revista e-Agronegocios, 8(2). <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/eagronegocios/article/view/6144>*

 DOI: <https://doi.org/10.18845/ea.v8i2.6144>



<sup>1</sup> Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Correo: aurea.vargas@ucr.ac.cr

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8725-3729>

## Resumen

Este estudio tiene el objetivo de proponer una metodología para la estimación de precios de transporte terrestre de ganado en pie entre subastas y fincas, para conocer los determinantes del precio, su importancia y la forma económica correcta en cómo se debe establecer el precio. La información necesaria se obtuvo a través de 51 encuestas semicerradas aplicadas a oferentes del servicio de transporte de ganado que asisten a la Subasta de la Cámara de Ganaderos Unidos del Sur, clúster elegido por ser la subasta con mayor flujo de ganado en Costa Rica.

Para determinar las principales variables que influyen sobre la estimación del precio se realizó un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios mediante el lenguaje de programación R, con los resultados del modelo se planteó una metodología para la estimación del precio de un viaje que incluye un margen de ganancia mínimo esperado, estimado mediante el método Modelo Precio Activo de Capital (10,88 %), y un impuesto del valor agregado: 1%. Se determinó que existe relación estadísticamente significativa entre más de una variable y la determinación del precio de transportar ganado a subastas y fincas para el caso en estudio.

Los resultados mostraron que las variables que influyen sobre el precio de un viaje son; cantidad de animales, costo total, distancia, tiempo del viaje, antigüedad del vehículo, las cuales permiten medir la elasticidad del precio de un viaje, además fue posible plantear un modelo económico para calcular el precio final de un viaje a través de una ecuación matemática sencilla.

**Palabras clave:** modelo económico, regresión, econometría, ganadería, transporte.

## Abstract

This investigation has the objective of proposing a methodology for estimating the ground transportation prices of live cattle between silent auction and farms, to know the price's determinants, its importance, and the correct economic way in which the price should be established. The necessary information was obtained through 51 semi-closed surveys applied to suppliers of the cattle transport service that attend the Subasta de la Cámara de Ganaderos Unidos del Sur, the cluster that was chosen for being the auction with the highest cattle's flow in Costa Rica.

To determine the main variables that influence the price estimate, an Ordinary least-squares model was developed using the R programming language. With the results of this model, a methodology was proposed for estimating the trip's price that includes a profit margin expected minimum, estimated using the Capital Asset Price Model method (10,88%) and a value added tax: 1%. It was concluded that there is a statistically significant relationship between more than one variable and the determination of transporting cattle price to auctions and farms for this case study.

The results showed that the variables that influence the price of a trip are: number of animals, total cost, distance, travel time, vehicle year model, which allow to measure the elasticity of the price of a trip, it was also possible to propose an economic model to calculate the final price of a trip through a simple mathematical equation.

**Keywords:** economic model, regression, econometrics, livestock, transportation.

## Introducción

La ganadería bovina es uno de los subsectores agropecuarios de mayor importancia para Centroamérica. El producto interno bruto ganadero (PIBG), compuesto por los rubros de carne y leche bovina, representa el 1,3 % del producto interno bruto regional (PIB), y cerca del 20 % del producto interno bruto agropecuario (PIBA). En 2019, Nicaragua, Costa Rica y Honduras aportaron respectivamente 46,7 %, 30,7 % y 22,6 % de una producción total de 288,4 miles de toneladas de carne de ganado vacuno, generadas por 1,53 millones de cabezas (Mena, 2020).

Según la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA) (2021) el Valor Agregado de las actividades primarias del sector agrícola nacional alcanzó los 1 565 994 miles de millones de colones corrientes para 2020 de los cuales 15,5 % corresponden a la cría de ganado vacuno. Según la Encuesta Nacional Agropecuaria 2020 en el país existe un estimado de 395 598 cabezas de ganado de las cuales el 53% es ganado de carne y el 27 % de doble propósito, la cuales es su mayoría son comercializadas en subastas (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2021).

El sector pecuario de ganadería de cría encadena con 96 actividades económicas en la parte de demanda de insumos, mientras que tiene relación con 39 sectores como oferente de materia prima, lo que indica una alta vinculación con una importante proporción de la economía costarricense (Arguedas, 2017). El transporte es un sector económico que implica una considerable cantidad de mano de obra, materiales y recursos energéticos, mientras que su modernización y desarrollo requiere grandes inversiones (Tom y Krishna, 2007), por lo que la toma de decisiones respecto a estos aspectos debe basarse en información real, cuantificable y con respaldo teórico para optimizar variables que influyen de manera directa en la eficiencia, la productividad y competitividad.

En Costa Rica no se ha elaborado una metodología que tenga como finalidad la estimación de precios para el sector en estudio, ni sus determinantes, lo que limita la vigilancia, el establecimiento de políticas públicas, desarrollo de infraestructura y la creación de incentivos para el sector o legislación que lo regule, todo a causa de los vacíos de información veraz para la toma de decisiones que impulsen la competitividad del sector transportista y a la vez de toda la agrocadena involucrada.

En 1999, la Organización de Estados Americanos (OEA) realizó un estudio en Uruguay sobre la integración regional en el transporte de cargas, donde mencionan que las normas laborales uruguayas inciden en los costos variables u operativos de las empresas dedicadas al transporte de cargas y las tarifas están determinadas por el mercado. Sin embargo; las variables de costo y aspectos vinculados a las características propias de la carga, del viaje, de la estacionalidad y del volumen, influyen en la integración regional del transporte de cargas.

Ceconi et al (2005) en su estudio sobre los factores estructurales que inciden en los fletes

marítimos internacionales y las políticas públicas, definen los tipos de transporte posibles y se estima un costo de 5 centavos de dólar por t/km para un recorrido medio de 250 km. Se detalla para el caso una estructura de costos, según el porcentaje que representa cada uno de los rubros, según costos variables y fijos. Se enlistan los principales factores que afectan el costo de transporte por camión; las economías de escala determinadas por el tamaño del camión, los recorridos con el camión vacío y tiempos ociosos, restricciones sobre las horas de marcha, las condiciones del camino, el diseño y estado de conservación del camión. Asimismo, la calidad del servicio que se ofrece, los costos de la mano de obra, de los repuestos y del combustible.

Sánchez et al (2007) realizan una investigación sobre el transporte de cargas en Argentina, donde los aspectos más relevantes son la caracterización del sector, los costos y precios de transporte de cargas; como parte de estos costos los autores determinan bajo una serie de supuestos que los factores que afectan los mismos se diferencian según tipo de tráfico, distancia, tipo de camino, tamaño del vehículo y servicios conexos.

Cárdenas (2016) analiza los costos de transporte de cargas por carretera para Colombia, se puede observar el elevado impacto del combustible que participa en el 31,8 % del total del costo de cada kilómetro recorrido, el mantenimiento preventivo con el 13,1 %, los salarios y prestaciones con el 13%, las llantas con el 11,2 % y los peajes con el 11 %.

Mora (2008) menciona que los costos inherentes al funcionamiento de un vehículo se agrupan en dos categorías; la primera, costos fijos, que corresponden al salario de los conductores, tributos, seguros, intereses de la inversión, amortización y cuota de los gastos generales. La segunda, los costos variables donde se encuentran el combustible, cambio de neumáticos y lubricante proporcionales al kilometraje recorrido, mantenimiento, alimentación del conductor cuando esté en ruta y peajes en autopistas.

Erik (2011) explica cómo se componen los modelos de costos de transporte de mercancías y la logística para Noruega, en este caso es de particular importancia la clasificación que se realiza sobre los costos de transportes, donde se pueden dividir en dos categorías principales, costos dependientes del tiempo y dependientes de la distancia. La estructura de costos se calcula para cada tipo de camión ingresando como input principal el precio de compra del vehículo, seguido de las variables de operación; kilómetros por recorrer por ruta o periodo de tiempo, el tiempo de viaje, los peajes en la ruta y el consumo de combustible en kilómetros por galón que depende del modelo y tipo de vehículo. Se obtiene el flete o tarifa en la ruta para el viaje programado.

Capros y Siskos (2011) explica la composición del modelo de transporte el cual proyecta la evolución de la demanda de pasajeros y el transporte de mercancías según transporte utilizado, en función de la economía. Mencionan que los salarios, costos sociales y costos de capital relacionados con los equipos de transporte son los principales costos dependientes del

tiempo para todos los modos de transporte, mientras que el combustible y el mantenimiento son los principales componentes de costos dependientes de la distancia. Además, en esta metodología se calculan los costos por km y los costos por hora.

En cuanto al ámbito nacional; Holman et al (2007) menciona que en la generación de valor a través de la cadena bovina influyen los costos de transporte desde la finca de cría hasta la subasta, los costos de transporte desde la subasta hasta la finca de engorde y por último los costos de transporte desde la finca de engorde hasta el matadero. "En el esquema de subastas de ganado, el flete es asumido por el vendedor. El transporte de los animales se estima en aproximadamente US\$6/animal, asumiendo una distancia promedio de 40 Km desde la finca a la subasta" (Holmann et al, 2007, p.22)

Herrera, Solís y Zúñiga (2016) realizaron un análisis de los factores determinantes del precio en la cadena de valor de carne bovina en Costa Rica, dentro de los principales resultados se tiene que "el sector industrial es el agente de la cadena que dicta la pauta con respecto al establecimiento del precio interno. Los factores más importantes en la determinación del precio son: el precio internacional, la demanda interna, la intermediación y las políticas sectoriales" (p.1). Para los productores, el transporte para llevar sus animales a fincas y centros de sacrificio representa un costo alto, debido a que en algunos casos las distancias entre las fincas y estos destinos son grandes.

A pesar de los estudios realizados que se mencionan en este apartado en el país no existe una investigación en este sentido por lo que no hay evidencia científica sobre el tema, por esta razón este estudio tiene el objetivo de proponer una metodología para la estimación de precios de transporte terrestre de ganado en pie entre subastas y fincas, según el caso de la Región Brunca de Costa Rica, para el periodo 2019-2020.

## Referente teórico

Según Solano, Solorzano y Paniagua (2020) un modelo económico es la descripción de una parte de la economía que incluye las variables necesarias para el objeto de estudio, en este caso se plantea dicho modelo a través de una ecuación, la cual incorpora un análisis econométrico a través de una regresión lineal aplicando Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Según menciona Wooldridge (2009), "la econometría se basa en el desarrollo de métodos estadísticos que se utilizan para estimar relaciones económicas, probar teorías económicas y evaluar e implementar políticas públicas y de negocios". Como mencionan Gujarati y Porter (2011) el análisis de regresión es el estudio de la dependencia de una variable (y) respecto a una o más variables independientes (x) con el objetivo de estimar la primera en términos de los valores conocidos de las segundas, el análisis de regresión se relaciona en gran medida con la estimación de la media de la población o valor promedio de la variable dependiente, con base en los valores conocidos o fijos de las variables explicativas o independientes. En este sentido el punto de interés es, como menciona Rojo (2007), de un vasto conjunto de va-

variables explicativas:  $x_1, x_2, \dots, x_k$ , conocer cuáles son las que más influyen en la variable dependiente  $Y$ , según la ecuación 1.

$$Y_p = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_{ni} X_{ni} + u \quad (1)$$

Donde:

- $Y_p$  : es la variable dependiente,
- $X_1$  y  $X_2$  : las variables explicativas (o regresoras) hasta  $X_{ni}$ ,
- $u$ : es el término de perturbación estocástica o error,
- $i$ : es la  $i$ -ésima observación.
- $\beta_0$ : es el término del intercepto.
- $\beta_1, \beta_2 \dots \beta_n$ : son los coeficientes de regresión parcial.

Debido a que en ocasiones es imposible conocer los datos de cada variable sobre la población total en un análisis de regresión, se estiman los valores de la Función de Regresión Poblacional (FRP) a partir de la Función de Regresión Muestral (FRM), que como mencionan Gujarati y Porter (2011) con un conjunto de datos que representan la muestra de una población dada, este análisis se puede llevar a cabo de dos formas principalmente; la primera es el método de máxima verosimilitud y la segunda es el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), esta investigación se centra en este último. Este método elige las estimaciones que minimizan la suma de los residuos al cuadrado, es decir; dadas  $n$  observaciones sobre la variable dependiente y las variables independientes, las estimaciones de  $\beta_0, \beta_1, \beta_2 \dots \beta_n$  se eligen de manera simultánea de forma que la sumatoria de la ecuación 2, sea lo más pequeña posible.

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \hat{\beta}_2 x_{i2})^2 \quad (2)$$

Para conocer sobre la correcta especificación de un modelo de regresión lineal es necesario saber su comportamiento respecto a los supuestos necesarios con los que debe cumplir, para esto se hace uso de diversas pruebas, tales como análisis gráficos y contrastes de hipótesis, análisis de correlación mediante el cálculo del coeficiente de correlación de las variables explicativas. Para probar la normalidad, se utiliza el contraste de Shapiro Wilk y el Lillie test, el cual es una adaptación o corrección a la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Una de las pruebas más utilizadas para probar la presencia de multicolinealidad de las variables es la prueba de inflación de la variancia (FIV), la cual muestra la forma como la variancia de un estimador se

infla por la presencia de la multicolinealidad. Para probar el supuesto de heteroscedasticidad, existen pruebas como la prueba de Breusch Pagan, sin embargo, en cuanto a la autocorrelación el estadístico de Durbin-Watson es la prueba más conocida para detectar correlación serial. Por otra parte, la prueba de Breuch Godfrey tiene la finalidad de analizar si existe o no autocorrelación de orden superior a uno. Además, el Criterio de Akaike es una regla de decisión comúnmente aplicado para elegir entre regresiones.

## Metodología

Con base en la literatura encontrada se elaboró una lista de todas las posibles variables que influyen en la determinación del precio de un viaje, con el fin de construir una encuesta semi-cerrada que fue aplicada a los transportistas de ganado de la Subasta de la Cámara de Ganaderos Unidos del Sur (SCGUS) en Pérez Zeledón, San José, Costa Rica, entre marzo de 2019 y enero de 2020. Esta encuesta permitió recolectar los datos necesarios para que mediante un análisis de regresión lineal se analizara la influencia de las diferentes variables sobre el precio de un viaje, con el fin de cumplir con el objetivo de determinar un modelo económico para la estimación de precios de transporte terrestre de ganado en pie entre subastas y fincas, según el caso de la Región Brunca de Costa Rica, mediante la cual se estimó un precio final adecuado más márgenes de ganancia e inclusión de obligaciones tributarias.

Según la fórmula de cálculo de muestras para poblaciones finitas se debían realizar 32 encuestas, con los siguientes parámetros;  $N= 60$ , (cantidad promedio de transportistas mayores de 18 años que brindan el servicio de transporte de ganado diariamente en SCGUS y cobran por este),  $e = 10 \%$ ,  $Z = 1,64$  (significancia de un 90 %),  $p = 0,50$  (proporción estimada de transportistas que brindan el servicio) y  $q=0,50$  ( $1-p$ ). Sin embargo; se aplicaron 51 encuestas de las que se desprendieron 65 observaciones, debido a que un mismo sujeto podía recorrer varias rutas, lo que representaba una nueva observación.

Mediante dicha encuesta se obtuvo toda la información necesaria para el análisis, como primer insumo se elaboró una estructura de costos para un viaje, para este caso se consideran costos de operación todos los costos relacionados con la prestación del servicio de transporte. Se presentan cada uno de los rubros de la estructura de costos propuesta para un viaje de transporte de ganado, esta estructura ha sido establecida según los autores Ceconi et al (2005), OEA (1999), Sánchez et al (2007), Storeygard (2012), y Cárdenas (2016), además se han utilizado los criterios teóricos para la clasificación de costos. En primer lugar, la misma está compuesta por dos tipos de costos; los fijos y los variables, los cuales se han clasificado de esta forma respecto a la unidad de medida que se llamará viaje, las estructuras se elaboraron en función de la distancia para tres rutas; corta (de 0 a 25 Km), media (de 26 a 60 Km) y larga (mayor a 61 Km). Estas rutas fueron estimadas mediante la creación de 3 percentiles que agrupan la misma cantidad de casos, para lo cual se eliminaron los outliers mediante el uso del software estadístico SPSS. Además, se debe considerar que la metodología de estimación de percentiles estandariza la variable estudiada, es decir, la misma tiene media de cero y varianza 1, esto se realizó con el fin de que la división de distancias tenga un criterio estadístico. De dicha estructura se obtuvieron 4 variables; costo total, costos fijos, variables, costo por Km

recorrido, ya que medir los costos resultaba de particular importancia para conocer el punto de equilibrio de cada viaje.

Para la modelación de la regresión econométrica se utilizó el lenguaje de programación R empleando el software libre R Studio, como herramienta para el análisis de datos, realización de pruebas de hipótesis y obtención del mejor MCO. Mediante el algoritmo Gl Multi de R, se probaron de manera automática todas las combinaciones posibles de MCO, utilizando 18 variables<sup>1</sup> iniciales con las que se contaba, este algoritmo busca obtener el mejor modelo según el criterio de Akaike (AIC), se probaron 271.200 modelos, al modelo resultante se le aplicó una transformación log – log a todas las variables que lo permitían, (no dicótomas u ordinales). Se realizó un tratamiento de outliers y se aplicó nuevamente Gl Multi al modelo log – log (aplicando logaritmos naturales), probando 250 nuevas combinaciones. De lo cual se obtuvo la ecuación:

$$\ln y_1 = 5,9359 + 0,6003 \ln x_1 + 0,2571 \ln x_2 + 0,1870 \ln x_3 + 0,1054 \ln x_4 + 0,0999 \ln x_5 \quad (3)$$

Donde:

- $Y_1$  = precio del viaje de la finca a la subasta o viceversa, en colones.
- $X_1$  = cantidad de animales a transportar por viaje.
- $X_2$  = costo total del viaje en colones.
- $X_3$  = distancia entre el punto de salida y el punto de llegada en Km.
- $X_4$  = duración del viaje en horas.
- $X_5$  = antigüedad del vehículo usado en años.

Al modelo resultante se la aplicaron las pruebas de los supuestos, el cual cumplió con los estándares necesarios como muestra el cuadro 1.

<sup>1</sup> Las variables fueron: base de cobro; donde 1: por cabeza y 2: por viaje, cantidad de animales, tamaño del animal; donde 1: destetes entre 180-220 K, 2: repastos entre 280-350 K, 3: vacas entre 350-450 K y 4: toros de 500 K o más, costo total, costo variable, costo fijo, costo por kilómetro, distancia, duración del viaje en horas, año de fabricación del vehículo, antigüedad desde la fabricación del vehículo, cilindraje, combustible, tonelaje, tipo de carga; donde 1: carga liviana y 2: carga pesada, tamaño del cajón en metros cuadrados, calidad del servicio y estado de la carretera.

**Cuadro 1.** Resumen de criterios y pruebas de hipótesis para los supuestos a cumplir por cada modelo planteado.

Criterio	Prueba	p-valor
Normalidad	Shapiro Wilk	0,8734
	Lillie test	0,3924
Homocedasticidad	Breush Pagan	0,2944
Autocorrelación	Dubin Watson	0,928
	Breush Godfield	0,7745
Multicolinealidad	Inflación de la variancia (FIV)	$>2^2$

**Fuente.** Elaboración propia, 2022.

Para establecer el precio final de un viaje se utilizó como base el modelo econométrico, se consideran dos variables adicionales; tipo de carga y margen de ganancia, mediante el tipo de carga se asignó un costo promedio para cada viaje en función de costos medios previamente calculados con los datos de la encuesta. En cuanto al margen de ganancia mínimo esperado, se estimó un costo capital ( $k_e$ ), mediante el Modelo Precio Activo de Capital (MPAC), según muestra el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Estimación del costo capital mediante el MPAC.

Indicador	Valor	Detalle
Rf	7.16%	Rendimiento de eurobonos a 30 años lanzados por el Banco Central de Costa Rica (BCCR) en 2015.
Rm	14%	La ley 8634 del Sistema de Banca para el Desarrollo (SBD), establece que el productor debe tener un retorno de la inversión TBP+8%, la TBP utilizada es el promedio de octubre de 2018 a octubre de 2019 (6.01%)
Rp	3%	Riesgo país
B	10.45%	Se estimó mediante la suma de la volatilidad de carne en subastas de 2007 a 2019 (0.04%), más la volatilidad en el precio de los combustibles de 2000 a 2019 (10.41%)
<b>Ke</b>	<b>10,88%</b>	<b>Costo capital</b>

**Fuente.** Elaboración propia con datos de Ministerio de Hacienda (2015), Sistema Costarricense de Información Jurídica (2008), Refinadora Costarricense de Petróleo (2019) y CORFOGA (2019). Este margen puede ser reemplazado en la ecuación de ser necesario, si el transportista desea emplear otro método para la estimación de su margen de ganancia.

2  $X_1= 1,2055$ ,  $X_2= 1,3940$ ,  $X_3= 1.7226$ ,  $X_4= 1,7912$ ,  $X_5=1,8124$ .

Además, se utilizó un 1 % como porcentaje de Impuesto de Valor Agregado (IVA) que debe cubrir el precio establecido. Para la estimación del precio, usando la información antes descrita se empleó la siguiente fórmula (Ecuación 4):

$$\text{Precio final} = (e^{5,9359 + 0,6003\ln x_1 + 0,2571\ln x_2 + 0,1870\ln x_3 + 0,1054\ln x_4 + 0,0999\ln x_5}) * 1,01 \quad (4)$$

## Resultados

El modelo obtenido mediante el análisis de MCO explica el precio de un viaje en un 85.13% por las variables empleadas. El modelo presentó un AIC de 5,6874, menor que otros modelos probados, un R2 de 0,8513, un R2 ajustado de 0,8385 y un p-valor sobre la significancia de los coeficientes de  $2,2 \cdot 10^{-16}$ . En cuanto a la significancia individual de cada una de las variables independientes todas resultan significativas; la cantidad de animales, costo total, distancia y antigüedad son significativas a un 99,99 % de confianza, mientras que tiempo lo es a un 90 %. Con base en los resultados existe evidencia para afirmar que la elasticidad del precio de transporte de ganado a subastas se comporta de la siguiente forma; conforme la cantidad de animales aumenta un 1% el precio lo hace en 0,6 %, si el costo total aumenta en 1% el precio lo hace en 0,25 %, si se da un aumento en la distancia de 1 % el precio aumenta en 0,19 %, si el tiempo del viaje aumenta 1 % el precio aumentará un 0,10 % y por último, si la antigüedad del vehículo usado aumenta en 1 % el valor del viaje aumenta en 0,10 %, teniendo en cuenta que las demás variables se mantienen ceteris paribus.

Se descubrió que la cantidad varía respecto al tipo de vehículo empleado, sea CL o CP, para CL se transportan de entre 5 a 7 animales por viaje, mientras que, para CP, se transportan entre 7 y 10 animales en la mayoría de los casos, esto sin importar el tamaño, teniendo claro que a mayor tamaño de los animales menor será la cantidad que se transporta.

Los costos totales están definidos por los costos fijos y variables. Mediante la información suministrada por los conductores y la literatura, se determinó que los costos fijos se componen por los rubros; pago de deudas, contabilidad, seguro, requisitos legales de circulación (inspección técnica vehicular y derecho de circulación o marchamo). Mientras que los costos variables se conforman por los rubros; mano de obra (chofer y acompañante), combustible, costos mecánicos (cambio de aceite, cambio de llantas, cambio de frenos, ajuste de frenos y otros costos mecánicos), viáticos y otros costos.

Al analizar los costos totales se observó que a medida que la distancia de un viaje aumenta el costo/Km disminuye. Sánchez et al (2007) afirman que, para el transporte de cargas en Argentina, conforme aumenta la distancia se da una reducción en los costos fijos y, por ende, el costo/Km. Long (2006) citado por Silvera y Mendoza (2017), menciona un término llamado economía de la distancia, el cual "significa que a medida que la distancia del envío aumenta, el costo por unidad de distancia baja" (p.46). Según los datos analizados, se puede afirmar que, para el caso de transporte de ganado en la Región Brunca, se cumple el principio de economías de distancia, donde viajes más largos representan costos/Km menores. que el costo

Esto no significa que el costo total del viaje sea menor que viajes con distancias cortas, ya que el costo por Km más bien mide la eficiencia que se tiene en el aprovechamiento de los recursos según sea la distancia del viaje y refleja además como los costos totales disminuyen con forme aumenta la distancia. En cada escenario conforme aumenta la distancia los costos también lo hacen, para una distancia corta se tiene un costo total de ₡ 69 885, para una distancia media el costo por viaje es de ₡ 79 075 y para una distancia larga el costo es de ₡ 142 010 colones. Por lo que se puede ver la influencia de la variable distancia empleada en el modelo, ya que estos valores serían el punto de equilibrio para cada uno de sus viajes en función de la distancia.

Luego de realizar este análisis con los casos estudiados se obtuvo que un 39% de los mismos tenían ingresos mayores a sus costos, sin embargo; un 61% mostró costos mayores que su ingreso, por lo que incurrían en pérdidas económicas o puntos de equilibrio negativos, debido a que su margen de contribución unitario (MCU), diferencia entre el precio y los costos variables unitarios (Polimeni et al, 1997), resultaba negativo, porque el precio de un viaje era menor que los costos variables de realizar este viaje, lo que causa que el punto de equilibrio se indefina y no sea posible realizar su cálculo desde el punto de vista unitario o monetario. Con la existencia de la variable costo total dentro del modelo econométrico se busca evitar este fenómeno.

La última variable que explica el precio es la antigüedad, según el año de fabricación del vehículo. Se encontró que, dentro de los casos analizados, el vehículo más antiguo es de 1975, mientras que el más moderno corresponde al 2018, existiendo un rango de 43 años. Si se divide en cuartiles la antigüedad según año de fabricación de la flota vehicular, el primer cuartil inicia en 1975 y finaliza en 1988, el segundo cuartil se encuentra en 1994, el tercero se posiciona en 1998 y el último se encuentra en 2018.

Los factores mencionados por los transportistas coinciden con lo que menciona la teoría, ya que, según la literatura consultada para la investigación, los determinantes del precio del servicio de transporte son: distancia, cantidad de animales, duración del viaje, costos, estado de la carretera, calidad del camión y precios de la competencia; los mismos factores mencionados por los sujetos de estudio. Al comparar los resultados del análisis econométrico con las respuestas de los conductores respecto a los factores que eran tomados en cuenta para cobrar el precio de un viaje se encontraron similitudes debido a que el 35% de los conductores afirmaron que el primer factor considerado es la distancia, el siguiente es la cantidad de animales en un 33% de casos, los costos fueron mencionados por un 20%, y la duración del viaje con un 6%, también mencionaron que el estado de la carretera y la competencia resultaban importantes, pero estos no resultaron parte del modelo.

Luego de conocer el comportamiento del precio a través de los distintos análisis de este, se elaboró un modelo económico que permite calcular el precio que se debería cobrar por un viaje, tema central del objetivo general de esta investigación. Para la elaboración de dicho modelo se estableció como base el modelo econométrico de la ecuación 3, debido a que como se ha afirmado, este explica un 85,13% de la fijación del precio, además se tomaron en cuenta otras variables con el fin de ajustar de mejor manera el resultado respecto a la realidad

de cada caso. Este se basa en siete variables; la cantidad de animales a transportar, costo total del viaje, distancia, duración del viaje, antigüedad del vehículo, tipo de carga y utilidad mínima necesaria por viaje. Sin embargo; las variables que se le pide al usuario ingresar en el sistema son solo seis, debido a que como se pudo observar mediante el análisis de costos esta variable resulta desconocida por los transportistas, por lo que se ideó un método para asignar un costo según los resultados antes obtenidos mediante el análisis de estos.

Por lo anterior, se consideran dos variables adicionales a las que establece el modelo econométrico encontrado; estas son tipo de carga y margen de ganancia, mediante el tipo de carga se busca que se le pueda asignar un costo promedio para cada viaje en función de un punto de equilibrio previamente establecido en esta investigación, es decir; con base en el tipo de carga, se asigna un costo por viaje realizado.

Por otra parte, dentro del modelo se ingresa un margen de ganancia mínimo esperado (10.88%), lo anterior debido a que con la inclusión de la variable de costos se logra un punto de equilibrio y no utilidad. Se puede decir que con la variable costos y la variable de margen de ganancia se está trabajando con uno de los métodos de fijación de precios más sencillos, el de costos más margen, que como menciona Cadena (2011) cuando se habla de la teoría financiera y la fijación de precios se hace referencia al método de fijación de precios en función de los costos o de costo más margen. Este método supone como condición previa un análisis detallado del sistema de costeo a utilizar para establecer los costos del producto; de la meta de ventas en unidades según la capacidad del negocio y el entorno; y del margen a establecer, que cubra los riesgos del negocio, pero también que esté acorde con las realidades del mercado. Sin embargo, para este caso se debe tener en cuenta la incorporación de todas las demás variables que indica el modelo econométrico.

El resultado final de la investigación fue una hoja programada en Excel, con el fin de que posibles usuarios; transportistas o productores, puedan conocer el precio de un viaje, el usuario deberá ingresar seis variables (Figura 1). Se observa un ejemplo hipotético donde se desea transportar 6 animales, por una distancia de 200 Km, donde el viaje tardará aproximadamente 3,5 horas, en un camión modelo 2015 de carga pesada. Como resultado el precio antes del IVA es de ¢71 416, el IVA corresponde a ¢ 714 y el precio final es de ¢72 130.

6	Cantidad de animales
200	Distancia (Km)
3,5	Duración del viaje (horas)
2015	Año del camión
2	Tipo de carga
10,88%	<i>% de ganancia esperado</i>
₡71 416,00	<i>Precio antes de IVA</i>
₡714,00	IVA
<b>₡72 130,00</b>	<b>Precio final</b>

**Figura 1.** Ejemplo de estimación del precio de un viaje empleando el modelo propuesto.  
**Fuente.** Elaboración propia.

## Discusión

Se encontró relación estadísticamente significativa entre cinco variables; cantidad de animales, costo total, distancia, tiempo, antigüedad del vehículo y el precio cobrado por un servicio de transporte de ganado, lo cual es comparable con lo encontrado por algunos autores. El factor costo es el que tiene mayor efecto sobre el precio, una gran cantidad de autores han dedicado estudios al análisis de costos relacionados con el transporte de cargas, tales como; Ceconi et al (2005), OEA (1999), Sánchez et al (2007), UTN (2007), Storeygard (2012) y Cárdenas (2016). Siendo esta variable de alto grado de importancia es necesario conocer que factores podrían afectar el costo, al respecto Ceconi et al (2005) afirma que estos son; las economías de escala determinadas por el tamaño del camión, los recorridos con el camión vacío y tiempos ociosos producidos por las variaciones estacionales de la demanda, restricciones sobre las horas de marcha debido a razones de seguridad, las condiciones del camino tales como terrenos montañosos, pavimentos deteriorados y congestiones de tránsito, la aplicación de determinadas regulaciones en el camino y en los pasos de frontera, el diseño y estado de conservación del camión, la calidad del servicio que se ofrece, los costos de la mano de obra, de los repuestos y del combustible. Por su parte la UTN (2007) afirma que el costo se ve afectado por la geometría del camino, estado y tipo de calzada; en trazas con pendientes se requiere más combustible por kilómetro; los recorridos en los caminos de tierra aumentan los costos de mantenimiento y la probabilidad de pérdida de horas de viaje por intransitabilidad

debido a factores climáticos. En síntesis, cuanto más llano sea el terreno y mejor el estado del camino, menor será costo de mantenimiento de las unidades y mayor la velocidad comercial.

En vista de lo anterior y en contraste con los resultados de la investigación, en la cual un alto porcentaje de conductores no conocían sus costos ni puntos de equilibrio, se vuelve necesario emplear estructuras de costos como la propuesta en esta investigación o por los autores anteriores aunado a Cadena (2011) quien menciona que la fijación de precios abarca tres disciplinas: la teoría económica, desde el punto de vista de la formación de precios de mercado con un enfoque de oferta y demanda, puntos de equilibrio y maximizaciones; la teoría financiera donde se fija el precio y se realizan proyecciones sobre ingresos, rentabilidad, entre otros y la teoría de marketing, con el precio como principal componente del mix de marketing.

Que la cantidad de animales influya sobre el precio es concordante con Janic (2007) quien mediante una ecuación matemática detalla los componentes del costo total para una red de transporte de cargas, empleando como variables principales; volumen de los camiones, capacidad de carga del camión y factor de carga o grado de ocupación, la cantidad de animales que se transporten en un viaje estará determinada por las variables mencionadas por Janic (2007), ya que en los resultados de esta investigación se determinó que la cantidad promedio de animales a transportar depende del tipo de carga del camión, factor relacionado con su capacidad.

El factor distancia, es consecuente con los resultados de los autores Storeygard (2012) y UTN (2007), este último afirma que a medida que aumenta la distancia de transporte disminuye la incidencia de los tiempos de carga y descarga en el total de los costos promedio de un viaje; esto también afecta al recorrido medio mensual produciendo una reducción de los costos fijos lo que implica una reducción de los costos por kilómetro. Sin embargo; en la presente investigación se determinó que con forme aumenta la distancia también lo hacen los costos y que la elasticidad de la distancia es positiva, por lo que la afirmación de la UTN (2007) es correcta sobre el análisis por Km y no el total, como se demostró en los resultados, relacionando además el termino de economías de distancia mencionado por Long (2006) citado por Silvera y Mendoza (2017).

En cuanto al tiempo, Castellanos (2009) afirma que la competitividad de los productos que van a ser comercializados depende mucho del transporte y, específicamente, del costo de éste; del tiempo de tránsito necesario para trasladar los bienes desde su origen hasta su destino; de la factibilidad de la entrega, y de la seguridad del medio utilizado. Otros autores como Erik (2011) y Ceconi et al (2005) encontraron el tiempo como un factor determinante. Finalmente, la variable antigüedad no fue mencionada en ninguno de los estudios analizados, pero hay indicios de que guarda relación con el estado del camión como lo afirma la FAO (2001) y Ceconi et al (2005).

Por otra parte, la ecuación matemática planteada para la estimación del precio final que debería cobrarse por un viaje según criterios de estadística, econometría, teoría de costos y económica es un método cuantitativo que se suma a los planteado por autores como Storeygard (2012), Janic (2007), Erik (2011) y la Dirección Nacional de Transporte de Uruguay (2018), quienes usan diferentes metodologías para estimar precios o costos de un servicio de transporte.

## Conclusiones

Se determinó que existe relación estadísticamente significativa entre más de una variable y el precio de un viaje, respondiendo de esta manera a la pregunta central de la investigación. Respecto a la modelación del precio de un viaje a través del análisis de regresión se logró encontrar un modelo que explica la variabilidad del precio en un 83,85%, el cual mide el aumento que tiene el precio respecto a un aumento del 1% en cada una de las variables, a través de este modelo es posible medir la elasticidad del precio respecto a las variables influyentes en su determinación. En este caso la principal resultó ser costo total. Con base en las variables conocidas y su influencia sobre el precio, fue posible conocer puntos críticos sobre los cuales se deben tomar decisiones. Temas como los costos de un viaje y la antigüedad de la flotilla son variables que se deben analizar a profundidad con el fin de crear herramientas que permitan a los conductores aumentar sus índices de eficiencia.

La herramienta elaborada se desarrolló de forma sencilla para que sea de fácil uso para los transportistas o productores, usuarios del servicio de transporte, para que estos puedan conocer el precio adecuado de un viaje, la misma es de fácil actualización y se puede replicar en aplicaciones móviles u otras herramientas tecnológicas, en caso de existir una institución o desarrollador interesado. Al ser esta investigación la primera de su tipo en el país es una base sólida sobre el uso de métodos cuantitativos para aplicarse a las demás regiones del país u otros países, como sustento para la toma de decisiones en el sector mediante la creación de políticas, regulación y la supervisión de la transparencia del sistema.

Como parte de la conclusión del estudio se realizaron reuniones para la entrega de resultados y charlas a los transportistas de la SCGUS, sin embargo; se recalca la necesidad de capacitar a esta población en temas como cálculo de sus costos de operación, por parte de las instituciones relacionadas con la actividad ganadera del país, su cámara y la academia, ya que esta es una actividad indispensable dentro de la agrocadena de la ganadería.

## Literatura citada

- Arguedas Villalobos, S. (2019). Encadenamientos productivos y multiplicadores de empleo para la actividad económica cría de ganado vacuno a partir de la matriz de insumo productivo Costa Rica 2012. *E-Agronegocios*, 5(1). Disponible en <https://doi.org/10.18845/rea.v5i1.4031>

- Cadena, B. (2011). La teoría económica y financiera del precio: dos enfoques. *Criterio Libre*, 59-80. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3815857>
- Capros, P., & Siskos, P. (2011). PRIMES-TREMOVE transport model v3. Energy-Economy-Environment Modeling Laboratory. Hg. v. European Commission (EC). Energy-Economy-Environment Modelling Laboratory (E3M-Lab). Disponible en <https://nptel.ac.in/courses/105/101/105101087/>
- Cárdenas, E. (2016). Tesis de postgrado. Metodología para establecer los costos logísticos de transferencia de carga para el comercio exterior en puertos colombianos – estudio de caso corredor Puerto Cartagena – Bogotá. Disponible en <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57594>
- Castellanos, A. (2009). Manual de gestión logística del transporte y distribución de mercancías. Barranquilla, CO. Ediciones Uninorte. Disponible en <https://books.google.es/books?id=JYdauBcrioC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Ceconi, T. A., Ghilardi, M. F., Castro, S. A. P., & María, L. (2005). Factores estructurales que inciden en los fletes marítimos internacionales y las políticas públicas. IERAL- Documentos de discusión; Serie: Competitividad Sistémica, 5. Disponible en <https://silo.tips/download/factores-estructurales-que-inciden-en-los-fletes-maritimos-internacionales-y-las>
- Corporación Ganadera (2020). Oficio sobre aclaración y adición a consulta sobre la aplicación del Impuesto sobre el Valor Agregado en el transporte de semovientes dentro de la cadena de producción. Disponible en Corporación Ganadera: <https://www.corfoga.org/download/transporte-de-ganado-bovino-pagar-tarifa-reducida-del-1-iva/>
- Dirección Nacional de Transporte (DINATRAN). (2018). Memorandum DIT n° 02/2018. Recuperado de [http://www.dinatran.gov.py/docum/costo\\_operativos\\_de\\_camiones\\_de\\_cargas.pdf](http://www.dinatran.gov.py/docum/costo_operativos_de_camiones_de_cargas.pdf)
- Erik, S. (2011). Cost model for transportation logistic. Oslo, Noruega. Disponible en <https://www.toi.no/getfile.php/1316537-1297416753/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/2011/1127-2011/1127-2011-sum.pdf>

- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2011). *Econometría*. México: Mac Graw Hill.
- Herrera, Solís y Zúñiga (2016). Análisis de factores determinantes del precio en la cadena de valor de la carne bovina en Costa Rica. *Nutrición Animal Trópica*, 10 (2). Disponible en DOI 10.15517/NAT.V10I2.26110
- Holmann, F., Rivas, L., Pérez, E., Castro, C., Schuetz, P., & Rodríguez, J. (2007). *La cadena de carne bovina en Costa Rica: Identificación de temas críticos para impulsar su modernización, eficiencia y competitividad*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Internacional Livestock Research Institute (ILRI); Corporación Ganadera (Corfoga). Disponible en [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Forrajes\\_Tropicales/pdf/Books/Cadena\\_carne\\_bovina\\_CRI.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Forrajes_Tropicales/pdf/Books/Cadena_carne_bovina_CRI.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Censo (2021). *Encuesta Nacional Agropecuaria*: Instituto Nacional de Estadística y Censo. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censo: <https://www.inec.cr/encuesta-nacional-agropecuaria>
- Janic, M. (2007). Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network. *Science Direct*, 12, 33–44. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.trd.2006.10.004>
- Mena, M., Hoek, R. V. D., & Díaz, M. F. (2020). Estudio de los esquemas de extensión para la ganadería en Centroamérica: Casos de Honduras, Nicaragua y Costa Rica. Disponible en <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/111482/%5B104%5D%20Estudio%20esquemas%20de%20extensi%C3%B3n%20para%20la%20ganader%C3%ADa%20en%20Centroam%C3%AGrica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mora, L. A. (2008). *Logística del transporte y distribución de carga*. Colombia: ECOE Ediciones. Disponible en <http://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2016/08/Logistica-del-transporte-y-distribucion-de-carga.pdf>
- Organización de Estados Americanos (OEA). (1999). *Estudio de integración regional en el transporte de cargas*. Uruguay. Consultado el 12 de diciembre de 2020. Disponible en <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea75s/begin.htm#Contents>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2001). *Directrices para el Manejo, Transporte y Sacrificio Humanitario del Ganado*. Fundación de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Cap. 6. (en Línea, sitio web). Disponible en <https://www.fao.org/publications/card/en/c/e09cb6a6-50a9-5ade-b330-9aega74ab815/>

- Polimeni, R., Fabozzi, F., Adelberg, & Arthur. (1997). Contabilidad de costos. -coceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales. Santafé de Bogotá: Mc Graw-Hill.
- Rojo Albuín, J. (2007). Regresión lineal múltiple. IdEyGdM-Ld Estadística, Editor, 32. Disponible en [http://humanidades.cchs.csic.es/cchs/web\\_UAE/tutoriales/PDF/Regresion\\_lineal\\_multiple\\_3.pdf](http://humanidades.cchs.csic.es/cchs/web_UAE/tutoriales/PDF/Regresion_lineal_multiple_3.pdf)
- Sánchez, J; Cortés, A; Peralta, E; Díaz, S; Filgueira, E. (2007). El Transporte Automotor de Cargas en la Argentina. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional U.T.N. Argentina. (en Línea, sitio web). Disponible en <http://www.edutecne.utn.edu.ar/transporte/capitulos.htm>
- Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA). (2021). Indicadores macroeconómicos 2017-2021. San José, Costa Rica. Disponible en [http://www.sepsa.go.cr/docs/2021-002-Indicadores\\_Macroeconomicos\\_2017-2021.pdf](http://www.sepsa.go.cr/docs/2021-002-Indicadores_Macroeconomicos_2017-2021.pdf)
- Silvera, R & Mendoza, D. (2017). Costos logísticos del transporte terrestre de carga en Colombia: Estrategias para la generación de valor en la logística del transporte terrestre con plus agregado. Barranquilla: Educosta. Disponible en <https://hdl.handle.net/11404/4125>
- Solano Pereira, T., Solorzano Thompson, J., & Paniagua Molina, J. (2020). Modelación del mercado de carne de res en Costa Rica: Una aproximación preliminar básica. E-Agronegocios, 7(1), 4-20. Disponible en <https://doi.org/10.18845/ea.v7i1.5185>
- Storeygard, A. (2012). Farther on down the road: transport costs, trade and urban growth in sub-Saharan Africa. The review of economic studies. 83(3), 1263-1295. Disponible en <https://doi.org/10.1093/restud/rdw020>
- Tom, M., & Krishna, K. (2007). Travel demand modeling (págs. 5.1-5.4). NPTEL. Disponible en <https://nptel.ac.in/content/storage2/courses/105101087/downloads/Lec-5.pdf>
- Universidad Tecnológica Nacional de Argentina (UTN) (2007). El Transporte Automotor de Cargas en la Argentina. Consultado el 19 de febrero de 2018. Disponible en <http://www.edutecne.utn.edu.ar/transporte/transporte-carga.html>
- Wooldridge, J. M. (2009). Introductory econometrics: A modern approach (South-Western Pub). Mason, OH, USA. Disponible en <https://economics.ut.ac.ir/>

documents/3030266/14100645/Jeffrey\_M.\_Wooldridge\_Introductory\_Econometrics\_A\_Modern\_Approach\_\_2012.pdf