

Estimación de una función de costos del arroz para la región de los Santanderes, Colombia

Recebimento dos originais: 06/04/2020
Aceitação para publicação: 27/09/2020

Susan Cancino

MBA por la Universidad de Nottingham, Reino Unido
Institución: Grupo Biotecnología Vegetal, Universidad de Pamplona, Colombia
Dirección: Km 1, vía Bucaramanga, Pamplona, Norte de Santander, Colombia
E-mail: susancancino@hotmail.com

Giovanni Orlando Cancino Escalante

PhD por la Universidad de Nottingham, Reino Unido
Institución: Universidad de Pamplona, Colombia
Dirección: Km 1, vía Bucaramanga, Pamplona, Norte de Santander, Colombia
E-mail: gcancino@unipamplona.edu.co

Daniel Francisco Cancino Ricketts

Biólogo en formación por la Pontificia Universidad Javeriana, Colombia
Dirección: Carrera. 7 # No. 40 - 62, Bogotá, Colombia
E-mail: dfranciscocancino@javeriana.edu.co

Resumen

El arroz es un alimento básico para los países en desarrollo y una importante fuente de ingresos para pequeños agricultores y sus familias desempeñando un papel fundamental en contra de la pobreza. En Colombia el cultivo de arroz constituye un pilar significativo para la economía, siendo el tercer cultivo de mayor importancia en la actividad agrícola del país y uno de los más tecnificados. El objetivo de la investigación fue estimar una función de costos del arroz para la región de los Santanderes, Colombia, así como, identificar si los productores operan con economías a escala. Se utilizó una metodología tipo descriptiva, explicativa y correlacional y la forma funcional se basó en una función Cobb-Douglas. Los resultados indican que los coeficientes presentaron los signos esperados planteado por la teoría económica y fueron estadísticamente significativos, además se confirmó la presencia de economías de escala. Se efectuaron pruebas de validez del cual se acepta el supuesto de normalidad, además, no se evidenció problemas de colinealidad, heteroscedasticidad y autocorrelación.

Palabras clave: Función Cobb-Douglas, costos de producción, economías de escala.

1. Introducción

El arroz (*Oryza sativa* L.) se produce en diferentes ecorregiones, desde las zonas más húmedas hasta los desiertos más secos, el cual es comercializado, en su mayoría, en los mercados domésticos. Es un alimento básico para más de la mitad de la población mundial y un cultivo alimenticio fundamental para los países en desarrollo (DURAND-MORAT;

NALLEY; MACLEAN, 2018; MACLEAN; HARDY; HETTEL, 2013). En efecto, más de tres mil millones de personas consumen arroz diariamente constituyéndose el 20 por ciento del suministro de energía dietética del mundo. Igualmente, es una importante fuente de ingresos para pequeños agricultores y sus familias desempeñando un papel fundamental en contra de la pobreza. (RIDO, 2014; ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, FAO, 2018).

En Colombia el cultivo de arroz posee un importante papel una vez que constituye un pilar significativo para la economía, siendo el tercer cultivo de mayor importancia en la actividad agrícola del país y uno de los más tecnificados (BECERRA et al, 2019). Sin embargo, posee una costosa estructura de producción si se compara con sus competidores internacionales, debido principalmente a los elevados precios de los factores de producción como el fertilizante, las semillas, los productos químicos y la tierra (RAMÍREZ, 2013). Asimismo, se ha desarrollado en un mercado caracterizado por la variabilidad en los precios fomentado por fluctuaciones en la oferta y la demanda del producto; generando así, variaciones en los niveles de rentabilidad de los productores (BECERRA et al, 2019; FAO, 2018).

En este sentido, existe la necesidad de que los productores cuenten con instrumentos confiables que permita un seguimiento de los costos de producción para una adecuada toma de decisiones, para, así, optimizar el uso de los recursos en forma eficiente, y así, en términos económicos lograr un mayor excedente al producir arroz.

Es de resaltar que los estudios publicados sobre los costos de producción del arroz utilizando enfoques econométricos como las funciones de costos en Colombia son limitados, e inexistentes con relación al área de estudio de la presente investigación. Sobre la base de las consideraciones anteriores el principal objetivo del presente trabajo fue estimar una función de costos del arroz para la región de los Santanderes, Colombia, así mismo, identificar si los productores operan con economías a escala crecientes, decrecientes o constantes.

Este documento se organiza básicamente en cinco secciones. La primera incluye los antecedentes en cuanto a la producción y evolución del precio del cultivo de arroz en Colombia. En la segunda el análisis microeconómico de la función de costo, así como, las economías de escala. En la metodología se expone el área de estudio, las variables utilizadas y la especificación del modelo. En la cuarta sección se presentan los resultados de la implementación del modelo y en la última parte se presentan las conclusiones y recomendaciones.

2. Antecedentes

En Colombia, existen dos sistemas de producción imperantes: el riego, por el cual se caracteriza por el uso intensivo de agua, y el seco cuya agua proviene de las temporadas de lluvia. Por zonas arroceras la producción bajo el sistema de riego se concentra principalmente en los departamentos de Huila, Tolima y Norte de Santander, mientras que en Casanare y Meta predomina el sistema de producción seco. La oferta del arroz se determina por dos grandes cosechas generalmente entre los meses de junio y septiembre para el primer periodo y diciembre y febrero para el segundo periodo (BECERRA et al, 2019; FEDERACIÓN NACIONAL DE ARROCEROS, FEDEARROZ, 2019). En los últimos diez años el cultivo de arroz ha mostrado una tendencia creciente tanto a nivel productivo como en superficie sembrada con un incremento para el periodo 2009 - 2019 de 4,5% y 22,3%, respectivamente (tabla 1).

Tabla 1: Superficie sembrada, producción y rendimiento del cultivo de arroz, Colombia, 2009-2019

Año	Superficie sembrada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ha/ton)
2009	468.890	2.426.529	5,17
2010	420.721	1.923.747	4,57
2011	445.414	1.941.383	4,35
2012	416.052	1.849.207	4,44
2013	438.435	1.944.270	4,43
2014	372.806	1.743.492	4,67
2015	462.118	1.988.184	4,30
2016	570.802	2.526.179	4,42
2017	595.371	2.591.654	4,35
2018	500.924	2.486.724	4,96
2019	539.552	2.536.912	4,70

Fuente: Fedearroz, 2019

Es de resaltar que la producción nacional de arroz se concentra especialmente en la Zona de los Llanos Orientales (43,6%) y del Centro (34,1%). Con relación a los Santanderes, estos participan con el 7,5 % de producción nacional con una superficie sembrada de 19.990 hectáreas, un rendimiento de 5,92 ton/ha, para una producción aproximada de 118.422 ton (Fedearroz, 2019).

Se observa en la figura 1 que el comportamiento de los precios por tonelada de arroz para el período comprendido entre enero y diciembre mostró una variación entre los \$2.716 y los \$3.383 pesos, alcanzando un máximo en el mes de dic-2019 (Figura 1).



Figura 1: Precio del arroz departamento Norte de Santander

Fuente: Fedearroz, 2019.

Por otra parte, los costos de producción del cultivo del arroz son elementos decisivos para la determinación del beneficio económico de los agricultores. En este sentido para el periodo 2019 la participación de los costos relacionados con la protección y la preparación y siembra fueron los más elevados (figura 2), con un 21,1% y 19,8%, respectivamente, seguido de fertilización (13,0%) y los relacionados con el riego (9,4%), así como, el transporte y recolección de la cosecha (9,1%).

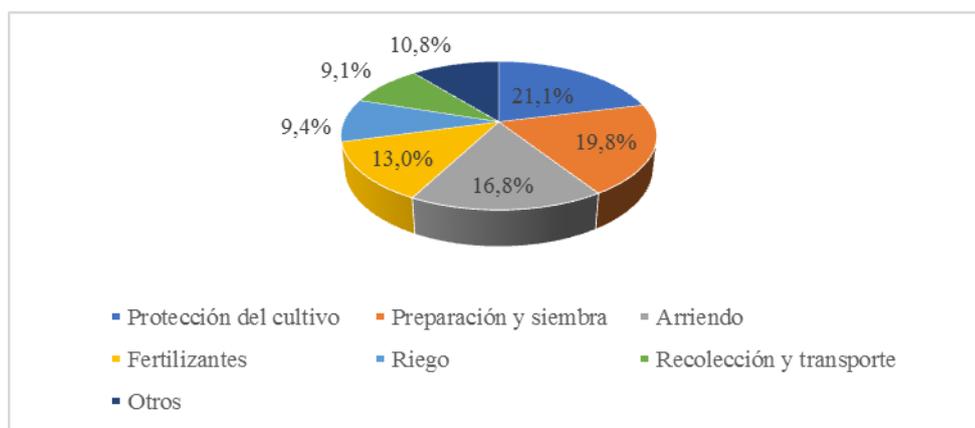


Figura 2: Participación de cada rubro en el costo de producción del cultivo del arroz

Fuente: Fedearroz, 2019.

3. Fundamentación Teórica

La información sobre los costos de una unidad agrícola es fundamental para el análisis del desempeño económico de la misma. El costo se encuentra relacionado con su estructura y aplicación y según Gayle (1999) se refiere a la medición monetaria de los recursos utilizados en el proceso productivo, como la mano de obra, los insumos y la maquinaria, entre otros.

Rojas (2017, p. 9) por su parte, define el costo como "la suma de las erogaciones en que incurre una unidad productiva para la adquisición de un bien o servicio, con la intención de que genere un ingreso en el futuro". Mientras que para Valencia y Rincón (2014, p.3) "los indicadores del costo sirven para el control, evaluación, planeación y desarrollo de pronóstico para los proyectos de producción, comercialización y financiación de las unidades productivas".

En este sentido, resulta relevante para el análisis de los costos la estimación de una función de costos. Si una unidad agrícola es maximizadora de sus ganancias, por consiguiente, debe ser eficiente en cuanto a sus costos, es decir, debe producir con costos mínimos, así como, ofrecer la combinación óptima de los factores de producción.

Por consiguiente, si se tiene que una unidad de producción utiliza x factores de producción (materia prima, trabajo y capital) para producir m cantidades. Sea $x \in \mathbb{R}^n_+$ un vector de input; $Y \in \mathbb{R}^m_+$ un vector de output el cual se necesita para producir dichos bienes; F una función de producción donde $\mathbb{R}^n_+ \rightarrow \mathbb{R}^m_+$; y $p \in \mathbb{R}^N_+$ el vector precios de los inputs, se obtiene la siguiente función de costos [1]:

$$CT(Y, p) = \min_{(x)} \{p'x = \sum_{n=1}^N p_n x_n \text{ tal que } Y \geq F(x)\} \quad [1]$$

Por lo tanto, según Nicholson (2008, p.53) la conducta minimizadora del costo implica necesariamente que satisfaga la propiedad básica de homogeneidad de grado en el vector precios de los factores, es decir, "si se duplican los precios de los factores, el costo de un nivel determinado de producción se duplicara en igual cantidad". Igualmente, debe ser no decreciente una vez que a medida que se incrementa el precio de un factor, *ceteris paribus*, los costos no disminuyen, pero aumentan a una tasa decreciente, de ahí su forma cóncava.

Por su parte, el comportamiento de las funciones de costos se encuentra estrechamente relacionado con las economías de escala. En este sentido, según Pindyck y Rubinfeld (2009, p.231) las economías de escala se dan cuando "los niveles de producción duplican por menos del doble del costo", es decir, los costos medios decrecen a medida que el producto se incrementa. El concepto opuesto son las deseconomías de escala el cual se producen cuando

para duplicar la producción la empresa necesita más que duplicar su costo. Es así que, a partir de las funciones de costos, es posible estimar diferentes medidas de economías de escala utilizando la elasticidad del costo en relación a la producción, donde $E_c < 1$ estaría reflejando economías de escala, $E_c > 1$ diseconomías de escala y $E_c = 1$ no habría economías ni diseconomías de escala.

Una de las formas más utilizadas para estimar una función de costos y evaluar la presencia de economías de escala, debido a su fácil estimación y sencillez de interpretación, es la función Cobb-Douglas (Biddle, 2011). En efecto, Rido (2014) la empleó para identificar la eficiencia del cultivo de arroz en Cambodia, así como, Martínez (2010) estimó los costos de producción para la siembra de algodón en el Valle del Sinú tomando como referencia la función de producción tipo Cobb Douglas.

Ramírez (2013) por su vez, propuso un modelo matemático basado en Cobb-Douglas cuyo objetivo fue medir los indicadores de eficiencia técnica, distributiva y económica de la producción de arroz para la región central arrocera de Colombia. Así mismo, Aristizábal y Duque (2006) analizaron desde el punto de vista económico si la transformación del café podría ser realizado en mayor escala, el cual construyeron varios modelos función tipo Cobb-Douglas.

4. Metodología

La investigación es tipo no experimental, descriptiva, explicativa y correlacional una vez que consistió en caracterizar las variables implicadas en el estudio y el grado de relación existente entre ellas (HERNÁNDEZ; FERNÁNDEZ.; BAPTISTA, 2014). La información secundaria proviene de la fuente oficial del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, la Federación Nacional de Arroz y del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Igualmente, se consultaron estudios y artículos de investigación especializados. El método de estimación fue a través de los mínimos cuadrados ordinarios y para el análisis, interpretación y presentación se utilizó el paquete E-Views®9.

El área del estudio se refiere a la zona de los Santanderes el cual forma parte de la región andina colombiana (figura 3). Se encuentra ubicado en la zona nororiental del país y limita al sur con el departamento de Boyacá, al oeste con Cesar y al norte y este con Venezuela (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA FRONTERA, CORPONOR, 2016).

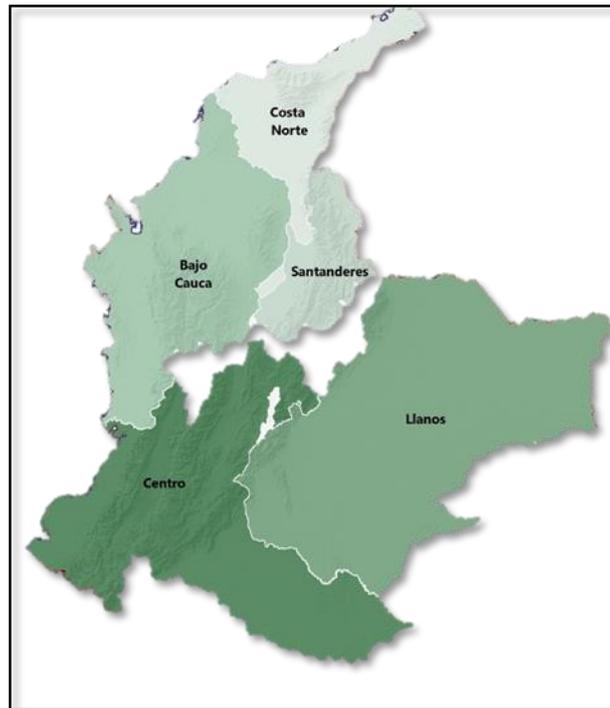


Figura 3: Área del estudio

Fuente: Corponor, 2016

4.1. Datos

Con respecto a las variables objeto del estudio se tomó como endógena el costo total de producción, mientras que se emplearon como exógenas la cantidad producida de arroz en toneladas y los precios de los factores. Se consideró como factor trabajo los gastos de mano de obra asociados a la preparación y siembra del cultivo; como factor capital los equipos utilizados en el riego, transporte y recolección; como factor insumo los gastos relacionados con la utilización de fertilizante y plaguicida y como factor arriendo el costo relacionado con el alquiler de la tierra. La frecuencia de los datos es anual (2000-2019) y los precios de los factores empleados están expresados en pesos constantes del año 2018 por lo cual se utilizó el índice nacional de precios al productor.

4.2. Especificación del modelo

La forma funcional utilizada para el presente estudio se basó en la función de costos Cobb-Douglas que se expresa como [2]:

$$CT = \beta_1 \times Q^{\beta_2} \times PL^{\beta_3} \times PK^{\beta_4} \times PI^{\beta_5} \times PA^{\beta_6} \times e^v \quad [2]$$

donde:

CT = Costo total de producción. Expresado en pesos colombianos por hectárea (\$/ha).

Q = Producción de arroz. Expresados en toneladas (ton).

PL = Precio del factor trabajo. Expresado en pesos colombianos por hectárea (\$/ha).

PK = Precio del factor capital. Expresado en pesos colombianos por hectárea (\$/ha).

PI = Precio de los insumos. Expresado en pesos colombianos por hectárea (\$/ha).

PA = Precio del factor arriendo. Expresado en pesos colombianos por hectárea (\$/ha).

e = base del logaritmo natural

v = término de perturbación estocástico

La aproximación matemática de la función Cobb Douglas parte de la linealización de la ecuación 1, por lo cual se procedió a transformar el modelo mediante la aplicación de logaritmos [3]:

$$\ln CT = \ln \beta_1 + \beta_2 \ln Q + \beta_3 \ln PL + \beta_4 \ln PK + \beta_5 \ln PI + \beta_6 \ln PA + \mu \quad [3]$$

Los signos de los coeficientes estimados ($\beta_1 \dots \beta_6$) indican el sentido esperado del efecto de las variables exógenas sobre la variable endógena y se basa en la teoría económica. En este sentido, se espera que sean positivos dado que a medida que aumentan los niveles de producción y los precios de los factores, los costos totales se incrementarán, sin embargo, cada vez a un menor ritmo. Es de resaltar que los valores de los coeficientes se encuentran expresados en cambios o variaciones porcentuales y que el tipo de economías de escala se obtiene por medio de la elasticidad del costo total (E_c) con respecto a la producción (PINDYCK; RUBINFELD, 2009).

5. Resultados

Esta sección se divide básicamente en cuatro partes el cual consiste inicialmente en el análisis estadístico de los datos; seguido de pruebas de raíz unitaria con el objetivo de identificar la presencia/ausencia de estacionariedad en las variables exógenas; una posterior estimación de los parámetros, y una etapa final del diagnóstico de los resultados con el fin de validar el modelo seleccionado, así como identificar las economías de escala.

5.1. Análisis estadístico de los datos

La tabla 2 muestra los datos relacionados con los costos totales y los precios de los factores de producción del arroz en el departamento del Norte de Santander, Colombia. Se observa que el costo total de producción promedio para el período analizado (2000-2019) se estimó en \$ 5.477.744 por hectárea. Así mismo, los niveles de producción fluctuaron presentado un máximo de 150.147 y un mínimo de 115.431 ton. Por otra parte, las desviaciones estándares de los factores de producción permite determinar la no existencia de una gran variación del grado de dispersión de las variables con respecto a la media.

Tabla 2: Valores estadísticos

Variable	Media	Max	Min	Desviación estándar
CT	5.477.744	6.076.631	5.010.057	289.516
Q	150.147	196.559	115.431	26.883
PL	1.147.174	1.342.232	921.693	119.652
PK	1.235.628	1.518.643	1.034.794	122.742
PI	1.857.998	2.189.525	1.663.093	134.347
PA	1.248.245	1.475.561	932.658	135.789

Fuente: elaboración propia

5.2. Pruebas de raíz unitaria de las series

Para el análisis del comportamiento estacionario de las variables empleadas se aplicó las pruebas de raíz unitaria Aumentada de Dickey Fuller (ADF) (1979) y Phillips Perron (PP) (1988), así como, la prueba de estacionariedad de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin (KPSS) (1992). Los resultados en niveles para las pruebas ADF y PP, con términos constante y tendencia, permitió en su mayoría aceptar la existencia de raíz unitaria en las series (tabla 3). Es decir, para casi todas las variables los estadísticos calculados fueron menos negativos que los valores críticos establecidos por Mackinnon (1991).

Sin embargo, en primeras diferencias las variables resultaron significativas las cuales se confirmó con la prueba KPSS, donde en todos los casos, el valor estadístico fue menor al valor crítico para un nivel de significancia del 1%, 5% y 10%, así siendo, se concluye que las variables del modelo se encuentran integradas de orden I (1).

Tabla 3: Valores estadísticos y críticos para las pruebas ADF, PP y KPSS

Variable	Modelo	Nivel			1ª diferencia		
		ADF	PP	KPSS	ADF	PP	KPSS
Ln CT	Constante	-3,05**	-3,04**	0,35*	-4,26*	-4,87*	0,16*
	Constante & tendencia	-4,19**	-2,69	0,05*	-4,23**	-4,24**	0,08*
Ln Q	Constante	-2,65	-2,50	0,31*	-2,72**	-2,84**	0,31*
	Constante & tendencia	-2,82	-2,72	0,12*	-3,42*	-3,28*	0,12*
Ln PL	Constante	-1,89	-1,89	0,47*	-4,71*	-4,86*	0,12*
	Constante & tendencia	-2,70	-2,76	0,07*	-4,56*	-4,67*	0,11*
Ln PK	Constante	-3,21**	-2,32	0,11*	-2,77***	-4,47*	0,41*
	Constante & tendencia	-3,25	-1,99	0,12*	-2,61	-5,24*	0,32*
Ln PI	Constante	-2,68***	-2,71	0,22*	-5,38*	-4,58*	0,22*
	Constante & tendencia	-2,74	-2,49	0,06*	-5,10*	-4,38*	0,19*
Ln PA	Constante	-3,79*	-3,80**	0,60*	-6,58*	-12,72**	0,23*
	Constante & tendencia	-4,97*	-5,04*	0,10*	-6,32*	-11,64*	0,20*

(*) significativo a 1%; (**) significativo a 5%; (***) significativo a 10%.

Fuente: elaboración propia a partir de E-views@9

5.3. Estimación del modelo

Para el modelo propuesto se observa en la tabla 4 que los coeficientes individuales son estadísticamente significativos con probabilidades menores a 0,05; el F-estadístico ($F = 2,053$) de significación conjunta de los parámetros es diferente de cero; y el coeficiente de determinación (R^2) indica que 97% de las variaciones en el CT son explicadas por las variables incluidas en el modelo.

Tabla 4: Resultados de la estimación del modelo

Variable dependiente: Log CT			
Variable	Coefficiente	t-estadístico	probabilidad
Ln Q	0,105	14,176	0,000
Ln PL	0,116	30,843	0,000

Ln PK	0,227	37,529	0,000
Ln PI	0,336	44,725	0,000
Ln PA	0,216	31,390	0,000
C	1,365	8,643	0,000
R ²	0,971		
F-estadístico	2,053		
Prob (F-estad)	0,000		

Fuente: elaboración propia a partir de E-views®9

5.4 Pruebas de validez

Una vez estimados los parámetros se procedió a realizar un conjunto de pruebas con el fin de comprobar la validez de los resultados obtenidos. En este sentido, se utilizó el test de Breusch-Pagan-Godfrey y de White cuyo propósito fue identificar la presencia o no de heterocedasticidad. Los resultados indicaron que en ambas pruebas la probabilidad asociada al F-estadístico y al Chi-cuadrado fue superior a 0,05 por lo cual se confirmó que la varianza del error es constante con un nivel de confianza de 95% (tabla 5).

Tabla 5: Pruebas de heteroscedasticidad

Prueba	F-estadístico	Probabilidad	Chi-cuadrado	Probabilidad
Breusch-Pagan	1,76	0,369	5,91	0,314
White	1,19	0,359	5,99	0,306

Fuente: elaboración propia a partir de E-views®9

Con relación a la prueba de normalidad de Jarque Bera, donde se asume que el término de error sigue una distribución normal, los valores $JB = 1,05$ para una probabilidad asociada de 0,58 ($p > 0,05$) implica que los estimadores no sólo son los mejores estimadores insesgados pero también siguen distribuciones de probabilidad bien conocidas

Por otra parte, el estadístico Durbin-Watson de autocorrelación de los errores fue cercano a dos ($DW = 2,1$) por consiguiente, al contrastar dicho valor con los valores tabulados con un nivel de significancia del 5% se concluyó que los errores del modelo no están correlacionados. Esto se pudo corroborar con el correlograma Q-Stat el cual se observó que las probabilidades de los Q-stat son mayores a 0,05 ($p > 0,05$) y que las bandas laterales no exceden los límites establecidos (figura 4).

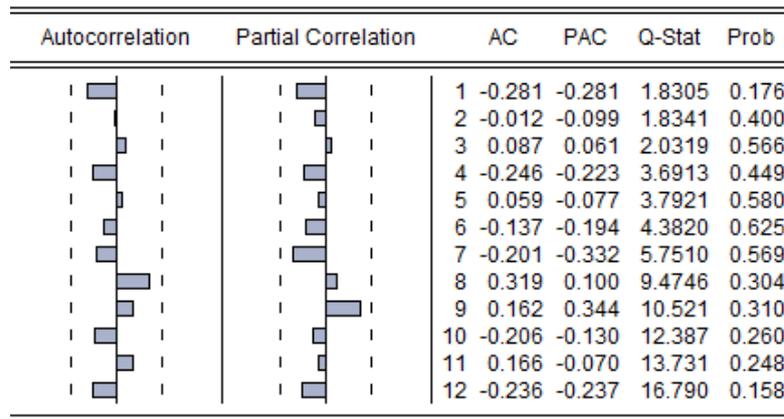


Figura 4: Correlograma de los Residuos

Fuente: elaboración propia a partir de E-views®9

Para el estudio de la estabilidad de los parámetros se efectuaron las pruebas CUSUM y CUSUMQ de los cuales señalan que los valores de los parámetros permanecieron sin cambios durante el periodo analizado. Es así que, en la figura 5 se puede apreciar un comportamiento creciente de los datos, asimismo, ninguno sobrepasa los admitidos por las bandas de confianza construidas en torno a la significancia del 5%.

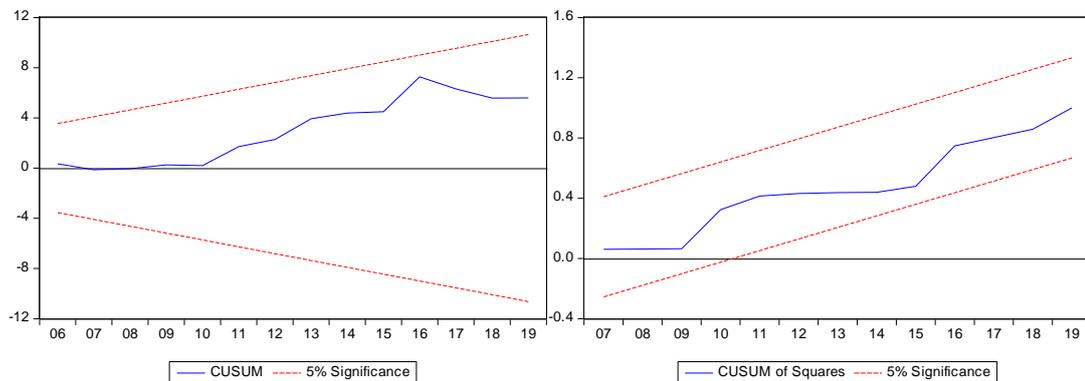


Figura 5: Pruebas CUSUM y CUSUMQ

Fuente: elaboración propia a partir de E-views®9

En conclusión, los resultados obtenidos para dichas pruebas validan las hipótesis del modelo propuesto quedando, así, especificado [4]:

$$\ln CT = 1,365 + 0,105 \ln Q + 0,166 \ln PL + 0,227 \ln PK + 0,336 \ln PI + 0,216 \ln PA \quad [4]$$

Los signos de todos los coeficientes presentan una relación positiva respecto a los costes totales de producción de arroz, como es de esperar en una función de costos. Al examinar las elasticidades se observa que el costo total es sensible a los cambios en los

niveles de producción y los precios de los factores. Es así que, ante un incremento en los niveles producción de un 1%, los costes aumentan en un 0.10%, *ceteris paribus*. De la misma forma si el precio del factor mano de obra aumenta en 1%, manteniendo los demás factores constantes, el CT aumenta en 0,11%. Además, a medida que el precio relativo del factor capital aumenta en 1% se produce un incremento de los costes totales en 0,22% y para los factores insumo y arriendo estos incrementos serían de 0,33% y 0,21%, respectivamente.

Asimismo, los resultados comprueban la existencia de economías de escala para la producción de arroz una vez que la elasticidad de costo con respecto a la producción ($E_c = 0,10$) es menor que 1. En consecuencia, los incrementos en la producción producen incrementos menos que proporcionales en los costos, permitiendo así, que los productores sean más eficientes en el uso de los recursos.

6. Conclusiones y Recomendaciones

En este trabajo se estimó una función de costos del arroz para la región de los Santanderes, Colombia. Los resultados del análisis econométrico utilizando la forma funcional Cobb-Douglas proporcionó evidencia de la presencia de economías de escala.

Las variables exógenas seleccionadas presentaron los signos esperados de acuerdo a lo planteado por la teoría económica, así como niveles de significancias superiores al 95%. En este sentido, de manera general, se puede destacar que las variables utilizadas poseen un poder explicativo relevante sobre los costos de la actividad agrícola seleccionada.

Asimismo, de acuerdo a la estructura del modelo utilizado, en el incremento de los costos de producción del arroz tienen efecto las variaciones de los factores de producción, siendo el insumo el de mayor representación. Por otra parte, se efectuaron pruebas de validez del cual se acepta el supuesto de normalidad, además, no se evidencian problemas de colinealidad, heteroscedasticidad y autocorrelación.

En este sentido, los hallazgos obtenidos en la presente investigación aportan evidencias empíricas que pueden ser de utilidad para los productores de arroz de la región, así como, los agentes de investigación y las instituciones reguladoras, siendo una herramienta que conlleve al uso más eficiente de los factores de producción. Sin embargo, se recomienda para futuros estudios incluir rubros como los costos de oportunidad del trabajo agrícola, así como los costos de depreciación del capital lo cual permitirá establecer con mayor exactitud la función de costos.

7. Referencias

ALBARRACÍN, M.; MENDOZA, I.; MONROY, R. Modelo para la diversificación y sofisticación del sector arrocero en el área metropolitana de Cúcuta. *Facultad de Derecho, Ciencia Política y Sociales, Ingenierías & Ciencias Económicas, Administrativas y Contables*, 2019.

ARISTIZÁBAL, C.; DUQUE, H. Determinación de economía de escalas en el proceso de beneficio del café en Colombia. *Cenicafé*, v. 57, n. 1, 2006, p. 17-30.

BECERRA, I et al. *Análisis situacional cadena productiva del arroz en Colombia*. Bogotá: Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, Ministerio de Agricultura, 2019.

BIDDLE, J. The introduction of the Cobb Douglas regression and its adoption by agricultural economists. *History of Political Economy*, v. 43 (suppl_1), 2011, p. 235-257.

CORPONOR. Corporación Autónoma Regional de la Frontera. *Plan estratégico ambiental regional, 2016-2035*, 2016. Disponible en <http://corponor.gov.co/es/index.php/politicas-planes-y-lineas-estrategicas/planes>.

DICKEY, D.; FULLER, W. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, v. 74, n. 1, 1979, p. 427-43.

DURAND-MORAT, A.; NALLEY, L.; MACLEAN G. The implications of red rice on food security, *Global Food Security*, v. 18, 2018, p. 62-75.

DURBIN, J.; WATSON, G. Testing for serial correlation in least squares regression, *Biometrika*, v. 37, n 3-4, 1950, p. 409-428.

FEDEARROZ. Federación Nacional de Arroceros. *Base de datos*. Disponible en <<http://www.fedearroz.com.co/new/index.php#>>

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Seguimiento del mercado de Arroz*, v.21, n. 1, 2018. Disponible en <<http://www.fao.org/economic/RMM/es>>

GAYLE, L. *Contabilidad y administración de costos*. México: McGraw-Hill, 1999.

HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, P. *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill. 2014.

KWIATKOWSKI, D.; PHILLIPS, P.; SCHMIDT, P.; SCHIN, Y. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are that economic time series have a unit root? *Journal of Econometrics*, v. 54, n. 1-3, 1992, p. 159-178.

MACKINNON, J. *Critical Values for cointegration test*. Oxford: Oxford University Press, 1991.

MACLEAN, J.; HARDY, B.; HETTEL, G. *Rice Almanac: Source Book for the Most Important Economic Activities on Earth*, Los Baños, Philippines, IRRI, 2013.

MARTÍNEZ, A. Estimación de una función de costos de producción en el cultivo del algodón en el Valle del Sinú. *Temas Agrarios*, v. 15, n.2, 2010, p. 75-82.

NICHOLSON, W. *Teoría microeconómica. Principios básicos y ampliaciones*. México, DF: Cengage Learning, 2008.

PHILLIPS, P.; PERRON, P. Testing for a unit root in time series regression, *Biometrika*, n. 75, 1988, p. 335-346

PINDYCK, R.; RUBENFELD, D. *Microeconomía*. Madrid, España, Pearson Education, 2009.

RAMÍREZ, A. Análisis de eficiencia económica de fincas arroceras: una aplicación de una función determinística de ingresos brutos frontera. *Revista Lebret*, n. 5, 2013, p. 213-240.

RIDO T. Factors Affecting Cost Efficiency of Cambodian Rice Farming Household. *Forum of International Development Studies*, 2014.

ROJAS R. *Sistemas de costos un proceso para su implementación*. Manizales, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, 2017.

VALENCIA G.; RINCÓN, A. *Contabilidad con aproximación a las normas internacionales de costos*. Cali, Colombia: ECOE Ediciones, 2014.