

2 EQUILIBRIO DEL MERCADO DE ARROZ EN COLOMBIA EN EL PERIODO 1970-2013

BALANCE OF THE RICE MARKET IN COLOMBIA IN THE PERIOD 1970-2013

Autor(es):

Alfredo R. Anaya Narváez¹
Carlos Fernando Doria Sierra²
Darío Domínguez Cajeli³

RESUMEN

El propósito de este trabajo es establecer las funciones de oferta y demanda de arroz blanco en Colombia, bajo condiciones de equilibrio del mercado, a través de la estimación de los modelos econométricos correspondientes al periodo 1970-2013 con base en la información secundaria de corte longitudinal. Para lograr lo anterior, se estimará un modelo de ecuaciones simultaneas con variables en logaritmos, mediante los métodos de Mínimos Cuadrados Indirectos (MCI) y los Mínimos Cuadrados en Dos Etapas (MC2E), previa la identificación de las ecuaciones del modelo y solucionando los posibles problemas de autocorrelación y heteroscedasticidad que se detecten. Además, dado el hecho de que en el proceso de estimación del modelo de equilibrio se utilizarán los precios de arroz blanco, se realizará un análisis de cointegración para los precios del arroz blanco y paddy con la correspondiente determinación del Modelo de Corrección de Error (MCE). Los resultados permiten establecer las funciones de demanda y oferta en Colombia, así como sus elasticidades, sin embargo, el uso del precio de arroz blanco para estimar la función de oferta es la causa de la no significancia estadística del coeficiente de precios en dicho modelo, dado que el ajuste entre los precios del arroz blanco y arroz paddy toma de 7 a 9 meses según el modelo MCE.

Palabras clave: Equilibrio, oferta, demanda, arroz, ecuaciones simultaneas, cointegración.

ABSTRACT

The purpose of this work is to establish the supply and demand functions of white rice in Colombia, under market equilibrium conditions, through the estimation of econometric models corresponding to the period 1970-2013 based on longitudinal secondary information. To achieve the above, a simultaneous equations model with variables in logarithms will be estimated, using the Indirect Least Squares (ISM) and Two-Stage Least Squares (2SLS) methods, after identifying the equations of the model and solving the possible problems of autocorrelation and heteroscedasticity that may be detected. In addition, given the fact that white rice prices will be used in the equilibrium model estimation process, a

¹ Matemático, Magister en Economía, Doctor en Ciencias Económicas. Docente investigador de la Universidad de Córdoba. Grupo de investigación GIDES. Correo aranaya@correo.unicordoba.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-2392-6880>

² Economista, Magister en Economía. Docente investigador de la Universidad de Córdoba. Grupo de investigación GIDES. Correo cdorias@correo.unicordoba.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-5755-9142>

³ Matemático, Magister en Economía y docente-Investigador Universidad Militar Nueva Granada; Correo dario.dominguez@unimilitar.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-6635-1968>

Balance of The Rice Market in Colombia In the Period 1970-2013

cointegration analysis will be carried out for white and paddy rice prices with the corresponding determination of the Error Correction Model (VEC).

Keywords: Equilibrium, supply, demand, rice, simultaneous equations, cointegration.

INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo es establecer las funciones de oferta y demanda de arroz blanco en Colombia, bajo condiciones de equilibrio del mercado, a través de la estimación de los modelos econométricos correspondientes al periodo 1970-2013 con base en la información histórica proporcionada por Fedearroz (2020). El arroz blanco, es un bien considerado esencial por los hogares colombianos, dada la cultura de consumo de alimentos según la cual en cada plato de comida de la mesa de estos hogares en general, no debe faltar el arroz, lo que se confirma con las altas cifras de consumo per cápita⁴, por lo cual su estudio resulta de gran importancia.

Se trata entonces de estimar un modelo de ecuaciones simultáneas, en el cual las ecuaciones que conforman dicho modelo, en este caso las ecuaciones de oferta y demanda se conocen como ecuaciones estructurales (Gujarati & Porter, 2010) y sus coeficientes se denominan parámetros estructurales. Para lograr lo anterior, se utilizarán las técnicas econométricas recomendadas para estimar ecuaciones simultáneas, que son los Mínimos Cuadrados Indirectos (MCI), y los Mínimos Cuadrados en Dos Etapas (MC2E). El uso del método MCI implica estimar primero mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) las ecuaciones en forma reducidas del modelo para posteriormente establecer los parámetros estructurales, en tanto que usando el MC2E se estiman directamente tales parámetros mediante dos aplicaciones sucesivas de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

La aplicación de estos métodos o técnicas exige que cada ecuación estructural, así como también el sistema en general este identificado (exactamente identificado o sobre identificado), pues en caso contrario no es posible utilizarlas. La identificación depende esencialmente del número de variables endógenas y exógenas del modelo, en el sentido de que sean suficientes para poder establecer o distinguir el modelo de oferta del de demanda (Wooldridge, 2015).

Luego se aplicarán una serie de pruebas que permitan detectar la posible presencia de Heteroscedasticidad (prueba de White) y Autocorrelación [Breusch-Godfrey (BF) también denominada LM] y realizar procedimientos

para eliminar tales problemas y validar los resultados. Por último, se realizará un análisis de Cointegración, para lo cual se hará uso de las pruebas Dickey-Fuller Aumentada (ADF) y Phillips-Perrón (PP), así como también se establecerá el Modelo de Corrección de Errores (MCE) para las variables: precio de arroz blanco y precio de arroz paddy, dada la circunstancia concreta de que los precios de referencia para estimar la ecuación de oferta serán los de arroz blanco y no los de arroz paddy que se utilizan cuando se trata de la estimación independiente e individual de oferta y no de dentro de un modelo de equilibrio en el cual la función de oferta es una de las tres ecuaciones participantes en el mismo.

Los resultados permiten establecer las funciones de demanda y oferta en Colombia, así como sus elasticidades, precio de la demanda, precio de la oferta, ingreso de la demanda y costos de la oferta. Sin embargo, también los resultados muestran que el precio de arroz blanco para estimar la función de oferta resultó no ser estadísticamente significativo con una confianza del 95%, debido al tiempo de 7 a 9 meses que toma el ajuste entre los precios del arroz blanco y los precios del arroz paddy, que son los precios de referencia del productor. Este tiempo en el ajuste fue posible determinarlo con los resultados del modelo MCE.

El estudio del arroz en Colombia resulta de una gran importancia, por cuanto al ser un alimento básico de la mayoría de los hogares colombianos, el precio del mercado es una variable clave que afecta la canasta básica familiar que puede impactar de manera negativa los indicadores de pobreza y miseria, tal como lo aseguran Ramírez & Gómez (2013):

Un incremento en el precio del arroz de 20% resulta en un aumento de más de 400,000 personas bajo la línea de pobreza y más de 100,000 personas adicionales cayendo bajo la línea de indigencia. Debido a la distribución de hogares entre sectores urbanos y rurales, este efecto afecta principalmente al sector rural. (p.8).

El arroz en Colombia

El proceso del arroz blanco en Colombia (y tal vez en algunas otras partes) se puede resumir de la siguiente manera: El primer paso para su obtención consiste en la siembra del cultivo que arroja como resultado el arroz

⁴ <http://www.skyscraperlife.com/latin-bar/89268>

paddy también llamado arroz verde, que es realmente el producto que ofrece el empresario (agricultor) el cual vende a los molinos que se encargan de procesarlo para obtener el arroz blanco. De esta manera, el productor (agricultor) vende o comercializa el arroz paddy a determinados precios del mercado de ese producto acordados con los molineros, es decir, en principio esto implica que no tiene en cuenta el precio del arroz blanco al consumidor para efectos de determinar la cantidad que va a producir. Posteriormente, el molino o empresa que compra el arroz paddy lo somete a un proceso de secado y luego lo descascara para obtener tanto el arroz blanco como algunos subproductos como la harina y la cascarilla, y por último, empaqueta el arroz blanco y lo comercializa, generalmente a los mayoristas quienes a su vez lo venden a los consumidores.

Como se dijo antes, en este trabajo se partirá del supuesto de que el arroz en Colombia es un bien básico que no es fácilmente sustituible por lo cual los precios de los demás productos que pudieran considerarse sustitutos no serán tenidos en cuenta. La posición asumida en este trabajo de no utilizar precios de los productos sustitutos del arroz, dada la importancia de su consumo en Colombia, se sigue del análisis de consumo anual per cápita (en Kg) de arroz en Colombia en el contexto latinoamericano (ver Tabla 1), en la que se observa que Colombia supera en consumo a la mayoría de los países (en este caso 7 países), duplicando el consumo per cápita en Bolivia, y sobrepasando por más de 5 veces los de Chile, Argentina y México.

Por tanto, el arroz en Colombia es un bien considerado básico (Samuelson & Nordhaus, 2010) que no se sustituye fácilmente en la mesa de los colombianos por la cultura de su consumo. Debe anotarse, sin embargo, que algunos autores consideran que, dados los favorables precios del trigo de las últimas dos décadas, este producto se puede considerar un producto sustituto del arroz en Colombia (Martínez Covalada & Acevedo Gaitán, 2005).

A esta posición se suma lo establecido por Chica, Tirado & Barreto (2016) quienes sostienen que: “los indicadores de competitividad para la producción de arroz en Colombia demuestran su no participación en el mercado mundial de arroz y su frágil posición en el mercado nacional” (p.13). Complementariamente, se confirma la falta de competitividad del sector arrocero colombiano según lo indicado por Ramírez & Gómez (2013) quienes afirman que:

El precio del arroz blanco en Colombia ha sido históricamente superior al precio del arroz en países vecinos y de ingresos comparables como Ecuador y Perú. Esta diferencia aumentó considerablemente a partir de 2009. En el 2012, el precio en Colombia era 63% más alto que en Ecuador y Perú. (p.8).

Todo ello muy a pesar de Colombia, según la ONU - FAO (2017) se ubica como el segundo de los países miembros de la Comunidad Andina de Naciones con mejor rendimiento por hectárea en el cultivo de arroz paddy.

Las funciones de Demanda y Oferta

La teoría microeconómica establece que la cantidad demandada de un bien, en términos generales depende de los precios del bien, el ingreso de los consumidores, los precios de bienes sustitutos y complementarios si existen (bienes relacionados), los gustos, la población e influencias especiales. De igual manera la cantidad ofrecida depende de la tecnología para el control de costos, el precio de los insumos, los precios de bienes sustitutos y complementarios si existen (bienes relacionados), la política gubernamental e influencias especiales (Samuelson & Nordhaus, 2010).

En el caso del presente trabajo, se consideraran, para explicar el comportamiento de las cantidades demandadas (QD), las variables precio del bien (P) y los ingresos de los consumidores (Y), dejando de lado tanto los gustos como los precios de bienes relacionados dadas las consideraciones hechas antes acerca de la cultura de consumo de arroz blanco en Colombia, así como también no se incorporaran las variables población e influencias especiales (como expectativas) dado el bien objeto de estudio.

Para el caso de las cantidades ofrecidas (u ofertadas) (QO) se considerarán como variables explicativas los precios del bien (P) y los costos de producción (CO), esta última variable que recoge los efectos de la tecnología y el precio de los insumos. Así, los modelos matemáticos lineales de las funciones de demanda y oferta quedan:

Tabla 1

Consumo per cápita de arroz blanco en Kg. (Cifras del año 2009)

Posición	País	Consumo
1	Colombia	48,70
2	Perú	48,70
3	Brasil	34,60
4	Venezuela	32,10
5	Bolivia	25,60
6	Chile	9,30
7	Argentina	7,90
8	México	5,80

Fuente: <http://www.skyscraperlife.com/latin-bar/89268>

Balance of The Rice Market in Colombia In the Period 1970-2013

$$QDt = \alpha_0 + \alpha_1 Pt + \alpha_2 Yt, \text{ con } \alpha_1 < 0 \text{ y } \alpha_2 > 0 \quad (\text{ii})$$

$$QOt = \beta_0 + \beta_1 Pt + \beta_2 COt, \text{ con } \beta_1 > 0 \text{ y } \beta_2 < 0 \quad (\text{iii})$$

El equilibrio del mercado se logra cuando se establece un nivel de precios (P) que genere la situación de que $QDt = QOt$.

Dentro de las ecuaciones (ii) y (iii) las variables también pueden expresarse en forma de logaritmos naturales (L), quedando así:

$$LQDt = \alpha_0 + \alpha_1 LPt + \alpha_2 LYt, \text{ con } \alpha_1 < 0 \text{ y } \alpha_2 > 0 \quad (\text{iv})$$

$$LQOt = \beta_0 + \beta_1 LPt + \beta_2 LCOt, \text{ con } \beta_1 > 0 \text{ y } \beta_2 < 0 \quad (\text{v})$$

En este caso, los coeficientes α_1 , α_2 , β_1 y β_2 son las elasticidades: precio de la demanda, ingreso de la demanda, precio de la oferta y costo de la oferta respectivamente y se interpretan como la variación porcentual que sufren las cantidades (demandadas y ofrecidas) cuando los precios, el ingreso o los costos varían 1%, ceteris paribus (Nicholson & Snyder, 2015).

METODOLOGÍA

Por lo anterior, las funciones de demanda y oferta que se tratarán en este trabajo incluyen las variables: cantidad demanda de arroz blanco (QD), precio del arroz blanco (P) e ingresos del consumidor (Y) por el lado de la demanda; en tanto que por el lado de la oferta serán: cantidades ofrecidas de arroz blanco (QO), precios del arroz blanco (P) y costos de producción (CO). Por supuesto, se considerará la condición de equilibrio cantidades demandadas = cantidades ofrecidas.

De esta manera, las ecuaciones econométricas estructurales de demanda y oferta del modelo de equilibrio de mercado de arroz blanco en Colombia, serán las que se enuncian a continuación (1), (2) y (3) expresadas en logaritmos naturales, teniendo en cuenta las ventajas de las propiedades de esa función con las cuales se reducen los problemas de heteroscedasticidad y autocorrelación, por cuanto esta función comprime las escalas en las cuales se miden las variables y por tanto reduce una diferencia de dos valores de 10 veces a una diferencia de 2 veces (Gujarati & Porter, 2010).

$$LQDt = \alpha_0 + \alpha_1 LPt + \alpha_2 LYt + \varepsilon_{1t} \quad (1)$$

$$LQOt = \beta_0 + \beta_1 LPt + \beta_2 LCOt + \varepsilon_{2t} \quad (2)$$

$$LQDt = LQOt \quad (3)$$

Otra ventaja de utilizar modelos logarítmicos (doble log) es que los coeficientes parciales de las pendientes (α_i y β_i , $i=1,2$) miden las elasticidades, es decir, dan los cambios porcentuales de la variable dependiente (regresada) ante un cambio porcentual de cada regresora, ceteris paribus. Se anota igualmente que en este trabajo no se considerara el denominado fenómeno de la telaraña (Gujarati & Porter, 2010) según el cual funciones de oferta de productos agrícolas obedecen a precios del periodo anterior y no a precios del periodo de producción (actual), lo cual obligaría a postular la función de oferta de la siguiente manera:

$$LQOt = \beta_0 + \beta_1 LPt_{-1} + \beta_2 LCOt + \varepsilon_t \quad (4)$$

Esa consideración no se hará en este trabajo por cuanto como se dijo antes, los precios que se utilizarán para determinar la oferta serán los precios del arroz blanco y no del paddy (en cuyo caso valdría la pena acoger este modelo). Sin embargo, la relación entre el precio del arroz blanco y del arroz paddy será motivo de análisis más adelante en este trabajo, y se tomaran en cuenta los resultados que se produzcan por cuanto ayudan en la explicación de las estimaciones de la oferta.

Métodos de estimación de los modelos

Los métodos que se utilizarán para estimar el modelo y sus ecuaciones estructurales serán el MCI y el MC2E. Para aplicar el primero de ellos (MCI) se formulan las ecuaciones en forma reducida del modelo para lo cual se utiliza la condición de equilibrio según (3), con lo cual se tiene:

$$LQDt = LQOt, \text{ y por tanto, } \alpha_0 + \alpha_1 LPt + \alpha_2 LYt + \varepsilon_{1t} = \beta_0 + \beta_1 LPt + \beta_2 LCOt + \varepsilon_{2t} \quad (5)$$

Al resolver para LPt se obtiene el precio de equilibrio:

$$LP^E = \Pi_0 + \Pi_1 LYt + \Pi_2 LCOt + V_t \quad (6)$$

Y al reemplazar (6) en (1) se obtiene la cantidad de equilibrio:

$$LQ^E = \Pi_3 + \Pi_4 LYt + \Pi_5 LCOt + W_t \quad (7)$$

Las ecuaciones (6) y (7) se denominan ecuaciones en forma reducida, donde los parámetros se expresan según lo indica el sistema de ecuaciones denominadas (8):

$$\Pi_0 = \frac{\beta_0 - \alpha_0}{\alpha_1 - \beta_1}$$

Balance of The Rice Market in Colombia In the Period 1970-2013

$$\begin{aligned} \Pi_1 &= \frac{\beta_2}{\alpha_1 - \beta_1} \\ \Pi_2 &= -\frac{\alpha_2}{\alpha_1 - \beta_1} \\ \Pi_3 &= \frac{\alpha_1 \beta_2}{\alpha_1 - \beta_1} \\ \Pi_4 &= -\frac{\alpha_2 \beta_1}{\alpha_1 - \beta_1} \\ \Pi_5 &= \frac{\alpha_1 u_{2t} - \beta_1 u_{1t}}{\alpha_1 - \beta_1} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= \Pi_3 - \alpha_1 \Pi_0 &= 38.82 \\ \alpha_1 &= \Pi_5 / \Pi_2 &= -1.83 \\ \alpha_2 &= \Pi_4 - (\Pi_1 \Pi_5 / \Pi_2) &= 0.69 \\ \beta_0 &= \Pi_3 - \beta_1 \Pi_0 &= 19.37 \\ \beta_1 &= \Pi_4 / \Pi_1 &= 0.60 \\ \beta_2 &= \Pi_5 - (\Pi_2 \Pi_4 / \Pi_1) &= -1.09 \end{aligned} \quad (10)$$

$$V_t = \frac{u_{2t} - u_{1t}}{\alpha_1 - \beta_1} \quad (8)$$

$$\Pi_4 = \frac{\alpha_1 \beta_2}{\alpha_1 - \beta_1}$$

$$\Pi_5 = -\frac{\alpha_2 \beta_1}{\alpha_1 - \beta_1}$$

$$W_t = \frac{\alpha_1 u_{2t} - \beta_1 u_{1t}}{\alpha_1 - \beta_1}$$

Se conforma así un sistema de 6 ecuaciones con 6 incógnitas ($\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \beta_0, \beta_1, \beta_2$) por lo cual tanto las ecuaciones como el modelo en general están exactamente identificados y tiene una solución única, con los siguientes resultados que muestra el sistema de la ecuación (9):

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= \Pi_3 - \alpha_1 \Pi_0 \\ \alpha_1 &= \Pi_5 / \Pi_2 \\ \alpha_2 &= \Pi_4 - (\Pi_1 \Pi_5 / \Pi_2) \\ \beta_0 &= \Pi_3 - \beta_1 \Pi_0 \\ \beta_1 &= \Pi_4 / \Pi_1 \\ \beta_2 &= \Pi_5 - (\Pi_2 \Pi_4 / \Pi_1) \end{aligned} \quad (9)$$

RESULTADOS

Por lo anterior, es posible aplicar los métodos MCI y MC2E para estimar las ecuaciones y el modelo de equilibrio. Por ello, lo que se hará a continuación es la estimación de las ecuaciones en forma reducida (6) y (7) para determinar los Π_i y luego proceder a calcular los α_i y β_i . Utilizando Eviews10 y aplicando el método MCI se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2
Resultados de regresión MCI

Variable dependiente	LP	LQD	LQO
Intercepto	8.210773*	23.79811*	24.30316*
LY	0.186285***	0.351474**	0.111979**
LCO	0.442853*	-0.810412*	-0.823025*

(*) = Sig 1% - (**) = Sig 5% - (***) = Sig 10% - (+) No Sig

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de Eviews10 (2020)

Aplicando el sistema de ecuaciones (9) a estos resultados obtenidos mediante Eviews10 se tienen los resultados del conjunto de valores congregados en la ecuación (10):

Debe anotarse seguidamente que, de conformidad con los resultados de las regresiones realizadas, los modelos, globalmente considerados, son estadísticamente significativos, dados los valores de F y sus correspondientes probabilidades las cuales son inferiores a 0.05, lo que valida el modelo al poderse rechazar la H_0 : Todos los coeficientes son iguales a cero (Green, 1998).

De la misma forma, todos los coeficientes de manera individual son estadísticamente significativos con un máximo de 10% de significancia, dada la probabilidad de cada uno de los estadísticos t que son inferiores a 0.1, con excepción del coeficiente de LY_t de la última ecuación estimada (LQOt), por lo que se hace necesario revisar más detenidamente (se hará más adelante) la función de oferta, donde se concluirá que los precios del arroz blanco inducen el error de esta estimación y se introducirán los correctivos pertinentes.

Esta última ecuación presenta igualmente un estadístico Durbin-Watson de 0.6 lo que indica una posible presencia de autocorrelación negativa de los residuos de la regresión, por lo que también más adelante se introducirán los correctivos del caso. Así las cosas, las funciones de Demanda y Oferta de equilibrio de Arroz blanco en Colombia son:

$$\widehat{LQD}_t = 38.82 - 1.83LP_t + 0.69LY_t \quad (11)$$

$$\widehat{LQO}_t = 19.37 + 0.60LP_t - 1.09LCO_t \quad (12)$$

Ellas serán revaluadas más adelante, de conformidad con las pruebas adicionales que se le realizarán, para establecer sus valores definitivos, para lo cual iniciaremos aplicando la estimación de las mismas por el método MC2E mediante Eviews10, con el cual se obtienen los resultados de la tabla 3:

Tabla 3
Resultados de regresión MC2E

Variable dependiente	LQD		LQO	
Intercepto	38.82365*	38.82365*	19.36754***	19.70482*
LP	-1.829980*	-1.829980*	0.601114**	0.306045+
LY	0.692371*	0.692371*	-	-
LCO	-	-	-1.089230*	-0.788097*

(*) = Sig 1% - (**) = Sig 5% - (***) = Sig 10% - (+) No Sig

1/ Corregidos por heteroscedasticidad

2/ Corregidos por heteroscedasticidad y autocorrelación

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de Eviews10 (2020)

Cointegración y Modelo de corrección de Errores

Estos resultados revelan que para la función de demanda, como quiera que la probabilidad asociada a la distribución Chi cuadrado es inferior a 0.05 se detectan problemas de heteroscedasticidad en el modelo, por lo que se procede a estimar el modelo de demanda nuevamente utilizando el método MCO consistente con heteroscedasticidad y el problema queda resuelto al disminuirse los valores de los errores estándar con iguales valores para los coeficientes estimados, por lo que la ecuación estimada de la función de demanda queda como se establece en la ecuación (11).

Para la función de oferta, y considerando que la probabilidad asociada a Chi cuadrado es superior a 0.05 no se detectan problemas de heteroscedasticidad en el modelo. Ahora, al aplicar la prueba Breusch-Godfrey (BF) también llamada prueba LM para detectar autocorrelación, se confirma que lo más probable es que se esté ante un comportamiento de media móvil de orden 1, es decir de un MA(1) y se procede a corregir el problema.

Así las cosas, los valores estimados del modelo quedan agrupados en la ecuación (13) de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= \Pi_3 - \alpha_1 \Pi_0 &= 38.82 \\ \alpha_1 &= \Pi_5 / \Pi_2 &= -1.83 \\ \alpha_2 &= \Pi_4 - (\Pi_1 \Pi_5 / \Pi_2) &= 0.69 \\ \beta_0 &= \Pi_3 - \beta_1 \Pi_0 &= 19.70 \\ \beta_1 &= \Pi_4 / \Pi_1 &= 0.306 \\ \beta_2 &= \Pi_5 - (\Pi_2 \Pi_4 / \Pi_1) &= -0.788 \end{aligned} \quad (13)$$

Y por tanto las funciones de demanda y oferta de equilibrio de arroz blanco en Colombia son:

$$\widehat{LQDt} = 38.82 - 1.83LPt + 0.69LYt \quad (14)$$

$$\widehat{LQOt} = 19.37 + 0.31LPt - 0.79LCOt \quad (15)$$

La explicación sobre la no significancia estadística del coeficiente de los precios en la ecuación de la oferta, probablemente se deba a que en dicha ecuación se utilizan los precios del arroz blanco en lugar de los precios del arroz paddy que efectivamente se le pagan al productor. Para demostrar tal situación, primero se confirmará mediante un modelo de Cointegración que entre estos dos conjuntos de precios existe una relación estable de largo plazo, por lo cual se puede utilizar uno en lugar de otro. Pero igualmente se demostrará, utilizando el Modelo de Corrección de Errores (MEC), que el precio del arroz blanco tarda entre 7 y 9 meses en reaccionar ante cambios del precio paddy, lo cual conduce a confirmar el desajuste presentado en la ecuación de oferta.

Teniendo en cuenta que para ajustar el modelo de equilibrio del mercado del arroz se utilizarán los precios del arroz blanco en Colombia (PBLANCOS), y considerando que los productores (oferta) basan sus actuaciones y decisiones en los precios del arroz paddy (PPADDY) también llamado arroz verde que son los que ellos producen y comercializan, se hace necesario establecer la relación que estas dos variables tienen en el tiempo.

Para ello se realizará un análisis de Cointegración y posteriormente se estimará un Modelo de Corrección de Errores (MEC) también llamado Vector de Corrección de Errores (VEC). Para saber si las dos variables están cointegradas se debe primero establecer si ellas de manera individual tienen raíces unitarias, por lo que seguidamente se aplicarán las pruebas Augmented Dickey-Fuller (ADF) y Phillips-Perrón (PP) con los resultados de la tabla 4 mediante el software Eviews10 (Dickey & Fuller, 1981).

Tabla 4
Pruebas de estacionariedad de cada variable

Variable	Augmented Dickey-Fuller		Phillips-Perron test statistic	
	t-Statistic	Prob.*	t-Statistic	Prob.*
PBLANCOS	-1.230909	0.6612	-1.266598	0.6451
PPADDY	-1.595575	0.4831	-1.670658	0.4447

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de Eviews10 (2020)

En el caso de la variable PBLANCOS, la primera prueba utilizando Augmented Dickey-Fuller (ADF) indica que no se puede rechazar la Hipótesis nula de presencia de raíz unitaria por cuanto el valor del estadístico t es lo suficientemente bajo para que la probabilidad $0.6612 > 0.05$ ($\alpha = 5\%$), por lo que la conclusión es que la serie PBLANCOS no es estacionaria.

Para esta misma variable la prueba Phillips-Perron (PP) indica lo mismo, ya que no se puede rechazar la Hipótesis nula de presencia de raíz unitaria por cuanto el valor del estadístico t es lo suficientemente bajo para que la probabilidad $0.6451 > 0.05$ ($\alpha = 5\%$), por lo que la conclusión es que la serie PBLANCOS no es estacionaria.

En lo atinente a la variable PPADDY, la primera prueba utilizando Augmented Dickey-Fuller (ADF) indica que no se puede rechazar la Hipótesis nula de presencia de raíz unitaria por cuanto el valor del estadístico t es lo

suficientemente bajo para que la probabilidad $0.4831 > 0.05$ ($\alpha= 5\%$), por lo que la conclusión es que la serie PPADDY no es estacionaria. Para esta misma variable la prueba Phillips-Perrón (PP) indica lo mismo ya que no se puede rechazar la Hipótesis nula de presencia de raíz unitaria por cuanto el valor del estadístico t es lo suficientemente bajo para que la probabilidad $0.4437 > 0.05$ ($\alpha= 5\%$), por lo que la conclusión es que la serie PADDY no es estacionaria. Por tanto, las series de tiempo PBLANCOS_t y PPADDY_t individualmente consideradas son no estacionarias.

Ecuación de cointegración

Para efectos de saber si las variables PBLANCOS_t y PPADDY_t están cointegradas al tenor de lo preceptuado por Granger (1983), el primer paso consiste en estimar el modelo dado en (16) para luego analizar los residuos. En caso de que los residuos sean ruido blanco se confirma que las dos variables están cointegradas, es decir ellas presentan una relación estable de largo plazo, o equivalentemente comparten tendencias estocásticas (Montenegro García, 2007).

$$PBLANCOS_t = a_1 + a_2*PPADDY_t + \epsilon_t \tag{16}$$

Los resultados que muestra Eviews10 de la estimación de este modelo son los de la tabla 5:

Tabla 5
Resultados de regresión con variable dependiente PBLANCOS

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	7831.396	26344.48	0.297269	0.7665
PPADDY	2.315711	0.038908	59.51743	0.0000

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de Eviews10 (2020)

Ahora se procede a examinar, en aplicación del procedimiento de Engle & Granger (1987), si los residuos de esta regresión son ruido blanco, mediante las pruebas ADF y PP, con los resultados que se muestran en la tabla 6 sobre la serie E, que fue el nombre que se les asignó a los residuos de la regresión $PBLANCOS_t = a_1 + a_2*PPADDY_t + \epsilon_t$.

Tabla 6
Resultados de pruebas de raíz unitaria de los residuos

Variable	Augmented Dickey-Fuller		Phillips-Perron test statistic	
	t-Statistic	Prob.*	t-Statistic	Prob.*
E	-3.944369	0.0021	-4.033314	0.0015

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de Eviews10 (2020)

La serie de los residuos de la regresión $PBLANCOS_t = a_1 + a_2*PPADDY_t + \epsilon_t$ no tienen raíz unitaria, es decir son ruido blanco por cuanto el valor del estadístico t (en ambas pruebas) es lo suficientemente alto (en términos absolutos) para que la probabilidad 0.0021 y $0.0015 < 0.05$ ($\alpha= 5\%$), por lo que la conclusión es que los residuos no tienen raíz unitaria.

Sin embargo, los residuos de PBLANCOS_t y PPADDY_t resultaron tener raíz unitaria, por lo que cada serie resultó ser no estacionaria. De acuerdo con esto, concluimos entonces que nuestra regresión SI es válida y que la Cointegración entre PBLANCOS_t y PPADDY_t SI existe, porque individualmente cada variable considerada es no estacionaria, pero los residuos de la regresión entre ambas son ruido blanco y además el coeficiente de la pendiente resultó ser estadísticamente significativo al 95% de confianza, por cuanto el valor del estadístico t es de 59.51743 con una probabilidad $0.000 < 0.05$, y se puede rechazar $H_0: \beta=0$.

Ya que se demostró la Cointegración entre las variables PBLANCOS_t y PPADDY_t, por lo cual se considera la conformación de un modelo Vector de Correcciones de Error (VEC por sus siglas en ingles) y se estima según la metodología propuesta por Johansen (1988).

Es necesario explicar que el VEC, también denominado Modelo de Corrección de Errores (MCE) es el resultado del conocido Teorema de Representación de Granger; y su relación con el concepto de Cointegración fue introducida por Engle y Granger (1987). Esta relación se expresa así: Si dos variables B y P están cointegradas, entonces debe existir un mecanismo de corrección de error, una especie de estabilizador automático que preserve el equilibrio. El MCE consiste en una regresión que combina la información de largo plazo contenida en la Cointegración (o relación de equilibrio), con la información de corto plazo contenida en las variaciones de B y P (Montenegro García, 2007). Para el caso que se está analizando, el MCE es:

$$\Delta B_t = \alpha + \delta \Delta P_t + \rho(B_{t-1} - \hat{a}_1 - \hat{a}_2 P_{t-1}) + \epsilon_t = \alpha + \delta \Delta P_t + \rho \hat{E}_t + \epsilon_t \tag{17}$$

En el caso que nos ocupa $B=PBLANCOS$ y $P=PPADDY$

El modelo dado en (17), expresa el cambio presente de la variable dependiente como una función lineal de los cambios en la(s) variable(s) explicativa(s) y del término de Corrección de Error (CE). El coeficiente ρ del término de Corrección de Error (CE) representa la velocidad de convergencia entre el corto y el largo plazo, por lo cual, una vez ajustado el MCE dado por la ecuación (17) se

Balance of The Rice Market in Colombia In the Period 1970-2013

puede medir la fuerza de la validez del modelo $PBLANCOS_t = a_1 + a_2 * PPADDY_t + \epsilon_t$ a largo plazo.

Para este caso concreto se omitió el término $\hat{\alpha}_1$ por cuanto resultó no ser estadísticamente significativo por tener $t=0.29$ muy bajo y probabilidad = 0.76. Por lo que la estimación de (16) queda:

$$PBLANCOS_t = 2.31 * PPADDY_t + \hat{\epsilon}_t \quad (18)$$

$$\text{De donde: } \hat{\epsilon}_t = PBLANCOS_t - 2.31 * PPADDY_t \quad (19)$$

Por tanto, de la Tabla 7 se sigue que la estimación de la ecuación (17) por MCO es:

$$\Delta \widehat{PBLANCOS}_t = -7284.66 + 0.74 * \Delta PPADDY_t - 0.18 * (PBLANCOS_{t-1} - 2.31 * PPADDY_{t-1}) \quad (20)$$

Tabla 7

Resultados de regresión con variable dependiente D(PBLANCOS)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-7284.667	7319.892	-0.995188	0.3208
D(PPADDY)	0.744594	0.065781	11.31929	0.0000
PBLANCOS(-1)	-0.180238	0.018909	-9.531838	0.0000
PPADDY(-1)	0.439423	0.044968	9.771910	0.0000

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de Eviews10 (2020)

La ecuación (20) indica que el incremento de un peso en el precio del arroz paddy tendrá el efecto de un incremento de 0.74 centavos en el precio del arroz blanco, en tanto que el precio del arroz blanco responderá mediante un aumento de un total de 2.31 puntos, repartidos en periodos de tiempo (años) futuros a una tasa de 18% por periodo de tiempo. Este último resultado indica que la velocidad de ajuste de los cambios en el precio del arroz paddy en los precios del arroz blanco no es instantáneo, sino que pueden tomar algunos meses, en este caso las simulaciones establecen lapsos entre 7 y 9 meses que se requieren para tal ajuste. Con esas consideraciones se aceptan las ecuaciones (14) y (15) como las funciones de equilibrio de demanda y oferta de arroz blanco en Colombia.

CONCLUSIONES

1. Las funciones estimadas de Demanda y Oferta de equilibrio de Arroz blanco en Colombia para el periodo 1970-2013 son:

$$\widehat{LQD}_t = 38.82 - 1.83LP_t + 0.69LY_t$$

$$\widehat{LQO}_t = 19.37 + 0.31LP_t - 0.79LCO_t$$

2. Los estimadores de los parámetros estructurales tienen los signos que se esperaban de conformidad con la teoría económica. Resultaron además ser estadísticamente significativos a nivel individual con excepción del coeficiente del precio de la ecuación de oferta, de acuerdo con los valores del estadístico t. De la misma manera, de conformidad con el estadístico F cada una de las ecuaciones consideradas globalmente resultaron ser estadísticamente significativas y por tanto el modelo de equilibrio ajustado es adecuado.
3. La demanda de arroz blanco es elástica con respecto al precio e inelástica con respecto a los ingresos. La oferta de arroz es inelástica tanto con respecto al precio como a los costos de producción.
4. La causalidad ENTRE las variables precio de arroz blanco (PBLANCOS) y precio de arroz paddy (PPADDY) es bidireccional, por ello la ecuación (16) que formula como variable independiente PPADDY, pudo haber sido la contraria, es decir utilizar PBLANCOS como regresora dada la causalidad bidireccional que presentan estas dos variables, lo que se confirma con la prueba de causalidad de Granger realizada con Eviews10 y cuyos resultados son los que se muestran a continuación en la tabla 8, donde se revelan las bajas probabilidades asociadas al estadístico F que imponen el rechazo de la H_0 : "No causa a".

Tabla 8

Resultados de la prueba de causalidad de Granger

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Probability
PPADDY does not Granger Cause PBLANCOS	214	16.4756	2.3E-07
PBLANCOS does not Granger Cause PPADDY		4.88776	0.00842

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de Eviews10 (2020)

5. Dado el resultado del numeral 4 anterior, se demuestra la pertinencia del uso de los precios de arroz blanco para estimar la función de oferta de arroz paddy.
6. La ecuación (20) correspondiente al vector de corrección de errores (VEC) indica que la velocidad de ajuste de los cambios en el precio del arroz paddy en los precios del arroz blanco no es instantáneo, sino que pueden tomar entre 7 y 9 meses.
7. Dado el resultado que se comenta en el punto 6 anterior, es muy probable que el uso del precio de arroz blanco para estimar la función de oferta sea la

causa de la no significancia estadística del coeficiente de precios en esa ecuación.

BIBLIOGRAFÍA

Chica, J., Tirado, Y. & Barreto, J. (2016). Indicadores de competitividad del cultivo del arroz en Colombia y Estados Unidos. 33(2): 16-31. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.49>.

Dickey, D.A., y Fuller, W.A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica*, 49, 1.057-1.072

Engle, R. F. y Granger, C. W. J. (1987). Cointegration and error corrections representation, estimation and testing. *Econometrica*, 55, 251-276.

Escartin, E. (2006). Historia del pensamiento Económico. Sevilla: Digital @ Tres.

Fedearroz. Estadísticas arroceras-producción y hectáreas de cultivo. (Archivo de datos). Disponible en: http://www.fedearroz.com.co/new/apr_public.php. Consultado 20 de mayo de 2020

Fedearroz. Estadísticas arroceras-costos. (Archivo de datos). Disponible en: <http://www.fedearroz.com.co/new/costos.php>. Consultado 20 de mayo de 2020

Fedearroz. Estadísticas arroceras-precios. (Archivo de datos). Disponible en: <http://www.fedearroz.com.co/new/precios.php>. Consultado 20 de mayo de 2020

Fedearroz. Estadísticas arroceras-consumo. (Archivo de datos). Disponible en: <http://www.fedearroz.com.co/new/consumo.php>. Consultado 20 de mayo de 2020

Granger, C. W. J. (1983). Co-integrated variables and error correcting models (Discussion paper). San Diego: University of California.

Green, W. (1998). Análisis econométrico. Edición 3. México. Prentice Hall

Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría*. México: Mc Graw Hill.

<http://www.skyscraperlife.com/latin-bar/89268>. Recuperado el 20 de junio de 2020.

Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, 231-254.

Martínez Covalada, H., & Acevedo Gaitán, X. (2005). *La cadena de Arroz en Colombia*. Bogotá: Observatorio Agrocadenas.

Montenegro García, Á. (2007). *Series de Tiempo*. Bogotá: Javegraf.

Mora, A. (18 de 02 de 2013). Modelo marginalista de equilibrio general frente al modelo Esrafiano (Mora), partiendo de su generalización. Obtenido de www.nuevatribuna.es: [http://www.nuevatribuna.es/media/nuevatribuna/files/2013/02/18/modelo marginalista de equilibrio](http://www.nuevatribuna.es/media/nuevatribuna/files/2013/02/18/modelo%20marginalista%20de%20equilibrio).

Nicholson & Snyder (2011). *Teoría microeconómica*. Edición 11. México. Cengage Learning.

ONU - FAO (2017). Seguimiento del mercado del arroz. Volumen XX Edición No. 4. <http://www.fao.org/3/I8317ES/i8317es.pdf>

Ramírez, JM. & Gómez, D. (2013). *Política comercial para el arroz*. Bogotá. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3325/POLITICA%20COMERCIAL_ARROZ_2013_Completo.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Samuelson, P., & Nordhaus, W. (2010). *Economía* 19ed. México: McGrawHill.

Wooldridge, J. (2015). *Introducción a la econometría, un enfoque moderno*. Edición 5. México. Cengage Learning.

Balance of The Rice Market in Colombia In the Period 1970-2013

ANEXO

Datos estadísticos

AÑO	Qo	Qd	P	Y	CO
1.970	489.186	423.069	1.902.521	3,159	627.
1.971	587.826	637.185	1.748.808	3,253	660.
1.972	678.134	662.419	1.532.532	3,405	655.
1.973	764.316	665.620	1.499.204	3,530	600.
1.974	1.020.461	1.106.121	1.729.969	3,680	518.
1.975	1.054.449	974.231	1.539.618	3,676	486.
1.976	962.468	862.703	1.289.035	3,925	465.
1.977	911.056	801.813	1.639.680	3,878	430.
1.978	1.220.715	1.260.878	1.588.634	4,088	429.
1.979	1.189.377	1.188.809	1.420.230	4,191	395.
1.980	1.159.676	1.146.034	1.436.039	4,302	373.
1.981	1.220.528	1.251.121	1.596.984	4,144	354.
1.982	1.315.119	1.305.512	1.542.296	4,101	331.
1.983	1.178.797	1.111.913	1.400.624	4,100	312.
1.984	1.114.529	1.126.399	1.425.309	4,365	326.
1.985	1.132.040	1.067.887	1.462.456	4,437	332.
1.986	981.011	993.023	1.464.704	5,000	347.
1.987	949.549	936.921	1.348.450	5,167	356.
1.988	1.039.071	1.075.924	2.057.586	5,253	416.
1.989	1.243.322	1.186.777	1.681.930	5,277	408.
1.990	1.079.945	999.068	1.388.416	5,361	396.
1.991	977.022	955.948	1.376.338	5,201	374.
1.992	955.072	1.147.371	1.340.696	5,152	350.
1.993	848.501	989.172	1.185.424	5,404	341.
1.994	928.266	1.306.820	1.363.533	5,700	346.
1.995	919.153	1.191.777	1.305.317	5,870	350.
1.996	807.028	921.094	1.414.033	5,685	374.
1.997	783.656	914.580	1.479.941	5,688	398.
1.998	996.832	1.373.365	1.550.277	5,429	405.
1.999	1.535.563	1.541.595	1.404.537	5,185	368.
2.000	1.454.225	1.589.053	1.273.514	5,384	354.
2.001	1.401.601	1.700.026	1.331.562	5,282	344.
2.002	1.340.969	1.352.470	1.262.916	5,294	344.
2.003	1.577.673	1.672.668	1.301.927	5,466	343.
2.004	1.639.610	1.748.107	1.297.503	5,648	302.
2.005	1.376.731	1.408.842	1.241.199	5,842	297.
2.006	1.359.954	1.556.976	1.265.713	6,159	292.
2.007	1.418.395	1.553.652	1.285.611	6,506	298.
2.008	1.562.862	1.592.399	1.652.664	6,657	388.
2.009	1.414.986	1.511.550	1.764.752	6,688	381.
2.010	1.378.555	1.384.852	1.539.127	6,872	328.
2.011	1.238.381	1.272.137	1.550.510	7,240	310.
2.012	1.262.083	1.373.699	1.752.214	7,446	331.
2.013	1.264.611	1.414.156	1.626.491	7,763	315.

Fuente: Fedearroz (2020)