

## Respuesta de la oferta de arroz en Colombia 1994-2008

José Wilmar Quintero Peña\*  
Héctor Andrés López Naranjo\*\*

### Resumen

El presente documento tiene como objetivo analizar la respuesta de la oferta de arroz paddy verde en Colombia para el periodo 1992-2009, mediante el análisis de cointegración y el modelo de vector de corrección de errores (VEC). El texto comienza con una introducción general de los aspectos más importantes del agro acompañado de una pequeña revisión literaria. Se realiza un marco teórico del modelo planteado en esta investigación basado en expectativas de los productores. Por otra parte, analiza el comportamiento del sector agropecuario y del subsector arrocero en Colombia, teniendo en cuenta que éste ha atravesado por una serie de problemáticas desde 1991. Finalmente, se concluye que la oferta de arroz paddy verde es elástica, tanto en el corto como en largo plazo, respecto al área cultivada, e inelástica respecto a los precios, y por último inelástica respecto a los costos de producción.

### Palabras claves:

Producción agrícola, modelo de Nerlove, arroz, precio, áreas, cointegración y corrección de errores.

### Clasificación JEL:

C22; Q11; Q12.

### Abstract

The aim of this document is to analyze the supply respond of green paddy rice in Colombia for the period 1994-2008, by means of the Cointegration analysis and the vector error correction (VEC) model. This document starts with a general introduction to the most important aspects about agriculture with a short literature review. It analyzes a theoretical framework of model proposed in this research which is based on producer's expectations. On the other hand, it analyzes the agricultural sector behavior and rice subsector in Colombia by bearing in mind it has gone through several difficulties since 1991. Finally, it concludes credits and irrigation have a negative impact on rice production in Colombia since results showed by the model, were negative and this is what it let establish that economic policies must be design to check high interests which have obstructed short-term and long-term investments, and sector capitalization with the consistent negative impact on the performance and agricultural competitiveness. Finally, it is concluded that green paddy rice supply is elastic as much in short-term as long-term with respect to farmed areas, it is inelastic with respect to price, and it is inelastic with respect to costs of production.

### Keywords:

Agricultural production, Nerlove Model, rice, price, areas, Cointegration and errors correction.

### JEL Classification:

C22; Q11; Q12.

\* Economista, Universidad del Tolima. Grupo de Investigación Economía y Territorio. E-mail: jwquinterop@ut.edu.co

\*\* Economista, Universidad del Tolima. Grupo de Investigación Economía y Territorio. E-mail: halopezn@ut.edu.co

Fecha de recepción: 4 de abril de 2011. Fecha de aprobación: 1 de junio de 2011

## ▲ Introducción.

El agro, entendido más allá de la producción agrícola, es un entramado de relaciones sociales que constituye uno de los principales eslabones productivos del avance y sostenibilidad de una nación. En los países en desarrollo, la agricultura toma un papel protagónico en los procesos de generación de riqueza y de progreso económico y social; no obstante, a pesar de que el sector agrícola históricamente ha sido predominante, posee distorsiones provocadas por los precios artificialmente afectados por subvenciones y ayudas en los países desarrollados, el atraso tecnológico, la escasa financiación, una precaria institucionalidad, la concentración de la propiedad y la presencia de grupos oligopólicos (Cardona, Barrero, Álvarez, Muñoz y Espinosa, 2008).

Los primeros estudios sobre respuesta agrícola se iniciaron en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos hace ya casi un siglo, ligado desde un principio a la necesidad de los gobiernos de contar con instrumentos de apoyo para las decisiones políticas y de impulso al crecimiento económico.

Al iniciarse la década de los 60, los líderes políticos de los países desarrollados advirtieron la crítica situación del hambre en el mundo y la necesidad de aumentar la producción de alimentos para responder al déficit alimentario de las áreas más desprotegidas. La denominada Revolución Verde en plena marcha, constituía una ventaja extraordinaria para enfrentar el problema. Sin embargo, surgieron debates acerca de los méritos y la efectividad de las políticas orientadas a impulsar la actividad agrícola en los países menos desarrollados. Entre los académicos, el modelo de M. Nerlove (1958) basado en la hipótesis de las expectativas

adaptativas de P. Cagan (1957) constituyó un instrumento fundamental para el análisis del fenómeno de la respuesta en la oferta alimentaria. Para la mayoría de los países en vías de desarrollo, los estudios se vincularon con las hipótesis acerca del crecimiento económico y la inflación, argumentando que la rigidez de la oferta agrícola podría constituirse en la causa del estrangulamiento económico y el denominado subdesarrollo. (Sonet & Del Valle, 2006).

Este documento tiene como objetivo analizar, desde el enfoque Nerloviano y a partir de expectativas adaptativas, la respuesta de la oferta de arroz en Colombia para el período 1992-2009; subsector que durante muchos años ha sido motor importante en el crecimiento del país, pero que, a partir de 1991, cuando se eliminaron las barreras arancelarias y no arancelarias con las que Colombia protegía su sector agrícola, no tuvo la respuesta esperada, ya que no fue respaldada con suficiente tecnificación, originando una disminución en los niveles de producción de las compañías arroceras y, a partir de 1994, rezagando la industria. El sector arrocerero colombiano no es en la actualidad exportador y, por el contrario, importa parte del cereal para abastecimiento interno, aspectos que se enmarcan en la presente investigación a partir del análisis de producción, precios, asistencia técnica, áreas cultivadas, arriendos y costos totales. Lo que se propone este trabajo es, por lo tanto, revisar las recientes contribuciones a la modelización de los aspectos dinámicos de la oferta. Se parte del modelo de ajuste parcial, desarrollado por Nerlove, para llegar al enfoque superador representado por el modelo de corrección de errores e implícito en el desarrollo de la teoría de Cointegración.

## 1. Revisión de la literatura

A nivel internacional, la literatura es abundante sobre la determinación de la respuesta de la oferta agropecuaria frente a variables de gran impacto de la misma. Cada estudio tiene sus particularidades en cuanto a metodología y muchos coinciden en la utilización del método de series de tiempo para determinar la respuesta de la oferta agropecuaria en un país o región determinada, ya sea para el total de la economía o acudiendo a un solo producto en particular.

Méndez, Mora y Carlos San Juan (2006) estimaron dos modelos mediante el uso de técnicas de cointegración, estableciendo la relación de largo plazo entre los precios

y la producción agrícola española para el periodo 1970-2000. Concluyeron, en primera medida, que la agricultura española fue sensible a los precios; segundo, que la reforma Mac Sharry fue restrictiva para la producción agrícola española; y por último, que la producción agrícola española podría haber sido mayor si no se hubiera aplicado la política agrícola común europea.

Leaver (2004) estimó la elasticidad precio de la oferta para la producción de Tabaco en Zimbabue, adaptando un modelo Nerloviano; los resultados de la elasticidad en el corto plazo fueron de 0.34 y en el largo plazo de

0.81. Concluyó que la oferta de Tabaco era muy insensible a cambios en los precios, resultados similares para países Africanos. Victor Bresicia y Daniel Lema (2001) estimaron las elasticidades, explorando las series relevantes para la oferta de maíz, trigo, soja y girasol en Argentina, representadas por el área bajo la siembra para los últimos 40 años. En todas las elasticidades estimadas exhibieron inelasticidades relativas a sus propios precios en el corto y largo plazo, excepto para el maíz.

Elbeydi, Aljdi y Yousef (2007) estudiaron los determinantes de la oferta de la cebada; además, identificaron la situación actual de la producción en Libia. Utilizaron el método de cointegración y de corrección de errores, y los resultados obtenidos indicaron que la producción de cebada estaba determinada por el precio relativo y el precio del trigo estaba cointegrado.

Para el caso de la India, los estudios muestran diferentes metodologías: Krishana's (1963) utilizó el modelo de Nerlove en ese contexto y concluyó que los granjeros respondían a los estímulos (precio) tanto en India como en Pakistán. Krishna y Rao (1965) realizaron trabajos basándose en las expectativas de los agricultores respecto al precio y a través de modelos tradicionales de regresión. Obtuvieron resultados similares a los de modelos de ajuste rezagados, en cuanto a la proporción de explicar la variación del área sembrada de trigo. Parikh's (1967) trabajó la respuesta de la oferta a través de modelos de rezagos distribuidos; se basó en el marco teórico de Nerlove, y utilizó, junto con el modelo de ajuste rezagado, el de expectativas de precios con la

distribución de rezagos; después analizó las diferentes técnicas con los datos en el apéndice del estudio de Narain's (1965), donde concluyó que los factores diferentes al precio eran más importantes a la hora de determinar la producción agrícola.

Cordero y Sánchez (2010) derivaron las demandas de insumos (trabajo, tractores, trilladoras, crédito de la Banca comercial y de desarrollo, fertilizantes nitrogenados fosfatados y potásicos) empleando la serie de tiempo 1975-2011, con el objetivo de determinar la composición y el comportamiento de la producción agrícola en México.

Para el caso colombiano, cabe destacar el estudio de Chique, Rosales y Samacá (2006) en el cual, mediante el análisis de cointegración y el modelo de vector de corrección de errores (VEC) se estimó el sistema de ecuaciones de oferta, demanda y precio del arroz blanco para Colombia, en el período comprendido entre 1970 – 2004; concluyen que la oferta de arroz es elástica respecto de su precio (1.14) elástica respecto del área cosechada (1.09) e inelástica respecto de la variable proxy del precio de los factores variables de producción (-0.57). La demanda de arroz es inelástica respecto de su precio (-0.70), inelástica respecto del ingreso disponible (0.65), inelástica respecto del precio internacional del arroz (-0.92) e inelástica respecto del precio internacional del trigo (0.77). En el análisis de bienestar muestra que la política de liberalización comercial del arroz para Colombia, incrementa el bienestar de la sociedad del país.

## 2. Marco Teórico

En la agricultura, los precios observados son conocidos después de que ha ocurrido la producción, mientras las decisiones de cultivar responden a las expectativas de precios, que dan paso a que este lapso de tiempo juegue un papel importante para los estudios basados en el modelo de Nerlove. Los productores tienen tres alternativas de expectativas de precios. La hipótesis comúnmente encontrada en la literatura son las expectativas de Naïve, expectativas adaptativas y expectativas racionales. Las expectativas de Naïve significan que el precio esperado es el precio actual en el período anterior. Las expectativas adaptativas significan que las personas forman sus expectativas acerca de lo que sucederá en el futuro, basado en lo que ha sucedido en el pasado. De acuerdo con las expectativas racionales, un agente económico pronostica eventos con base en

toda la información disponible. En su mayoría los agricultores, especialmente en países en desarrollo, muestran una baja alfabetización, lo que les dificulta obtener información relevante del mercado. Por lo tanto, el comportamiento de las expectativas racionales no es relevante. Se asume que los productores aprenden de sus errores, de modo que las expectativas adaptativas son más relevantes. Además, es importante el análisis de la respuesta de la oferta en cantidades observadas que puede diferir de las deseadas, por causa de los factores variables.

El modelo de Nerlove describe la dinámica de la oferta mediante la incorporación de expectativas de precios y costos de ajuste, donde se reflejan las restricciones biológicas, presentes en la actividad agrícola.

El modelo nerloviano se basa en tres ecuaciones:

$$A_t^d = a_0 + a_1 P_t^e + a_2 Z_t + \mu_t \quad (1)$$

$$P_t^e = P_{t-1}^e + \beta (P_{t-1} - P_{t-1}^e) \quad (2)$$

$$A_t = A_{t-1} + \gamma (A_t^d - A_{t-1}) \quad (3)$$

$A_t$  = Área efectiva bajo el cultivo en el período t

$A_t^d$  = Área deseada para estar en el cultivo en el período t

$P_t$  = Precio actual en el tiempo t

$P_t^e$  = Precio esperado en el tiempo t

$Z_t$  = Otros factores que afectan la oferta en el tiempo t.

$\tilde{\alpha}$  = Coeficiente de ajuste que refleja la respuesta del área

$\beta$  = Coeficiente de respuesta de las expectativas a los precios observados.

Muchas estimaciones empíricas de la respuesta de la producción agrícola están basadas en el modelo anterior, el cual captura la dinámica de la agricultura mediante la incorporación de las expectativas de precios y el costo de ajuste. Este modelo puede ser extendido, incluyendo la expectativa de otras variables y otros precios; igualmente capturar las imperfecciones de esas variables.

En el modelo de expectativas, la producción deseada es  $X_t^*$ , que está en función de la expectativa de precios  $P_t^e$ , y  $W_t$  como conjunto de variables exógenas que afectan la oferta\*, por lo que se puede representar la función de oferta como:

$$X_t^* = \alpha + \beta P_t^e + \gamma W_t \quad (4)$$

Donde  $\alpha$  es la elasticidad de largo plazo de la producción respecto del precio y  $\gamma$  con respecto de otras variables

exógenas; asumiendo que las expectativas del precio son adaptativas, entonces

$$X_t - X_{t-1} = (\tilde{\alpha} - X_{t-1}) \quad (5)$$

La producción actual puede diferir de la deseada por el ajuste de rezagos en las variables, por lo cual la producción actual debe ser sólo una fracción  $\tilde{\alpha}$  del producto deseado.

El precio esperado de las cosechas, por parte de los agricultores, en el tiempo puede ser observado. Se ha descrito que las decisiones están basadas en las expectativas, ya que los agricultores aprenden de sus errores, por lo que ajustan la diferencia entre el precio actual y el esperado en t-1 por una fracción  $\tilde{\alpha}$ , lo que resulta:

$$P_t^e = P_{t-1} + (1 - \tilde{\alpha}) P_{t-1}^e \quad (6)$$

Tomando el valor de  $X_t^*$  y  $P_t^e$  de la ecuación 2 y 3 en la ecuación 1, esta última se convierte en:

$$X_t = \alpha_0 + \alpha_1 P_{t-1} + \alpha_2 X_{t-1} + \alpha_3 W_t \quad (7)$$

Donde,

$\tilde{\alpha}_1$  :Elasticidad en el corto plazo

$\frac{\tilde{\alpha}_1}{1 - \tilde{\alpha}_2}$  :Elasticidad en el largo plazo

Ecuación que ha sido utilizada por diversos autores para determinar la respuesta de la oferta agropecuaria ante diversas variables, principalmente ante los cambios en sus precios.

### 3. Comportamiento del sector agropecuario y el subsector arrocero en Colombia

El comportamiento del sector agrícola en la economía colombiana ha atravesado una serie de problemáticas desde 1991, cuando se estableció como política recibir alguna contraprestación de acceso por parte de los mercados externos; política que no tuvo la respuesta esperada y que no estuvo acompañada de inversión de tecnificación que le permitiera enfrentar la creciente invasión de productos foráneos. A partir de este proceso de apertura, las compañías arroceras, que hasta la fecha mantenían un fuerte comercio dentro de la Región Andina, disminuyeron sus niveles de producción, y poco

a poco la industria se rezagó, al punto de convertirse, a partir de 1994, en importadora neta del producto.

En el período 1995-2005, la actividad agropecuaria se sostuvo principalmente por la producción de café, que participó en promedio con el 13,5% del PIB agropecuario. Los demás productos agrícolas (incluyendo el arroz) pesaron alrededor del 46,74% de la producción nacional. El PIB agropecuario, a partir de 1994, ha participado con el 14,83% de la producción total del país, cayendo en 1998 a 13,70% y al 11,89% en el

año 2007 (Ver figura 1). Este descenso en los niveles de participación del PIB agropecuario se ha traducido en detrimentos de producción y empleo, pues entre 2001 y 2006 la producción se ha visto reducida casi a la mitad, y el empleo en 16%, y su situación, como la de muchos países en vía de desarrollo, enfrenta una serie de disyuntivas en materia de apertura comercial que hacen prioritario tener pleno conocimiento de su potencial productivo, de sus ventajas, pero también de sus desventajas competitivas, y de las implicaciones de orden social y político de las diferentes medidas tomadas para su imperioso fomento (Torres, 2009).

En este contexto, la agroindustria arrocera en Colombia se muestra como un sector importante para el país, dado que representa el 1,8% de la producción manufacturera nacional y el 6,8% de la industria alimentaria del país; es en extensión el tercer producto después del café y el maíz, a pesar de que las condiciones geográficas de Colombia no son las más adecuadas para el cultivo de arroz (Acevedo, Martínez y Espinal, 2005).

En el país, la agroindustria arrocera transforma el arroz paddy en arroz blanco y otros subproductos para el consumo, a través de los procesos de secamiento y molinería. El arroz se obtiene mediante dos técnicas de cultivo: mecanizada y manualchuzo. La primera se caracteriza por el uso de máquinas para realizar al menos una de las labores del proceso productivo del cultivo, mientras la segunda se emplea mano de obra en todas las fases del proceso. El sistema mecanizado se clasifica en arroz riego y arroz seco. En el primero, el agua que requiere el cultivo es provista por el hombre en cualquier momento, y mediante bombeo, gravedad, inundación o fangueo. Para el arroz seco, el agua proviene

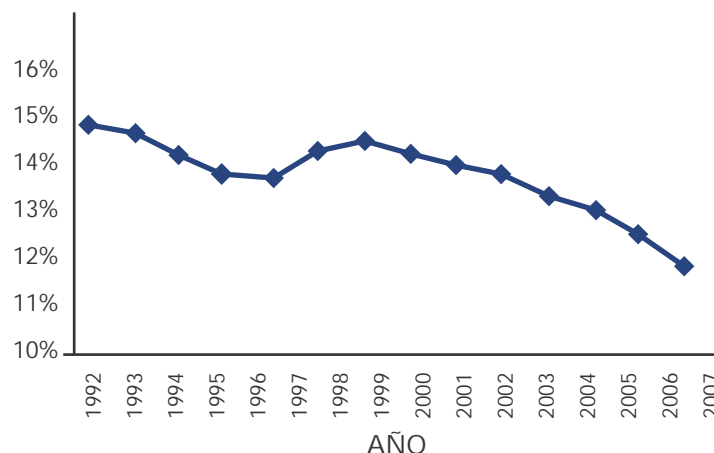
únicamente de las lluvias y normalmente dispone de canales de drenaje.

La estabilidad del sistema productivo colombiano depende del arroz por sistema de riego, ya que en el país se dispone de un suministro constante de agua durante todos los meses del año. El sistema de secano mecanizado es el responsable de los ciclos de producción y de áreas cultivadas (Torres, 2009), de manera que la producción de arroz ha variado en los últimos años, al pasar de 734.671 toneladas en 1992 a 1.181.203 toneladas en 1999 y 1.077.336 toneladas en el 2009, lo que significó un incremento del 60% entre 1992 y 1999, pero un descenso del 9% en los años 1999 y 2009 (Ver figura 1).

El arroz es uno de los productos que cuenta con mayores subsidios en el mundo, tanto en la producción como en la comercialización interna y externa y, en esta medida, sus precios internacionales tienden a deprimirse, a volverse volátiles y a desconectarse de la estructura de costos de los países productores. Este comportamiento se traduce en la baja competitividad de la cadena arrocera, la que no ha tenido una balanza comercial positiva desde 1991, cuando las exportaciones superaron alrededor de 24,9 millones de dólares a las importaciones; en el 2006, ello representó un déficit aproximado de 79,4 millones de dólares (Torres, 2009). La evolución de los precios del arroz paddy ha mostrado incrementos del 7,05% entre 1992 y 1999, del 8% entre los años 1999 y 2009, y un descenso del 14,1% en los años 2008 y 2009 (Ver figura 2).

En cuanto a las áreas cultivadas (medidas en hectáreas), desde 1992 ha mostrado incrementos, representados

Figura 1: Participación Porcentual del PIB Agropecuario sobre el total



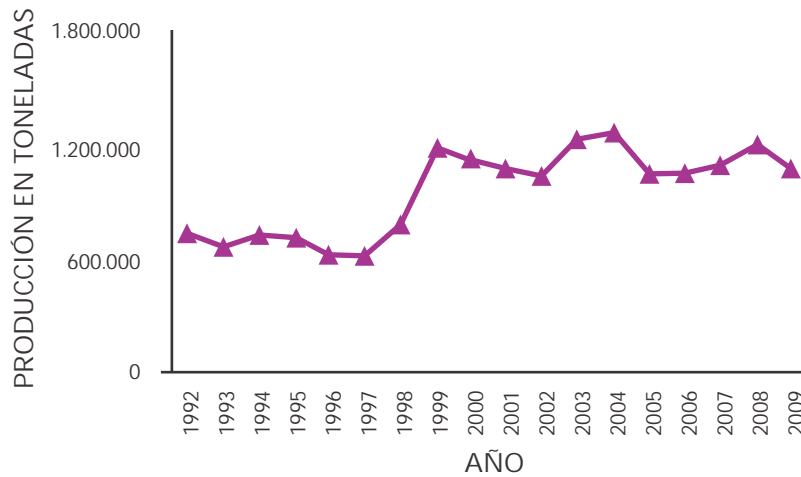
FUENTE: Elaboración propia con datos del Banco de la República

para este año en 168.090 ha., en el año 2000 ascendió a 236.380 ha., y finalizó en el año 2009 con 242.825 ha.; es decir, un incremento del 44,46% durante todo el período señalado (Figura 3).

La productividad alcanzada en el sector arrocero puede medirse a través del cociente entre la producción y el área cultivada, obteniendo un indicador de las toneladas

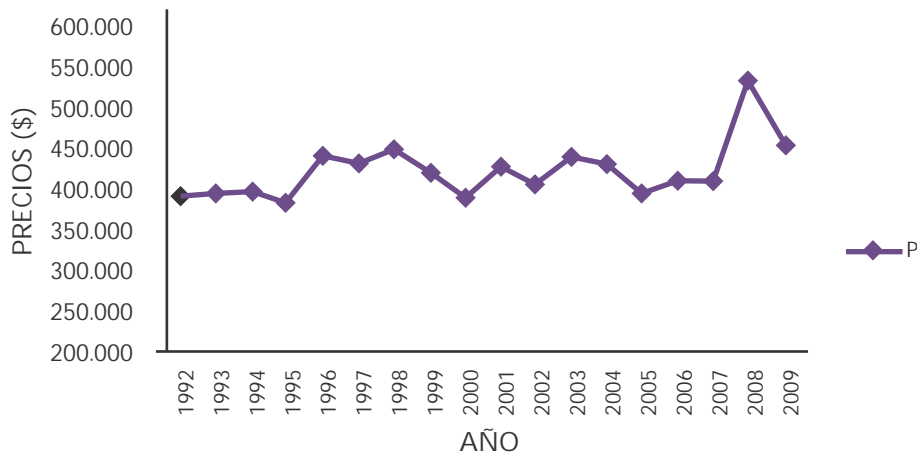
producidas por hectárea cultivada (rendimiento). Como se observa en la figura 4, el rendimiento del cereal ha estado en un rango de 4,246 en 1997 y un valor máximo de 5,428 en el 2007 (Ver figura 4). Esto indica que Colombia tiene un nivel alto de productividad, como resultado de la mejor disponibilidad de tecnología, añadiendo que durante muchos años las zonas de riego aumentaron 16-39% el rendimiento por hectárea (FEDEARROZ, 2006).

Figura 2: Evolución de la producción en tonelada de 1992 a 2009



FUENTE: Elaboración propia con datos del DNP.

Figura 3: evolución de los precios del Arroz Paddy verde 1992- 2009



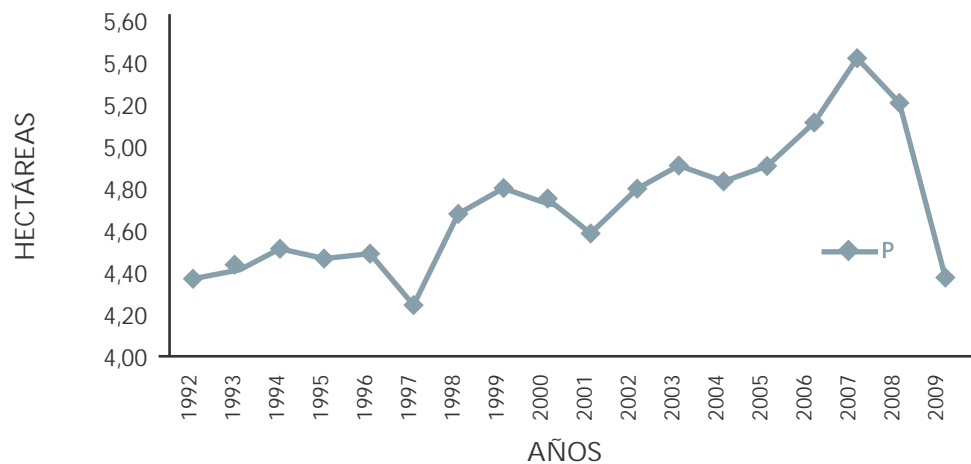
FUENTE: Elaboración propia con datos del DNP.

Figura 4: Evolución de las hectáreas cultivadas de arroz 1992-2009



FUENTE: Elaboración propia con datos del DNP.

Figura 5: Evolución del rendimiento (producción/hectáreas) 1992-2009



FUENTE: Elaboración propia con datos del DNP.

Finalmente, los costos son el tema clave para la competitividad en el mundo global, más aun cuando se trata de las cadenas agroindustriales. Dado los altos costos de producción por tonelada de arroz en Colombia, se hace imperante trabajar en su reducción. Como se observa, los costos se incrementaron en el año 2000, si se compara con 1992, en un 3%, y el año 2009, comparado con el año 2000, en un 16%. En el año 1999 se presentó

un comportamiento atípico, al igual que en los años 2004, 2005, 2007, 2008 y 2009, originado especialmente en el incremento de los precios del arriendo de la tierra, los que han aumentado en un 50% durante el período de estudio (Ver figura 5), y como resultado de la fuerte demanda impulsada por los precios del arroz, los cuales crecieron como efecto de la escasez generada por el fenómeno de El Niño, y que obligó al gobierno a



autorizar importaciones por cerca de 420 mil toneladas de arroz paddy seco. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2000). Por otro lado, la reducción en la asistencia técnica del cereal también ha sido notoria,

puesto que, durante el periodo en estudio, sus descensos han sido del 1,4% entre 1992 y el 2000, del 6,35% entre los años 2000 y 2009, lo que significó una disminución del 7,6% durante 1992 y el 2009 (Ver figura 6).

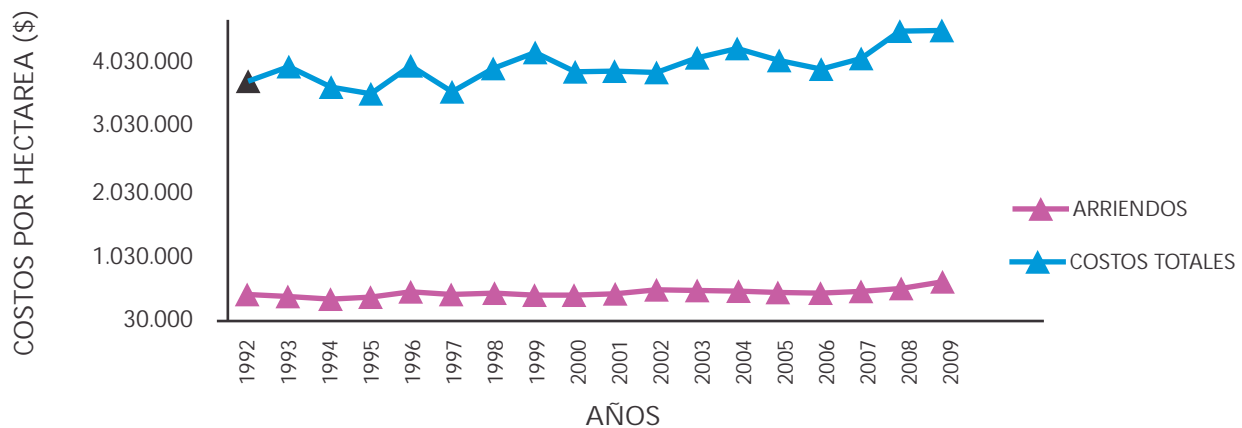
## 4. Metodología

### 4.1. Datos

Las bases de datos usadas para estudiar el comportamiento de la oferta de arroz en el país, fueron obtenidos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en el compendio de sus anuarios estadísticos, en el

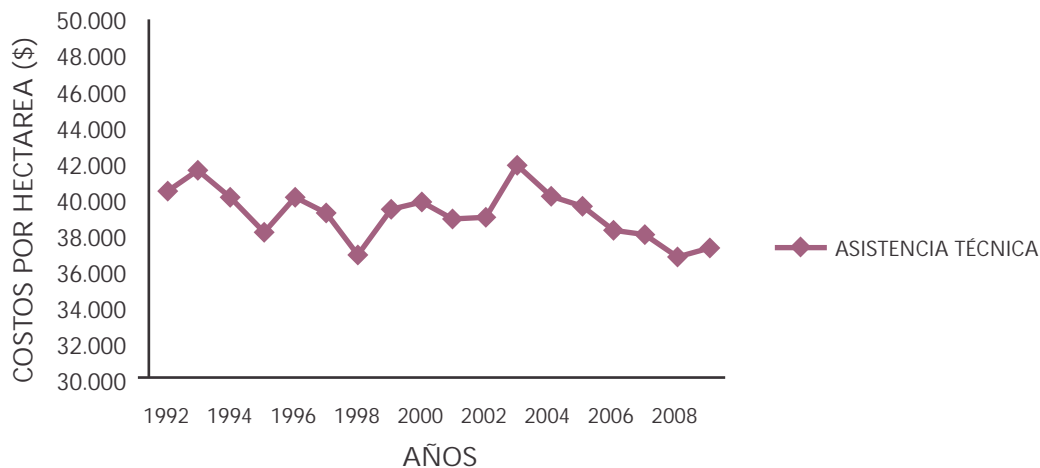
cual se encuentra la información de algunas variables analizadas. También, en el Banco de la República se obtuvieron los índices de precios al productor\*, a fin de realizar las respectivas deflaciones a precios constantes del 1999. Por último, la información primaria que corresponde a precios, hectáreas, toneladas producidas

Figura 6: Evolución de los arriendos y costos totales 1992-2009



FUENTE: Elaboración propia con datos del DNP.

Figura 7: Evolución del gasto en asistencia técnica 1992-2009



FUENTE: Elaboración propia con datos del DNP.

\* Agropecuario, silvicultura, caza y pesca



y costos totales, se obtuvo de FEDEARROZ; con las cuales se construyó la serie de tiempo de 18 años con frecuencia semestral (1992-2009).

Los precios\* fueron del arroz paddy verde\*\*o cáscara, es decir, el cultivado por los agricultores, con el objetivo de captar la respuesta de éstos ante cambios de señalización de precios del mercado. Las cantidades en toneladas responden al total del arroz paddy.

#### 4.2. Especificación econométrica

La oferta agropecuaria depende de la producción y el precio de los factores. Un incremento del precio del producto incrementa las ganancias y, así, aumentan también los incentivos para los productores. Igualmente, un incremento en el precio de los factores de producción incrementa los costos, lo que desestimula la producción de un producto determinado. Manmingi (1997) sugiere cuatro categorías que afectan la producción agrícola: Infraestructura rural, capital humano, tecnología, y condiciones agroclimáticas. Todos los servicios de infraestructura rural, como instalaciones de riego, accesibilidad de carreteras a los mercados, acceso al crédito de los agricultores, servicios de extensión agrícola, habilidad para fertilizar, semillas de alto rendimiento y pesticida, comunicaciones y facilidad de transporte, son efectos positivos esperados para la producción agropecuaria a través de mejoras en la productividad y los costos.

### 5. Análisis de resultados

Para la estimación de la respuesta de la oferta de arroz en Colombia, se realizó en primer lugar la prueba de Dickey-Fuller, aumentada para identificar la estacionariedad o no de las variables. La ADF es un número negativo, y mientras más negativo sea el estadístico ADF, más fuerte es el rechazo de la hipótesis nula sobre la existencia de una Raíz Unitaria o no estacionariedad.

La ecuación de regresión se basa en las regresiones anteriores, pero aumentándolas con términos retardados de la variable:

$$Y_t = \alpha + \beta T + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \delta_i Y_{t-i} + \mu_t \quad (10)$$

Para ello, primero se procedió a determinar el número de rezagos para la respectivas series, utilizando los criterios

En este estudio no se consideran todas las variables, principalmente por disponibilidad de datos y problemas de cuantificación. En consideración de lo anterior, y basados en Walter (2004) se estima la respuesta de la oferta agrícola (Arroz) en el largo plazo, utilizando el análisis de cointegración, de acuerdo con la siguiente especificación:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 P_t + \alpha_2 A_t + \alpha_3 CT + e_t$$

$Y_t$  = Producción agrícola en toneladas de arroz

$A_t$  = Área utilizada del producto (arroz)

$P_t$  = Precios del producto (arroz)

$CT$  = Crédito a los productores del cultivo analizado.

$e_t$  = Término de error.

Ahora, mediante el vector de corrección de errores, previa cointegración de las series, se realizaron las especificaciones de corto plazo, mediante el siguiente modelo VEC:

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta P_t + \alpha_2 \Delta A_t + \alpha_3 \Delta CT + e_{t-1} + \mu t \quad (9)$$

Donde  $\Delta$  representa la primera diferencia,  $\alpha_i$  mide el grado de corrección de errores por el ajuste en  $Y_t$ ,  $\alpha_i$  mide la elasticidad en el corto plazo cuando las variables son medidas en logaritmos. Mientras  $\alpha_i$  mide las elasticidades en el largo plazo.  $\mu$  es el término de error.

de selección de Akaike (AIC), Schwarz's Bayesian information criterion (SBIC) y Hannan and Quinn information criterion (HQIC).

El test de Dickey-Fuller es uno de los más comunes para determinar la estacionariedad. La hipótesis nula establece que la serie presenta raíz unitaria (la serie es integrada en orden uno) mientras que la de los test es ruido blanco. Según la tabla 1, todas las variables presentan raíz unitaria; es decir, son de orden  $I(1)$ ; el test statistics muestra que todas las variables se encuentran en la zona de aceptación a cualquier nivel de significancia.

Ahora se pasa a la prueba de cointegración. En primer lugar, se estima los residuos del modelo de regresión, luego se realizan las pruebas Dickey-Fuller aumentada a

\*Extraídos del anuario estadístico del sector agropecuario. Min agricultura y Desarrollo Rural.

\*\*Éstos corresponden al primer eslabón de la cadena de arroz, que corresponde a los productores, es decir, antes pasar a los molinos.

los residuos estimados, para así determinar la relación de largo plazo entre las variables.

Para continuar con las pruebas de cointegración, se comprueba la estacionariedad de los residuos, las pruebas formales se realizan con el test de Dickey-Fuller aumentado, teniendo en cuenta los rezagos sugeridos por los criterios DFGLS, que para este caso es de cero rezagos. El test coincide, los residuos son ruido blanco (0), por lo tanto, las variables están cointegradas a un valor crítico del 5%, y las estimaciones resultan consistentes como lo muestra la tabla 3.

Los resultados empíricos demuestran que los niveles de producción de arroz en Colombia, durante el período 1992-2009, están positivamente relacionados con los precios del producto, las hectáreas cultivadas de arroz (A) y los costos de producción. Además, estas variables en conjunto explican el 96,73% de los niveles de producción de arroz, un resultado relativamente significativo. El Durbin-Watson tiene un valor elevado 1.072195, que indica la existencia estadísticamente

significativa de cointegración entre las referidas variables. Como las variables de este modelo son expresadas en logaritmos, sus coeficientes pueden interpretarse como las elasticidades; así, estos resultados indican que en el largo plazo la elasticidad precio de la oferta (producción) es de 0.18, lo que sugiere que la oferta de arroz responde menos que proporcionalmente ante cambios en los precios del arroz paddy verde; la elasticidad, respecto del área sembrada, es de 1.05, e indica que por un aumento de 1% en el área cultivada la producción aumenta en 1.05%; y la elasticidad, respecto de los costos de producción, es de 0.042, signo contrario a lo esperado, lo que puede ser explicado por la inversión en infraestructura, que disminuye los costos en el largo plazo, ocasionando una mayor producción del cereal. (Espinal, Martínez y Acevedo, 2005).

Ahora, si las variables están cointegradas (es decir, si se rechaza la hipótesis nula de no cointegración) los residuos de la regresión pueden ser usados para estimar el modelo de corrección de errores. Si  $\{y_t\}$  y  $\{z_t\}$  son

Tabla 1: Dickey-Fuller aumentado Test

Variables	Max lag	t-statistics	1% critical value	5% critical value	10% critical value
Producción	3*	-1.843	-3.702	-2.980	-2.622
Área	4	-1.665	-3.702	-2.980	-2.622
Precios	3	-2.083	-3.709	-2.983	-2.623
Costos Totales	4	-0.632	-3.709	-2.983	-2.623

Fuente: Elaboración propia con base en las salidas de Stata.

Tabla 2: Estimación largo plazo para las variables del modelo

Producción(variable dependiente-logaritmo de la producción)			
Variables	Coefficientes	Error Stándar	t-statistics
Área	1.056	0.050	20.83
Precios	0.180	0.040	4.48
Costos totales	0.042	0.019	2.20
Constante	-2.118	1.120	-1.89
R <sup>2</sup> Ajustado= 0.9673			
DW d-statistic (4,36)= 1.072195			

Fuente: Elaboración propia con base en las salidas de Stata.

\*Este número de rezagos es sugerido de acuerdo con los criterios: Akaike Information Criterion(AIC), Schwarz' Bayesian Information Criterion(SBI), Hannan and Quinn information criterion (HQIC). Todos los anteriores reportados por Stata.

Tabla 3: Dickey-Fuller aumentado Test para los residuos

Variables	Max lag	t-statistics	1% critical value	5% critical value	10% critical value
Residuos	0	-3.503	-3.682	-2.972	-2.618

Fuente: Elaboración propia con base en las salidas de Stata.

(1,1), las variables tienen la siguiente forma de corrección de errores:

$$\Delta y_t = \alpha_1 + \alpha_2 (y_{t-1} - z_{t-1}) + \sum_{i=1}^p \alpha_{i+1} \Delta y_{t-i} + \sum_{i=1}^q \alpha_{i+2} \Delta z_{t-i} + e_{yt}$$

Donde  $\alpha_1$  es el parámetro del vector de cointegración dado por la ecuación (8) y  $e_{yt}$  el término de perturbación.

Para la estimación de corto plazo se utiliza el modelo de corrección errores antes citado, y los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.

Una vez más, los resultados empíricos demuestran que la producción de arroz en Colombia está positiva y estadísticamente relacionados con los precios del producto y con las áreas cultivadas de arroz, y negativamente con los costos de producción en el corto plazo.

No obstante, la conclusión de mayor relevancia que se deriva de la estimación del modelo de corrección de errores, es que se reafirma la existencia de cointegración, debido a que la variable Error correction es significativa y

negativa, de modo que es posible decir que los errores del largo plazo corrigen los desequilibrios del corto plazo. Por otro lado, el modelo estimado explica el 98,81% de los cambios en los niveles de producción de arroz, lo que, sin duda, es un valor razonablemente alto.

Las elasticidad precio de la demanda es de 0.13, lo que indica que la oferta de arroz responde menos que proporcionalmente ante cambios en el precio del arroz cáscara; en cuanto a la elasticidad, respecto del área cosechada, es 1.007, y significa que un aumento del 1% en el área se presenta un incremento del 1.007% en la producción; por último, los costos tienen el signo esperado; es decir, por un incremento en 1% en los costos hay descensos en la producción de un 0.071%.

Cabe destacar que el coeficiente de la variable de corrección de errores del modelo tiene un valor igual a -0.3476093, lo que quiere decir que el ajuste de la oferta de arroz en Colombia tiene un efecto de rezago y que lo que pase en un determinado año en la nueva producción del mismo, afectará a la producción del año siguiente, aproximadamente en un 35%.

Tabla 4: Estimación corto plazo

? Producción (variable dependiente-logaritmo de la producción)		
Variables	Coeficientes	t-statistics
? Área	1.007625	29.85
? Precios	0.1332426	4.55
? Costo total	-0.0717028	-2.50
Error corection (-1)	-0.3476093	-2.01
Constante	0.0002678	0.03
R <sup>2</sup> Ajustado= 0.9881		
DW d-statistic (5,35)= 2.159936		

Fuente: Elaboración propia con base en las salidas de Stata.

## ▲ Conclusiones.

- El estudio de la oferta agropecuaria es fundamental para cualquier producto, y en general para todo el sector agrícola, ya que tiene un impacto en el crecimiento, la pobreza y el medio ambiente, razón por lo cual es trascendental su estudio, en el sentido del efecto que tienen las variables importantes del sector a la hora de realizar reformas que tengan gran éxito.
- En el ejercicio econométrico, se establecieron series relevantes para la producción de arroz en Colombia, durante el período 1992-2009, a partir de frecuencias semestrales, representada por el Área cultivada, los precios del arroz paddy verde y los costos totales. Se pretendió construir las estimaciones de elasticidades para dicha oferta y, en esta medida, contribuir a la difusión de técnicas que ayuden a implementar políticas para el sector agrícola, y su consecuente subsector arrocero, frente a los tratados comerciales.
- La oferta de arroz paddy verde es elástica, tanto en el corto (1.007) como en largo plazo (1.056) respecto del área cultivada, e inelástica respecto de los precios, siendo esta elasticidad de 0.13 en el corto plazo y 0.18 en el largo plazo; y por último, inelástica respecto de los costos de producción con valores de -0.071 y 0.042 en el corto y largo plazo, respectivamente.
- El trabajo se propuso a revisar las recientes contribuciones a la modelización de los aspectos dinámicos de la oferta. Se partió del modelo de ajuste parcial, desarrollado por Nerlove, para llegar al enfoque superador, representado por el modelo de corrección de errores. Implícito en el desarrollo está la teoría de Cointegración.

## ▲ Bibliografía

- Brescia, V. y Lema, D. (2001). Dinámica de la oferta agropecuaria Argentina: las elasticidades de los principales cultivos Pampeanos. Trabajo de Investigación para la I Reunión Rioplatense de Economía Agraria, Montevideo, 18 y 19 de Octubre de 2010. Instituto de Economía Agraria y Sociología (IES). Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Cardona, M.; Barrero, Y. Análisis de la estructura agrícola Antioqueña: Aproximación teórica y espacial. Archivos de Economía DNP. 2008.
- Chique V., Rosales R. y Henry S. Efectos de la liberalización comercial: Un análisis de equilibrio parcial para el sector de arroz en Colombia 1. Documento cede 2006-37. Universidad de los Andes.
- Datos del Anuario Estadístico Agropecuario DNP.
- Datos del Banco de la República. Disponible en: <http://www.banrep.com>
- Dharm N. Impact of price movements on areas under selected crops in India, 1900-1939 Cambridge University Press. 1965. 234 pp. 45s
- Espinal C., Martínez H. y Acevedo X. (2005). La cadena del arroz en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia. Documento de Trabajo No. 52.
- Khaled R., Abdalhakim A. Y A A. (2007). Measuring the Supply Response Function of Barley in Libya. African Crop Science Conference Proceedings Vol. 8. pp. 1277-1280.
- Krishana J. & Rao, M.s. (1965). "Dynamic Acreage Allocation for Wheat in Uttar Pradesh", Indian Journal of Agricultural Economics, Vol. 22 (1) Y (1967) Price Expectation and Acreage Response for Wheat in Uttar Pradesh", Indian Journal of Agricultural Economics, Vol. 20 (1): 20-25.
- Leaver, R. Measuring the supply response functions of tobacco in Zimbabwe. Agricultural Economics Association of South Africa. Volume 43, Issue 1, March 2004
- Mamingi, N. (1997). "The Impact of Prices and Macroeconomic Policies on Agricultural Supply: A Synthesis of Available Results", Agricultural Economics Vol. 16: 17-34.
- Martínez H., Acevedo Ximena y Espinal Federico. La cadena de Arroz en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. P. 2. (2005)
- Mendez, José A. Mora, Ricardo y SAN JUAN Carlos. Cointegration Analysis of the Long-Run Supply Response of Spanish Agriculture to the Common Agricultural Policy. Agosto 10 de 2003.
- Parikh, A. (1967). "Farm Supply Response: A Distributive Lag Analysis", Oxford Institute of Statistics Bulletin, Vol. 33: 57-72.
- Rosales, R.; Apaza M., Edson y Bonilla Londoño J. (2004). Economía de la producción de bienes agrícolas teoría y aplicaciones. Universidad de los Andes. Documento CEDE 2004-34.
- Sonet, F. y Del Valle, I. Expectativas adaptativas, riesgo y propuesta de oferta de Soja en Argentina (1975-2004). Instituto de Economía y Finanzas Universidad Nacional de Córdoba. P. 2. (2006)
- Terrones C. y Sánchez-t. (2010). Agricultural production input demands in Mexico, 1975-2011. Pág. 81-91. Revista Universidad y Ciencia. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Torres G. Competitividad del sector arrocero colombiano durante el ATDEA (Ley de preferencias arancelarias Andinas) y prospectiva frente al TLC con Estados Unidos. P. 17. Monografía de Grado Presentada como requisito para optar al título de Internacionalista En la Facultad de Relaciones Internacionales Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario (2009)
- Walter E. Applied Econometrics Time series.. Iowa State University. Wiley. 3 edition. 2004