

Estimación del precio internacional del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo el modelo ARIMA*

Estimating the international price of rice (*Oryza sativa* L.) under the ARIMA model

Samuel Gustavo Ceballos Pérez[§] y Reinaldo Pire

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Decanato de Agronomía. Departamento de Ingeniería Agrícola. A. P. 400 Barquisimeto 3001, Venezuela. (rpire@ucla.edu.ve). [§]Autor para correspondencia: samuelceballos@ucla.edu.ve.

Resumen

Los productos del sector agroalimentario tienen una característica principal, la volatilidad de los precios, producto de varios factores, entre ellos: la oferta, demanda, crecimiento de la población, variables biológicas y fenómenos naturales que inciden en la productividad, porque el mercado responde a demandas colectivas de consumidores y productores. Con el fin de planificar racionalmente la toma de decisiones basado en pronósticos confiables, tomando la variable econométrica precios se utilizó la metodología Box-Jenkins a fin de aplicar el modelo econométrico ARIMA(1,0,1), para ajustar el comportamiento de la serie de tiempo de los precios internacionales del arroz durante el período comprendido entre junio 2002 a noviembre 2012. La predicción mediante el modelo econométrico ajustado indicó precios de US \$648 por tonelada el primer mes de estimación y US \$665 por tonelada a los 16 meses; es decir, diciembre 2014. En este período, la estimación de los precios arrojó valores en las bandas superior e inferior de US \$191.7 y 2 309.7 por tonelada, respectivamente. Se observó que el modelo es muy útil como predictor, refleja el comportamiento del proceso estocástico generado por la serie de datos.

Palabras claves: Box-Jenkins, predicción, series de tiempo.

Abstract

The agri-food products have a main feature, the price volatility due to various factors, including: supply, demand, population growth, biological variables and natural phenomena that affect productivity, because the market responds to collective demands of consumers and producers. In order to rationally plan decisions based on reliable forecasts, using econometric prices varying the Box-Jenkins methodology was used to implement the econometric model ARIMA (1,0,1), to adjust the behaviour of the series time international rice prices during the period from June 2002 to November 2012. The prediction using econometric model adjusted indicated prices US \$ 648 per tonne in the first month of estimation and US \$ 665 per tonne at 16 months; i.e. December 2014. In this period, the estimated prices returned values in the upper and lower bands of US \$ 191.7 309.7 per ton and 2, respectively. It was observed that the model is very useful as a predictor, reflects the behaviour of the stochastic process generated by the data series.

Keywords: Box-Jenkins, prediction, time series.

Rice is one of the most important cereal in the world, its cultivation occupies high crop area. The annual area harvested in 2003 reached 153 million hectares with a

* Recibido: septiembre de 2014
Aceptado: enero de 2015

El arroz es uno de los cereales de mayor importancia en el mundo, su cultivo ocupa alta superficie de siembra. El área anual cosechada en 2003 alcanzó 153 millones de hectáreas con una producción de 589 millones de toneladas en todo el mundo. De esa producción casi 200 millones se cosecharon en China e India, cantidades similares se obtuvieron en otros países asiáticos (FAO, 2004). En Venezuela la producción es de 700 000 toneladas, en consecuencia, la cantidad de personas que dependen económicamente del cultivo es alta. Se estima que la población mundial en los próximos 50 años tendrá un aumento de 40%, por tanto se generará mayor consumo y la producción deberá incrementarse 70% para 2050 (FAO, 2012). El mercado mundial del arroz es de grandes productores y grandes consumidores. América Latina mantiene aproximadamente 5% de la superficie mundial cosechada de arroz. Brasil, Colombia, Perú y Venezuela cuentan con la mayor superficie cultivada de la región. En términos de rendimiento unitario en Latinoamérica: Colombia, Perú, Venezuela y Uruguay mantienen las primeras posiciones, mientras que Brasil los rendimientos son bajos. Los valores actuales de consumo per cápita en Venezuela se ubican entre 15 y 20 kg de arroz interanual por persona, mientras que en Colombia se sitúa en 57 kg por persona (Montilla, 2012).

Similar al comportamiento de otros cereales, el precio del arroz en el mercado internacional está afectado por la oferta, demanda y crecimiento de la población, así como por variables biológicas y fenómenos climáticos que inciden en la productividad. Estos factores le confieren alta volatilidad a los precios, por lo que es necesario planificar racionalmente la toma de decisiones, tanto a nivel de productor como de los organismos oficiales, para determinar la superficie a cultivar y el financiamiento de la siembra.

Un método que puede ser utilizado para realizar predicciones con series de tiempo es el modelo autorregresivo integrado de media móvil ARIMA (Gujarati, 2003), comúnmente conocido como metodología de Box Jenkins (Box-Jenkins, 1978). El objetivo de esta investigación fue evaluar el ajuste del modelo ARIMA para predecir el comportamiento de la serie de tiempo precios internacionales del arroz, tomando el intervalo de tiempo junio 2002 a noviembre 2012, para realizar la estimación durante un período de 16 meses, desde septiembre de 2013 hasta diciembre 2014 para obtener pronósticos confiables.

En base a información de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2012) y se seleccionó el cereal arroz por su aporte significativo a la economía mundial, la

production of 589 million tons worldwide. In this production almost 200 million harvested in China and India, similar amounts were obtained in other Asian countries (FAO, 2004). In Venezuela production is 700 000 tons, thus the number of people who are economically dependent crop is high. It is estimated that the world population in the next 50 years will have a 40% increase therefore will generate increased consumption and production 70% by 2050 (FAO, 2012) should be increased. The world rice market is large producers and large consumers. Latin America holds about 5% of world rice area harvested. Brazil, Colombia, Peru and Venezuela have the largest acreage in the region. In terms of unitary yield in Latin America: Colombia, Peru, Venezuela and Uruguay hold the top positions, while Brazil yields are low. The current values of per capita consumption in Venezuela are between 15 and 20 kg of rice per person per year, while in Colombia stands at 57 kg per person (Montilla, 2012).

Similar to the behaviour of other cereals, rice prices in the international market is affected by supply, demand and population growth, as well as biological and climatic phenomena that affect productivity variables. These factors confer high volatility of prices, so it is necessary to rationally plan decisions at both producer and government agencies, to determine the area to cultivate and financing planting.

One method that can be used for forecasting with time series is integrated moving average ARIMA (Gujarati, 2003) autoregressive model, commonly known as Box Jenkins methodology (Box-Jenkins, 1978). The objective of this research was to evaluate the suitability of the model to predict the behaviour ARIMA time series of international rice prices, taking the time interval in June 2002 to November 2012, for estimating over a period of 16 months, from September 2013 to December 2014 for reliable forecasts.

Based on information from the Organization for Food and Agriculture (FAO, 2012) and rice cereal for the significant contribution was selected to the world economy, the time series data used corresponded to reflect the international price of rice for sale the period June 2002 to November 2012. First of all, the series was transformed using operations such as natural logarithm, first order differences and cycle order to obtain a stationary series; then the ARIMA (1,0,1) (Figure 1) model was used to develop the forecasts. Free software R was used for statistical analysis (R Development Core Team, 2008) and Excel for graphics.

serie de tiempo utilizada correspondió a datos que reflejan el precio internacional venta de arroz durante el período junio 2002 a noviembre 2012. En primer lugar se transformó la serie aplicando operaciones tales como logaritmo natural, diferencias de primer orden y ciclo de orden hasta obtener una serie estacionaria; luego, se utilizó el modelo ARIMA (1,0,1) (Figura 1) para desarrollar las predicciones. Se empleó el software libre R para realizar el análisis estadístico (R Development Core Team, 2008) y Excel para realizar los gráficos.

En los 10 años de registros, observan que los años 2007 y particularmente 2008 presentaron alzas significativas en los precios (Figura 2a). Según (Abbassia, 2012) esa crisis se generó principalmente por desastres naturales como sequías e inundaciones ocurridas a consecuencia del cambio climático, simultáneamente hubo otros factores tales como el incremento de los precios del petróleo que ocasionó alzas en los costos de producción y transporte. También se incrementó el número de consumidores en países con economías emergentes como China, India y Brasil. El precio del arroz para los próximos años 2013 y 2014 tienden al alza (Figura 2b) manteniéndose en la línea de valores promedio con poca variación. El precio estimado para el primer mes se ubicará en US \$648 la tonelada y para diciembre de 2014 puede ubicarse en US \$665 la tonelada.

El modelo estimado (1) tiene el componente autoregresivo integrado y de media móvil para un período de 12 meses. La ecuación (2) es el resultado de aplicar la logaritmo natural, diferencias de primer orden y ciclo de orden uno a la variable econométrica precio. Se observó que el modelo es un buen predictor, refleja adecuadamente el proceso estocástico generado por la serie de datos (Brockweel, 2002).

$$\text{ARIMA}(1,0,1) \times (1,0,1)_{12} \quad 1)$$

$$(1-B) \times (1-B_{12})^1 \times \ln(\text{precio})_t = 0,999(B) \times 0,781B^{12} \times a_t \quad 2)$$

El precio real de la tonelada de arroz en junio 2002 fue de US \$202, en noviembre 2012 llegó a US \$590.73 y en diciembre de 2014 la estimación gráfica presenta un valor de US \$665 (Figura 2b), en ambas series el alza refleja un pequeño desfase en el ciclo a partir del año 2008; es decir, el proceso estocástico interpretó el movimiento del precio en todos los años considerados en el estudio.

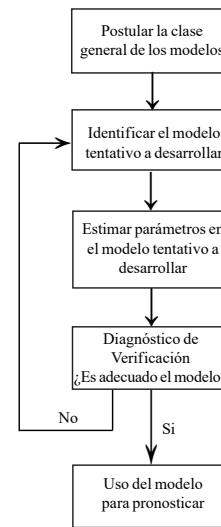


Figura 1. Flujograma básico de la metodología de Box-Jenkins (1978).

Figure 1. Basic Flowchart of the methodology of Box-Jenkins (1978).

In the 10 years of records, notes that in 2007 and 2008 showed particularly significant price increases (Figure 2a). According to Abbassia, (2012) that crisis was mainly due to natural disasters such as droughts and floods due to climate change, simultaneously there were other factors such as the increase in oil prices which caused increases in the costs of production and transportation. The number of consumers also increased in emerging economies like China, India and Brazil. The price of rice in the coming years 2013 and 2014 tend to rise (Figure 2b) remaining in the line of mean values with little variation. The estimated price for the first month clinches US \$648 a tonne for December 2014 and may reach US \$665 a tonne.

The estimated model (1) is integrated moving the average period of 12 months of autoregressive components. Equation (2) is the result of applying the natural logarithm, first order differences of order one cycle and the econometric variable price. It was observed that the model is a good predictor adequately reflects the stochastic process generated by the data series (Brockweel, 2002).

$$\text{ARIMA}(1,0,1) \times (1,0,1)_{12} \quad 1)$$

$$(1-B) \times (1-B_{12})^1 \times \ln(\text{precio})_t = 0,999(B) \times 0,781B^{12} \times a_t \quad 2)$$

The real price of a tonne of rice in June, 2002, was US \$202 in November 2012 was US \$590.73 and in December 2014 the graphical estimate has a value of US \$665

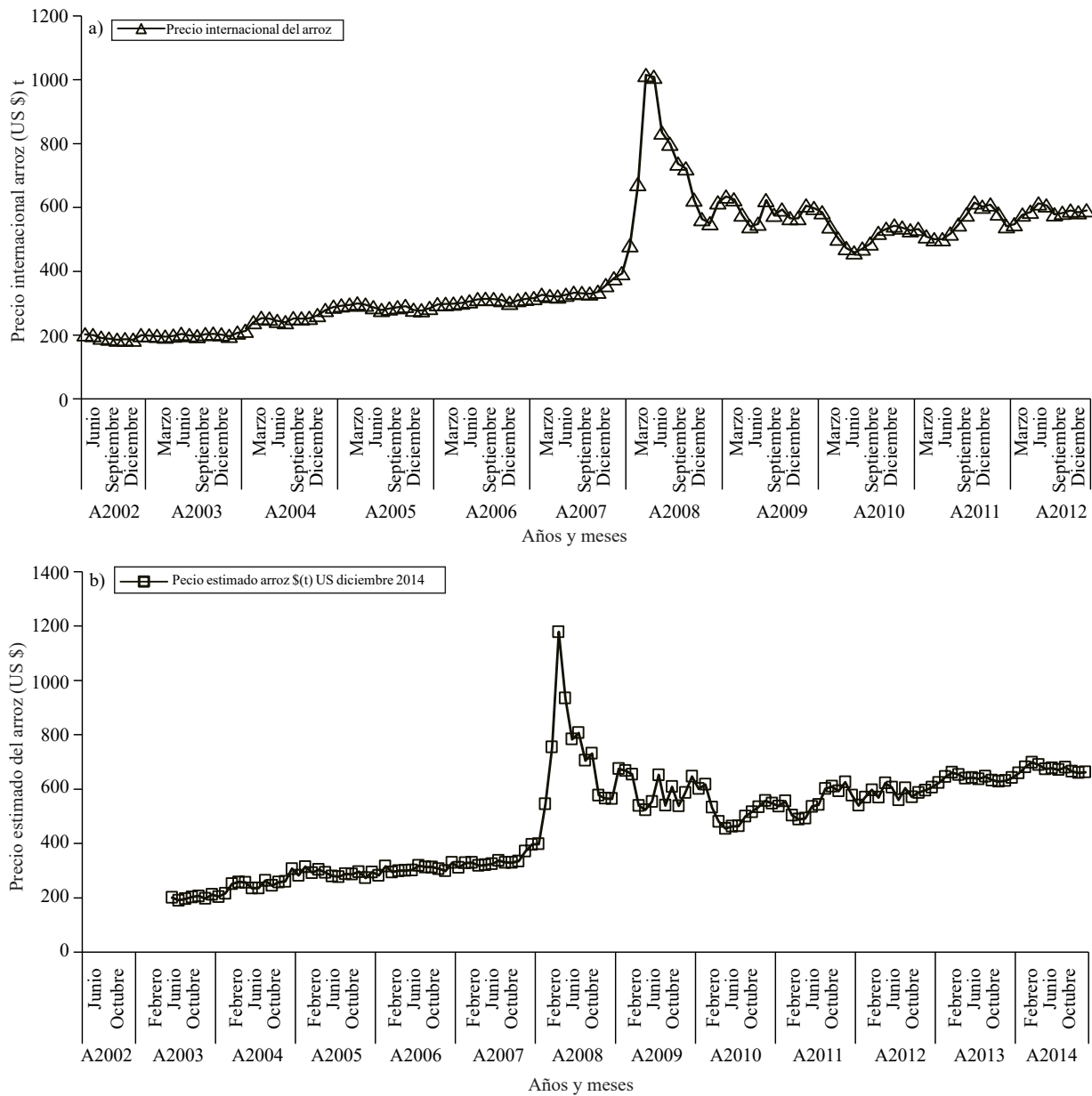


Figura 2. (a) Tendencia de los precios del arroz; y (b) Estimación precios del arroz a diciembre 2014.
Figure 2. (a) Trend rice prices; and (b) Estimated rice prices in December 2014.

Los precios intermensuales presentados en forma gráfica y su respectiva banda de estimación de 95% de confiabilidad a diciembre 2014 tienden al alza (Figura 3). Cualquier fenómeno que ocurra estará dentro de dicho rango, dado que el modelo tiene la capacidad de reflejar lo que ocurra a futuro en los precios en el mercado.

Los precios intermensuales en cifras absolutas entre la banda inferior y superior estimados hasta diciembre 2014 tienden al alza. (Cuadro 1). La banda de precios en cifras reflejó muy bien el proceso, lo que implica desde el punto de vista de los

(Figure 2b), in both series the rise reflects a small gap in the cycle from 2008; i.e., the stochastic process interpreted the price movement in all years considered in the study.

The inter-monthly prices presented in graphic form and its respective band estimate 95% of trust in December, 2014 tend to increase (Figure 3). Any phenomenon that occurs will be within this range, since the model has the ability to reflect what happens in the future at market prices.

procesos estocásticos que la técnica aplicada modeló bien el proceso generado por la serie (Karlin, 1975). La predicción mediante el modelo econométrico ajustado indicó precios de US \$648 por tonelada en el primer mes y US \$665 por tonelada a los 16 meses; es decir, diciembre de 2014. Para este período, la estimación de los precios muestran una variación entre las bandas inferior de US \$191.7 a superior de US \$2 309.0 por tonelada respectivamente.

The inter-monthly prices in absolute terms between the estimates lower and upper band until December 2014 tend to rise. (Table 1). The price band in figures reflected well the process, which means from the viewpoint of stochastic processes modeled the process generated by the series (Karlin, 1975). The prediction by the adjusted econometric model indicated prices US \$648 per tonne in the first month and \$665 per ton at 16 months;

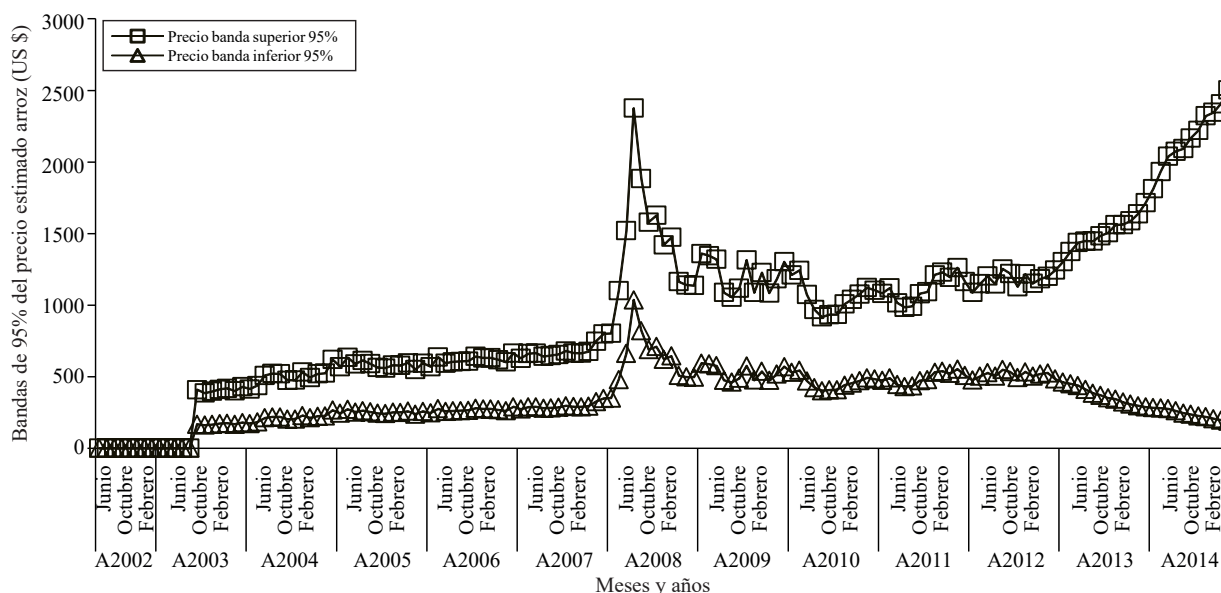


Figura 3. Tendencia de los precios del arroz y estimación a diciembre 2014 con sus respectivas bandas inferior y superior de predicción de 95%.

Figure 3. Tendency in prices of rice and estimation in December 2014 with their respective lower and upper bands at 95% prediction.

Cuadro 1. Precios estimados y bandas de predicción 95% de arroz a diciembre 2014.

Table 1. Estimated prices and prediction bands 95% of rice in December 2014.

Años 2013-2014	Precio estimado (US \$/ t)	Banda inferior 95%	Banda superior 95%
Sep.	648	344.6	1 220.7
Oct.	634	324.1	1 244.0
Nov.	630	309.3	1 283.8
Dic.	631	297.2	1 342.1
Ene.	646	291.5	1 434.6
Feb.	664	287.1	1 537.5
Mar.	688	285.5	1 661.3
Abr.	706	281.3	1 776.5
May.	697	266.6	1 824.7
Jun.	681	250.4	1 857.2
Jul.	683	241.0	1 938.7
Ago.	677	229.3	1 999.1
Sep.	684	222.8	2 104.1
Oct.	669	209.5	2 142.1
Nov.	664	199.7	2 209.1
Dic.	665	191.7	2 309.0

La estimación del primer mes presentó un valor máximo en la banda de US \$1 220.70 y un mínimo de US \$344.6 por tonelada en la banda inferior, mientras que a los 16 meses de estimación, el modelo arrojó un valor máximo de US \$2 309.0 en la banda superior y un mínimo de US \$191.7 por tonelada en la banda inferior. Es decir, la banda inferior se mantuvo más cerca del promedio estimado que la banda superior, y esta última se separó rápidamente del promedio a medida que incrementó el tiempo de estimación.

El incremento de los precios podría estar asociado a condiciones desfavorables de tipo climáticas en Asia y América del Sur. Sin embargo, algunos expertos indican que esto puede ser compensado por el hecho de que las existencias mundiales del producto, particularmente de los exportadores, son abundantes (Méndez del Villar, 2012).

Conclusiones

Los pronósticos indican que a medida que aumenta el precio del arroz existe un factor predominante en la producción; el crecimiento de la población. El modelo dice que para diciembre de 2014 el precio por tonelada de arroz podría alcanzar los US \$665 bajo condiciones normales, en caso de ocurrir cambios en las políticas agrarias de los países productores, o se presenten eventos o fenómenos naturales que afecten la producción el precio por tonelada se ubicaría en US \$2 309. En caso extremo de haber una producción superior a las expectativas de los productores, empresarios agrícolas y comercializadores el precio bajaría a US \$191.7 la tonelada. Podría resumirse a continuación, que con buen seguimiento y evaluación de los precios mediante el modelo propuesto se puede diseñar políticas y estrategias confiables que permita incrementar las inversiones y la producción mundial de dicho cereal.

Literatura citada

- Abbassia, A. 2012. FAO descartó crisis por precios de alimentos. El Mundo. <http://www.elmundo.com.ve/contenedormultimedia/videos/creditos-agricolas-no-llegan-a-miranda.aspx>.
- Box, G. E. P. and Jenkins, G. 1978. Time series analysis, forecasting and control, holden-day. San Francisco. 12-55 pp.
- Brockwell, P. J. and Davis, R. A. 2002. Introduction time series and forecasting. 2nd. (Ed.). Springer Text in Statistics. Springer, New York. 125-186 pp.

i.e. December 2014. For this period, the estimated prices show a variation between the lower bands of US \$191.7 to top \$2 309.0 per tonne respectively.

The estimation of the first month filed a maximum value in the range of US \$1 220.70 and a low of US \$344.6 per ton in the lower band, whereas at 16 months estimation, the model showed a maximum value of US \$2 309.0 in the top band and a minimum of US \$191.7 per ton in the lower band. The lower band is maintained closer to the upper band estimated, and the latter average spread rapidly increased as the average time estimation.

The price increase may be associated with unfavourable climatic kind in Asia and South America. However, some experts suggested that, this may be offset by the fact that global stocks of the product, particularly exporters are quite abundant (Méndez del Villar, 2012).

Conclusions

Forecasts indicated that while the price of rice increases, there is a predominant factor in production; the growth of the population. The model says that in December 2014 the price per tonne of rice could reach US \$665 under regular conditions, if changes occur in the agricultural policies of producing countries, or events natural phenomena that affect production, the price per ton would be at US \$2 309. In the extreme case of higher expectations of producers, agricultural entrepreneurs and marketers' production price would drop to US \$191.7 per ton. It could be summarized below, with good monitoring and evaluation of prices by the proposed model can be designed policies and strategies that enable reliable for investment and global production of that cereal.

End of the English version



- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Departamento Económico y Social- Dirección de Estadística. 2004. Estadísticas de producción. Roma, Italia. URL: http://www.fao.org/es/ess/es/index_es.asp.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Departamento Económico y Social- Dirección de Estadística. 2012. Estadísticas de producción. Roma, Italia. <http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=rice&months=120>.

- Gujarati, D. N. 2003. Basic econometrics. McGraw-Hill. Higher Education. New York. 495-530 pp.
- Karlin, S. and Taylor, H. M. 1975. A first course in stochastic processes. Academic Press. 2^o Edition. 12-35 pp.
- Méndez del Villar, P. 2012. Monthly report of the world market of rice. http://infoagro.net/pages/Visualizar_Documento.aspx?IdRecurso=6450&Sist=501.
- Montilla, J. J. 2012. Agricultura y desarrollo en Venezuela. Un plan para el nuevo siglo. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ed. Almela and Romero. Maracay, Venezuela Publicación especial Núm 37. 256 p.
- R Development Core Team. 2008. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.