



**MODELO ESTADÍSTICO PARA EL ANÁLISIS DEL
RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ EN COLOMBIA**

Luis Alfredo Silva Silva

**Fundación Universitaria Los Libertadores
Departamento de Ciencias Básicas
Especialización en estadística aplicada**

**Bogotá D.C.
2016**



**MODELO ESTADÍSTICO PARA EL ANALISIS DEL
RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ EN COLOMBIA**

Luis Alfredo Silva Silva

Asesor estadístico: Juan Camilo Santana C.

**Fundación Universitaria Los Libertadores
Departamento de Ciencias Básicas
Especialización en estadística aplicada**

**Bogotá D.C.
2016**

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, D.C 11 Junio del 2016

Las Directivas de la Universidad de
Los Libertadores, los jurados calificadores y el cuerpo
Docente no son responsables por los
criterios e ideas expuestas En el presente documento.
Estos corresponden únicamente a los autores

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	7
Introducción	8
Objetivos	9
Marco de referencia	10
Marco teórico	14
Marco metodológico	16
Análisis y resultados	18
Conclusiones y recomendaciones	24
Referencias	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Evolución de los métodos de cultivo del arroz en Colombia	11
Figura 2.	Serie: Rendimiento del cultivo de arroz en Colombia 1980-2015	18
Figura 3.	Serie diferenciada del rendimiento del cultivo de arroz En Colombia 1980-2015	19
Figura 4.	Resumen modelo ARIMA (1,1,2) – Ajuste del modelo	19
Figura 5.	Resumen modelo ARIMA (1,1,2) – Análisis de correlación	20
Figura 6.	Resumen modelo ARIMA (1,1,2) – Análisis de normalidad	20
Figura 7.	Resumen modelo ARIMAX (1,1,2) – Ajuste del modelo	21
Figura 8.	Resumen modelo ARIMAX (1,1,2) – Análisis de correlación	22
Figura 9.	Resumen modelo ARIMAX (1,1,2) – Análisis de normalidad	22

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Información de los principales modelos de series de tiempo utilizados.	23
Tabla 2.	Pronóstico de los rendimientos del cultivo de arroz en Colombia.	24

MODELO PARA EL ANALISIS DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ EN COLOMBIA

Luis Alfredo Silva Silva¹

RESUMEN

En el primer eslabón de la cadena productiva del arroz, encontramos a los agricultores, quienes cultivan el arroz paddy (arroz con cascara) que se constituye en la materia prima del arroz blanco. El rendimiento del cultivo de arroz paddy (dado por la relación entre unidades producidas y área cultivada), está determinado principalmente por variables asociadas a los insumos, labores agrícolas, condiciones agroecológicas del suelo y el clima (particularmente el ciclo de lluvias y sequías).

El presente documento analiza estadísticamente el comportamiento y evolución de los rendimientos obtenidos por área cultivada de arroz paddy en Colombia, durante un periodo de 35 años, para lo cual se propone la aplicación de series de tiempo a los datos disponibles, específicamente un modelo ARIMAX (p,d,q) a través del cual se busca recoger la sensibilidad del rendimiento histórico y la incorporación de algunas variables exógenas como: el consumo de fertilizantes, el nivel de las reservas de capital en maquinaria agrícola, la temperatura media nacional y el indicador de precipitación nacional.

El modelo obtenido es usado para describir el comportamiento de la serie y para proyectar el comportamiento esperado del rendimiento por hectárea del cultivo de arroz paddy de los próximos tres (3) años, evidenciando una muy lenta evolución de los rendimientos futuros del cultivo, lo que no contribuye a mejorar la competitividad del sector, de cara a los retos planteados por los jugadores internacionales.

Palabras clave: arroz paddy, rendimientos, hectárea, arima, arimax.

ABSTRACT

In the first link in the production chain of rice , we find farmers who cultivate rice paddy (rice husk) , rice-white raw material . Crop yield of paddy rice (ratio of units produced and cultivated area) is mainly determined by variables associated to inputs, farming, agro-ecological conditions of soil and climate (particularly the cycle of rains and drought) .

This paper statistically analyzes the behavior and evolution of the yields obtained by rice paddy cultivated area in Colombia for a period of 35 years, the proposal is to apply time series data available , specifically a ARIMAX model (p, d, q) through which it seeks to collect the sensitivity of historical performance and incorporating some exogenous variables such as: consumption of fertilizers, level of capital reserves in agricultural machinery, the national average temperature and rainfall national flag.

The obtained model is used to describe the behavior of the series and to project the expected behavior of the yield per hectare of cultivation of paddy rice for the next three (3) years , showing a very slow evolution of future crop yields , which It does nothing to improve the competitiveness of the sector , facing the challenges posed by international

Keywords: rice paddy, returns, hectare, arima, arimax.

¹ Economista, lasilvasq@hotmail.com

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

El consumo de arroz en Colombia es abastecido en mayor parte por la producción interna del grano, esta producción se ha visto amenazada tanto por la apertura económica de los años noventa, como por el tratado de libre comercio con Estados Unidos en épocas recientes. Esta amenaza surge de la falta de competitividad del sector (Núñez, Carvajal R., & Bautista, 2013).

El primer eslabón de la cadena productiva de arroz en Colombia es el cultivo del grano por parte de los agricultores, su rendimiento (medido en toneladas por hectárea) se encuentra afectado por múltiples variables.

De acuerdo con la serie analizada, no se observa que los rendimientos del cultivo de arroz en Colombia, crezcan de manera sostenible; en particular, después del primer semestre de 2011 cuando se registró una drástica caída del rendimiento del cultivo, situación que coincidió con la presencia del fenómeno de la niña (2010-2011), que origino una crisis invernal en la mayoría del territorio colombiano (Banco Interamericano de Desarrollo - BID; Comisión Económica para América Latina y el Caribe - Cepal, 2012).

No se evidencia (al menos desde la información disponible) que se incorpore al sector arrocero colombiano el uso de modelaciones estadísticas de variables, que promuevan una mejor organización y planeación de la producción que permitan, a su vez, la adopción de medidas y estrategias de respuesta ante eventos externos; la falta de instrumentos de pronóstico o de proyección hace que las acciones de mejoramiento, no se constituyan en verdaderas estrategias sostenibles y de creación de valor.

Los modelos estadísticos de series de tiempo permiten incorporar al análisis univariado, variables exógenas que posibilitan el estudio de la causalidad temporal de la variable de estudio, en este caso el rendimiento por hectárea del cultivo de arroz en Colombia.

Se hace necesario entonces, revisar las posibles relaciones que se dan entre los rendimientos por hectárea periodo tras periodo, y la influencia que tienen otras variables en el rendimiento mismo, con el fin de conocer y evaluar de manera más profunda el

fenómeno, lo que permitirá tener elementos de juicio adicionales para incorporar al estudio de la problemática planteada.

Por lo anterior, se formula la necesidad de diseñar un modelo estadístico que permita predecir los rendimientos esperados del cultivo de arroz en Colombia, a partir del análisis de los datos semestrales correspondiente al periodo comprendido entre 1980 y 2015.

Objetivo general

Pronosticar los rendimientos del cultivo de arroz paddy en Colombia para los siguientes tres años de la serie analizada (II semestre de 2015 a I semestre de 2018).

Objetivos específicos

Identificar las variables del ámbito agrícola que tengan impacto en el rendimiento por hectárea del cultivo de arroz paddy en Colombia, que tengan capacidad predictiva.

Establecer el mejor modelo de series de tiempo que explique la dinámica de los datos de los rendimientos del cultivo de arroz paddy en Colombia, para el periodo 1980 – 2015.

CAPITULO 2. MARCO DE REFERENCIA

El grano de arroz es un cereal considerado básico en la alimentación humana por su aporte calórico, la planta es del tipo herbácea, el tallo es cilíndrico con nudos y entrenudos alternados, en sus espigas germina el grano-semilla.

De acuerdo con los datos de la División de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el cultivo de arroz ha ocupado lugares importantes en cuanto al total del área sembrada en Colombia. Es un cultivo de gran importancia en muchos países, especialmente en países pobres, donde representa un patrimonio cultural y una necesidad socioeconómica. FAO, 2004, citado por (Tirado Ospina & Barreto Ortíz, 2014).

Por su parte, las cadenas productivas (en términos generales) pueden definirse cómo el conjunto de actividades o intervenciones que realizan varios agentes en diferentes etapas, a través de las cuales se surte un proceso de transformación, hasta la consecución de un producto o servicio final. En la cadena productiva los participantes se integran alrededor de la producción de un bien o servicio y que van desde los productores de materias primas hasta el consumidor final (Isaza Castro, 2008).

La cadena productiva del arroz en Colombia se caracteriza por reflejar los intereses (generalmente) opuestos de sus actores, en las diferentes etapas de la producción. Estos intereses se ven reflejados en las diversas opciones de política implementadas, y son el resultado de un juego de economía política que refleja una combinación de objetivos de política e influencias de grupos de interés. (Fedesarrollo, 2013).

Sin perjuicio de que la cadena productiva del arroz en Colombia presente o no las características indicadas, se utilizará la expresión para referir e identificar a los principales agentes que participan de la producción del grano. Los principales agentes o actores de la cadena productiva del arroz en Colombia son:

- i. los agricultores, a cargo de la producción del grano, conforman el primer eslabón de la cadena productiva que suministra la materia prima de todo el proceso productivo, este eslabón inicia con la siembra (previo el alistamiento y preparación de la tierra) y culmina con la recolección y transporte del grano; de acuerdo con los datos disponibles,

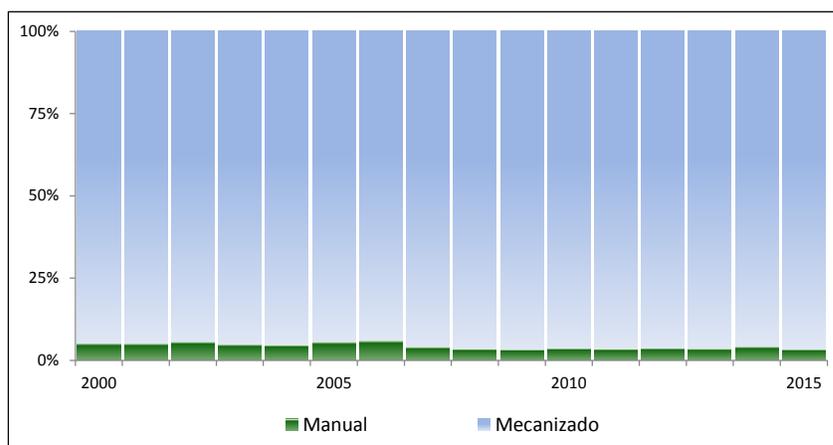
los departamentos de Tolima y Meta concentran la mayor parte de la producción nacional.

ii. los molinos, que hacen parte de la denominada agroindustria, quienes tienen a su cargo las actividades relacionadas con la limpieza, secado, almacenamiento y trilla (la mayoría de las grandes empresas molineras del país, incluyen el proceso de empaquetado); y por último,

iii. los supermercados y tiendas, quienes hacen parte de la llamada comercialización, encargados de llevar el producto a los consumidores finales (hogares).

La producción del grano por parte de los agricultores se realiza a través del cultivo semestral (cultivos de ciclo corto, dado que se obtienen dos cosechas en el año), principalmente por dos métodos: el mecanizado, caracterizado por el empleo de maquinaria en las etapas del proceso productivo del cultivo y el manual, caracterizado por el uso intensivo de mano de obra. Por otro lado, el método mecanizado es a su vez dividido en arroz riego, aquel en el que el agua es provista a través de canales; y arroz seco, en el que el agua proviene únicamente del periodo de lluvias.

Según datos de la Federación Nacional de Arroceros - FEDEARROZ y como lo muestra la figura 1, en los últimos años la siembra mecanizada de riego y seco ha estado alrededor del 96%, y el manual viene representando el restante 4%. (Federación Nacional de Arroceros - FEDEARROZ, 2016).



Fuente: FEDEARROZ, 2016. Construcción propia.

Figura 1. Evolución de los métodos de cultivo del arroz en Colombia.

El rendimiento obtenido por el cultivo de arroz es medido en toneladas por hectárea cultivada, una mayor relación indicará un mejor aprovechamiento del área cultivada.

Las principales variables que inciden en el rendimiento del cultivo de arroz, son:

i. La utilización y aplicación de fertilizantes y semillas certificadas (genética); la planta de arroz requiere varios nutrientes esenciales para llegar a un óptimo rendimiento; los nutrientes necesarios para producir una tonelada de arroz paddy en los trópicos es de 20,5 kg de nitrógeno, 5,1 kg de fósforo y 44,4 kg de potasio por hectárea. (Chaudhary, Nanda, & Tran, 2003).

ii. Las labores agrícolas, entendida como el manejo adecuado del cultivo, particularmente en las etapas de siembra y recolección.

Para obtener los mejores rendimientos es necesario aplicar las prácticas culturales en el momento oportuno; la integración de buenas prácticas en el manejo del cultivo es un factor de éxito para el rendimiento del mismo. (Chaudhary, Nanda, & Tran, 2003).

iii. El suelo o las condiciones agroecológicas de la tierra; las mayores limitaciones del suelo para la producción de arroz son la erosión, la deficiencia de nutrientes, la toxicidad y los suelos inadecuados. (Chaudhary, Nanda, & Tran, 2003).

iv. El clima, particularmente el ciclo de lluvias y sequías. Los mejores rendimientos se obtienen en el primer semestre del año, debido a la óptima disponibilidad hídrica en ese periodo, el mayor porcentaje de lluvias se concentra en la primera temporada del año. (Fernández, 2013).

Las temperaturas por debajo o por encima del rango normal afectan adversamente las fases vegetativas y reproductivas de las plantas; la temperatura óptima para una buena germinación está comprendida entre 20°C y 35°C mientras que para la emergencia de la plántula y el crecimiento inicial se encuentra entre 20°C y 30°C. (Chaudhary, Nanda, & Tran, 2003).

El nivel recomendado de agua o de humedad en el suelo es esencial para mantener un adecuado manejo de los nutrientes, control de malezas y enfermedades; en la producción de arroz secano la lluvia es un factor crítico; la planta de arroz es muy sensible a la sequía, desde la etapa de la iniciación de la panoja hasta la formación de

la espiga (el rendimiento disminuye al aumentar la esterilidad de la espiguilla).
(Chaudhary, Nanda, & Tran, 2003).

CAPITULO 3. MARCO TEÓRICO

Para cultivos ya establecidos previo a la recolección, existe un modelo o metodología que determina el rendimiento por hectárea; la formula está dada por el número de panojas por m² x número de espiguillas por panoja x porcentaje de espiguillas llenas (granos maduros) x peso de 1000 granos (en gramos) (Chaudhary, Nanda, & Tran, 2003).

El número de panojas/m², el número de espiguillas por panoja y el porcentaje de espiguillas llenas (granos maduros), son interdependientes y, por lo tanto, esos componentes no pueden ser aumentados independientemente de los otros. El peso de 1000 granos es un carácter estable de la variedad.

Por su parte, la estadística ofrece técnicas para el análisis de datos históricos, que permiten:

- i. Describir la evolución observada de una serie de datos, así como las relaciones entre sus componentes;
- ii. Prever la evolución futura de dicha serie de datos; y
- iii. Contrastar (presentar evidencia empírica en favor o en contra) de alguna teoría sobre las características o variables a las que se refieren los componentes de dicha serie (Mauricio, 2007).

Los modelos autorregresivos integrados de medias móviles ARIMA (p,d,q) utilizan variaciones y regresiones de datos estadísticos con el fin de encontrar patrones para una predicción de series hacia el futuro, es decir, que las estimaciones futuras vienen explicadas por los datos pasados de la misma variable.

En las series de tiempo no estacionarias, la media y la varianza no son constantes en el tiempo, con el fin de lograr la condición estacionaria que requiere la metodología Box-Jenkins, se recurre a diferenciarla. En general, cuando una serie de tiempo se diferencia d veces para hacerla estacionaria y luego aplicarle el modelo ARMA(p,q), se dice que la serie de tiempo original es ARIMA(p,d,q), es decir, es una serie de tiempo autorregresiva integrada de promedios móviles, donde p denota el número de términos autorregresivos (parámetros), d el número de veces que la serie debe diferenciarse

para hacerse estacionaria y q el número de términos de promedios móviles (parámetros) (Gujarati & Porter, 2009).

Los denominados modelos ARIMAX (p,d,q) permiten incorporar variables exógenas, a la influencia histórica de la serie.

CAPITULO 4. MARCO METODOLÓGICO

La serie analizada fue tomada de la página WEB de la Federación Nacional de Arroceros - FEDEARROZ (http://www.fedearroz.com.co/new/apr_public.php), la información se presenta semestral y contiene los datos referidos al área cosechada en el país (expresada en hectáreas), la producción (expresada en toneladas) y el rendimiento (toneladas por hectárea) que refleja la relación entre producción obtenida y área cosechada; así mismo, se encuentra clasificada según el sistema de producción (mecanizado y manual) y 5 zonas o regiones (centro, llanos, bajo cauca, costa norte y santanderes). La serie contiene 71 datos semestrales que corresponden al periodo comprendido entre el primer semestre de 1980 y el primer semestre de 2015.

En la serie analizada se encuentran altos rendimientos como es el caso del segundo semestre de 2007 cuando se obtuvieron rendimientos de 5.85 toneladas por hectárea; en contraposición el más bajo rendimiento de la serie es el obtenido en el primer semestre de 2011 con 3.97 toneladas por hectárea, coincidiendo esta última con la presencia del fenómeno de la niña (2010-2011), que origino una crisis invernal en la mayoría del territorio colombiano.

Las variables exógenas incluidas en el modelo, tienen que ver con algunos aspectos relacionados con el cultivo de arroz paddy, que pueden llegar a ser determinantes de su rendimiento; estas variables son: el consumo de fertilizantes (nitrogenados, fosfatados y potásicos), el nivel de las reservas de capital en maquinaria agrícola, la temperatura media nacional y el indicador de precipitación nacional. Los datos relacionados con el consumo de fertilizantes y el nivel de reservas de capital en maquinaria agrícola, fueron tomados de la División Estadística de la FAO; la temperatura media nacional y el indicador de precipitación nacional, fueron consultados de documentos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

El diseño del modelo arimax (p,d,q) aplicable a la serie de tiempo correspondiente al cultivo de arroz paddy en Colombia, se realiza en el software estadístico R (<https://cran.r-project.org/>), de uso libre y que permite efectuar todos los cálculos necesarios para la construcción del modelo requerido.

En la construcción del modelo, se agotaron cuatro etapas:

1. Identificación de los parámetros (p,d,q), etapa en la cual se generaron y analizaron las gráficas de la serie, la función de auto-correlación (ACF), la función de auto-correlación parcial (PACF) y diagrama de caja; con el fin de observar el comportamientos de los datos, en esta etapa se pueden advertir principalmente: tendencias, ciclos, correlaciones entre los rezagos y datos atípicos.

La prueba de Dickey-Fuller, permite validar si la serie es o no estacionaria, con el fin de identificar y evaluar el modelo que puede ser utilizado.

2. Estimación, luego de establecer los valores apropiados de p, d y q, se estiman los parámetros de los términos autorregresivos y de promedios móviles incluidos en el modelo, aplicando rutinas en el software estadístico, para concluir con el modelo propuesto.

3. Diagnóstico, en esta etapa se efectúan las pruebas a los supuestos del modelo, especialmente los que tienen que ver con sus residuos; se evalúa el ajuste del modelo seleccionado a los datos de la serie, a través de un proceso iterativo.

4. Pronóstico, una vez obtenido el modelo que mejor ajusta la serie, se procede con el pronóstico del rendimiento del cultivo de arroz paddy en Colombia, para el corto plazo: los 3 años siguientes (II semestre de 2015 a I semestre de 2018).

CAPITULO 5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Los resultados se presentan conforme se desarrollan las etapas previamente definidas; en la identificación de los parámetros, la figura 2 muestra una tendencia temporal definida en los rendimientos del cultivo de arroz paddy en Colombia, en el periodo 1987 a 2008; el diagrama de caja no evidencia la presencia de datos atípicos.

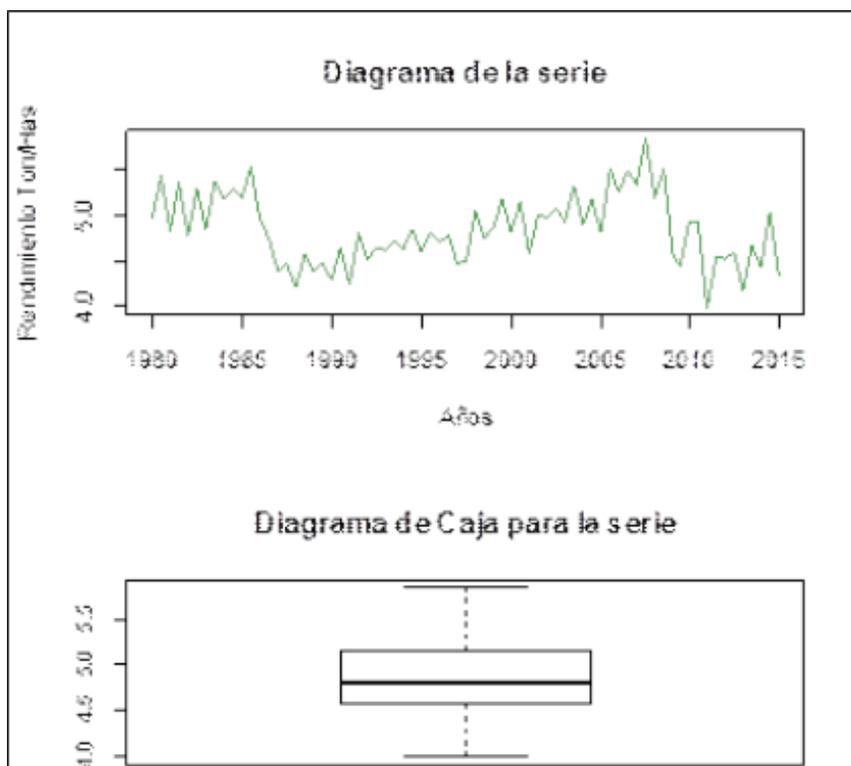


Figura 2. Serie: Rendimiento del cultivo de arroz en Colombia 1980-2015.

La prueba de Dickey – Fuller indica que la serie de los rendimientos del cultivo de arroz en Colombia para los años 1980-2015, presenta raíz unitaria (p -value igual a 0.464), lo que la hace una serie no estacionaria; consecuentemente, la primera diferencia de la serie, no presenta raíz unitaria (p -value igual a 0.01), obteniendo la estacionariedad requerida por la metodología Box & Jenkins, en otras palabras la serie es integrada de orden 1.

La estructura de correlaciones, para la serie diferenciada de los rendimientos del cultivo de arroz en Colombia, presentadas en la figura 3, muestra una caída suave a medida que avanzan los rezagos y cortes para los primeros diez rezagos, en la función de autocorrelación parcial.

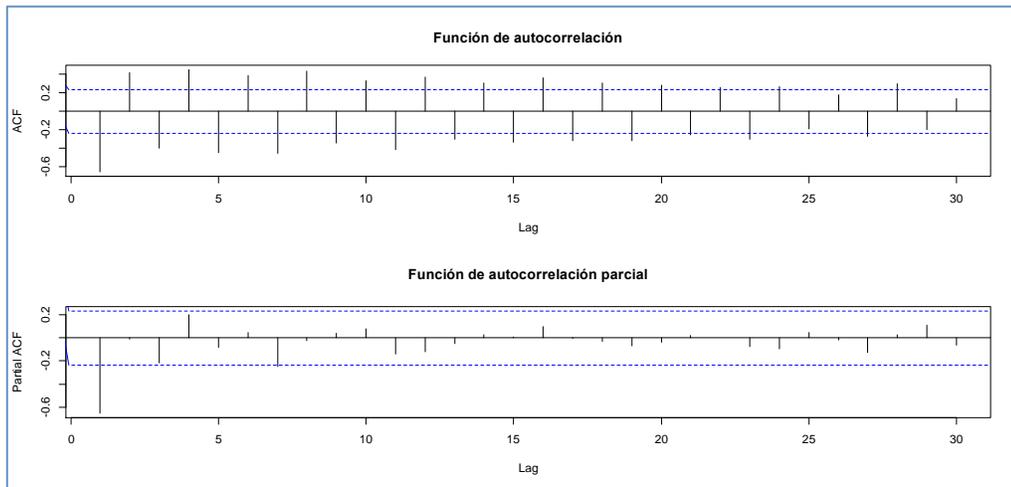


Figura 3. Serie diferenciada del rendimiento del cultivo de arroz en Colombia 1980-2015.

Como complemento a lo observado en la figura 3, se hace una evaluación del criterio de información bayesiano (BIC), teniendo en cuenta el orden de integración encontrado (1); el proceso sugiere un modelo ARIMA (1,1,2) dado que es el menor BIC asociado.

El modelo ARIMA (1,1,2) generado, presenta coeficientes significativos; AIC de 18,67 y BIC calculado en 24,86; el error cuadrático medio - ECM calculado es igual a 0.065.

De forma gráfica, algunos aspectos del resultado del modelo obtenido se presentan en la figura 4.

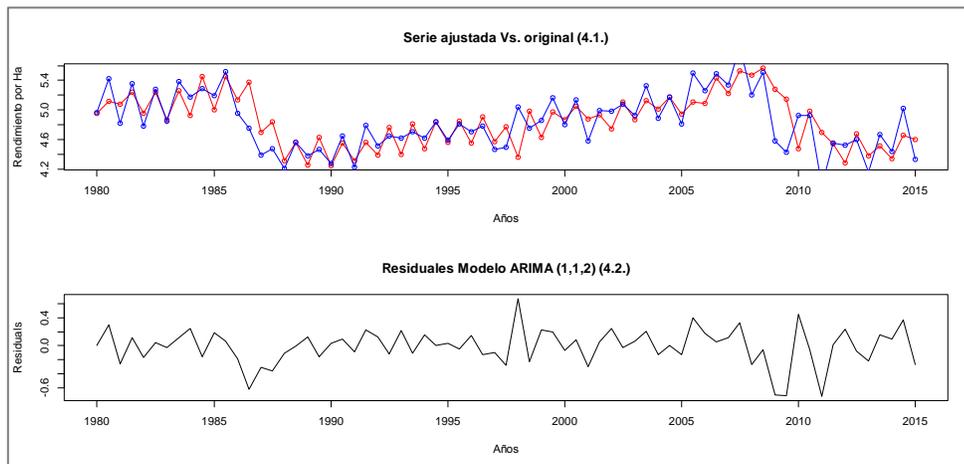


Figura 4. Resumen modelo ARIMA (1,1,2) – Ajuste del modelo

El modelo, al inicio de la serie, se ajusta aceptablemente; sin embargo, se observa un desajuste cuando la serie presenta grandes variaciones (1988-1989 y 2008-2009).

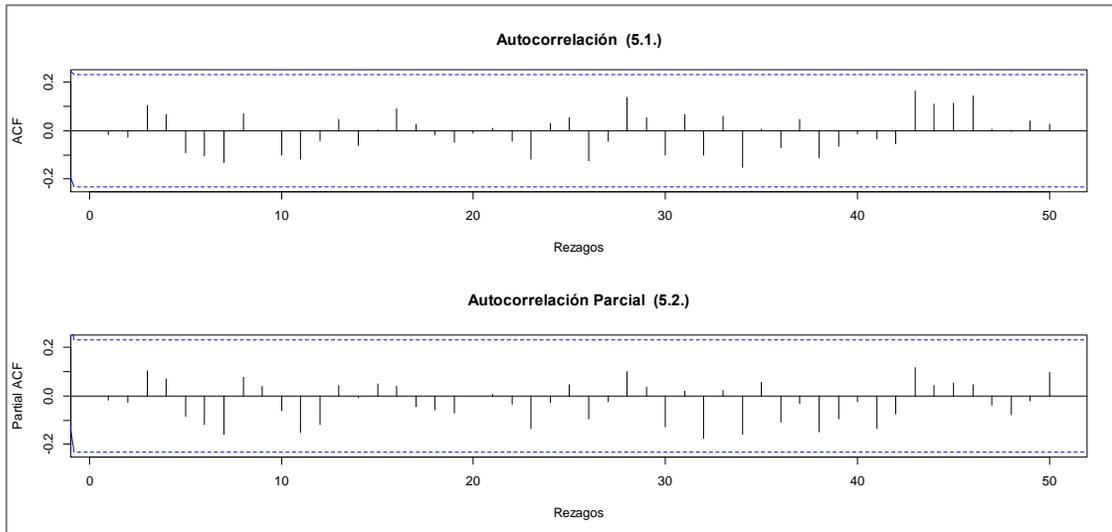


Figura 5. Resumen modelo ARIMA (1,1,2) – Análisis de correlación

La función de autocorrelación y correlación parcial muestran un comportamiento aceptable, la prueba de Box-Ljung es satisfactoria (p-value igual a 0.993), por lo cual se acepta que no existe correlación entre los residuos del modelo.

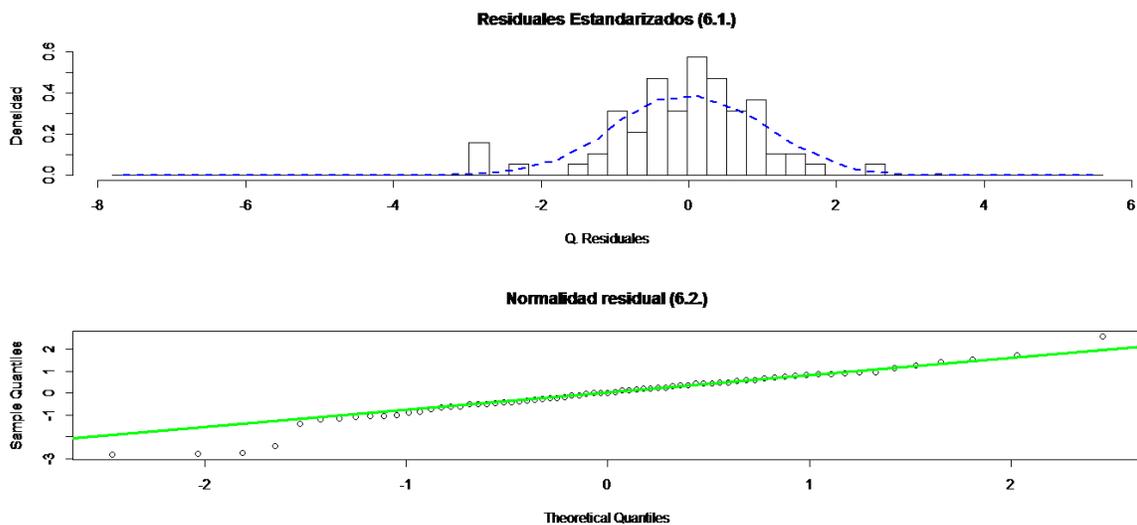


Figura 6. Resumen modelo ARIMA (1,1,2) – Análisis de normalidad

Por su parte el resultado de normalidad no es satisfactorio, gráficamente se observan problemas en las colas, esto es corroborado por las pruebas de Jarque Bera y Shapiro Wilk (p-value igual a 0.012 y 0.014, respectivamente).

Para la construcción del modelo ARIMAX (p,d,q), utilizamos los datos de las siguientes variables exógenas: el consumo de fertilizantes, el nivel de las reservas de capital en maquinaria agrícola, la temperatura media nacional y el indicador de precipitación nacional. Los coeficientes asociados al consumo de fertilizantes y a la reserva de capital en maquinaria agrícola, no son significativos (coeficientes cercanos a cero), por lo que se decide retirar estas variables del análisis.

El modelo ARIMAX (1,1,2) obtenido, presenta coeficientes menos significativos que el modelo ARIMA (1,1,2); pero tiene mejor AIC (15,59) y mejor ECM (0.061), aunque no obtiene el menor BIC (26,91) debido al castigo que recibe el modelo por incorporar las dos variables exógenas (parámetros). De forma gráfica, el resultado se presenta en la figura 7.

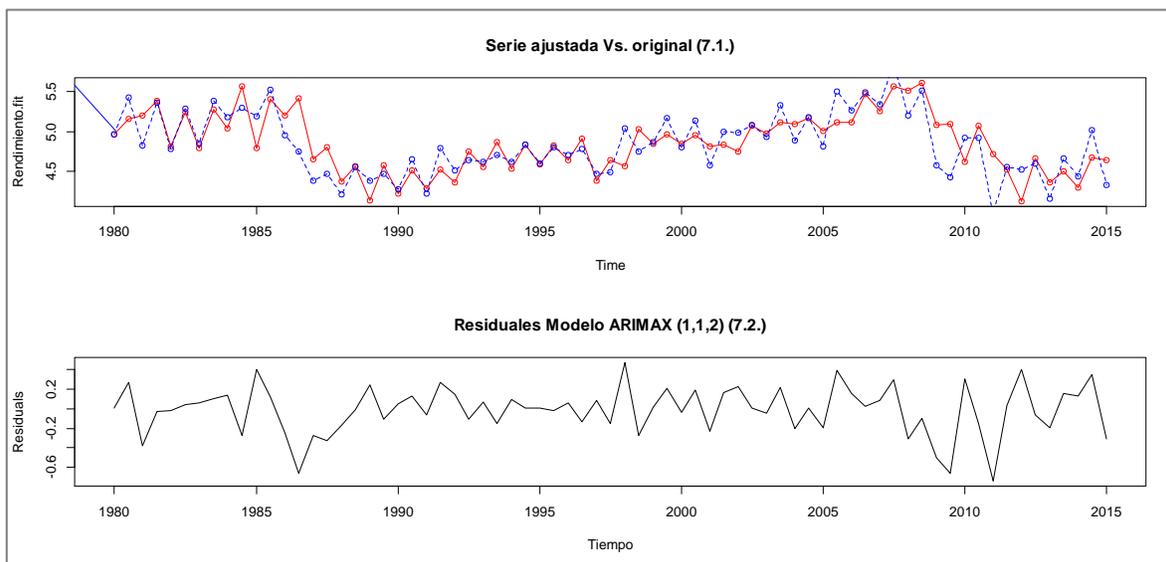


Figura 7. Resumen modelo ARIMAX (1,1,2) – Ajuste del modelo

En algunos periodos se observa un buen ajuste, no obstante esta situación no es constante durante toda la serie, se puede considerar que el modelo ajusta aceptable la serie original.

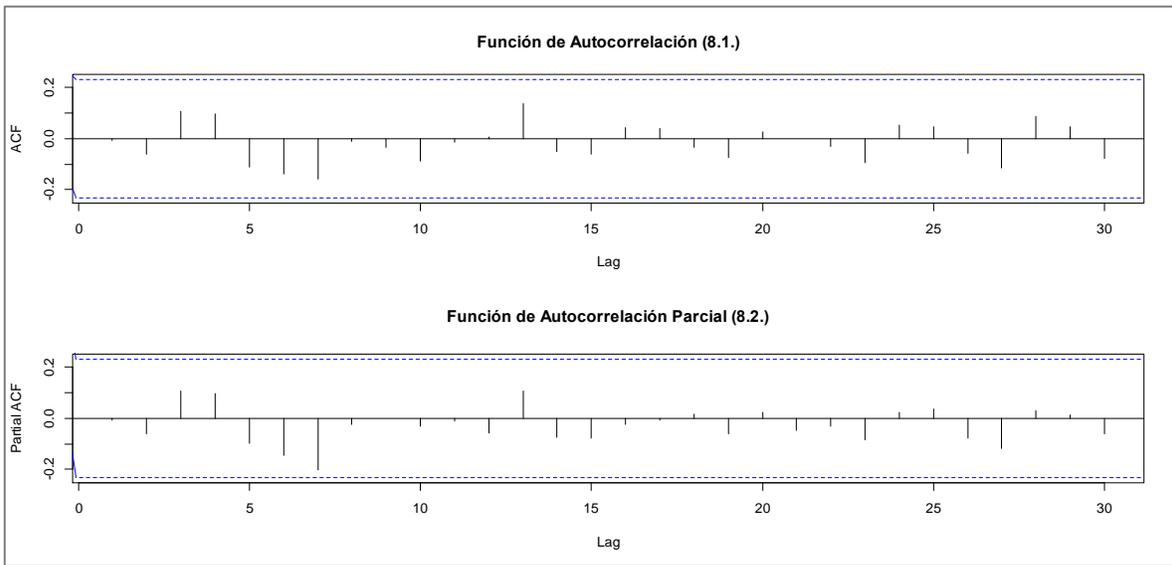


Figura 8. Resumen modelo ARIMAX (1,1,2) – Análisis de correlación

La función de autocorrelación y correlación parcial muestran buen comportamiento, la prueba de Box-Ljung es satisfactoria (p -value igual a 0.981), por lo cual se acepta que no existe correlación entre los residuos del modelo.

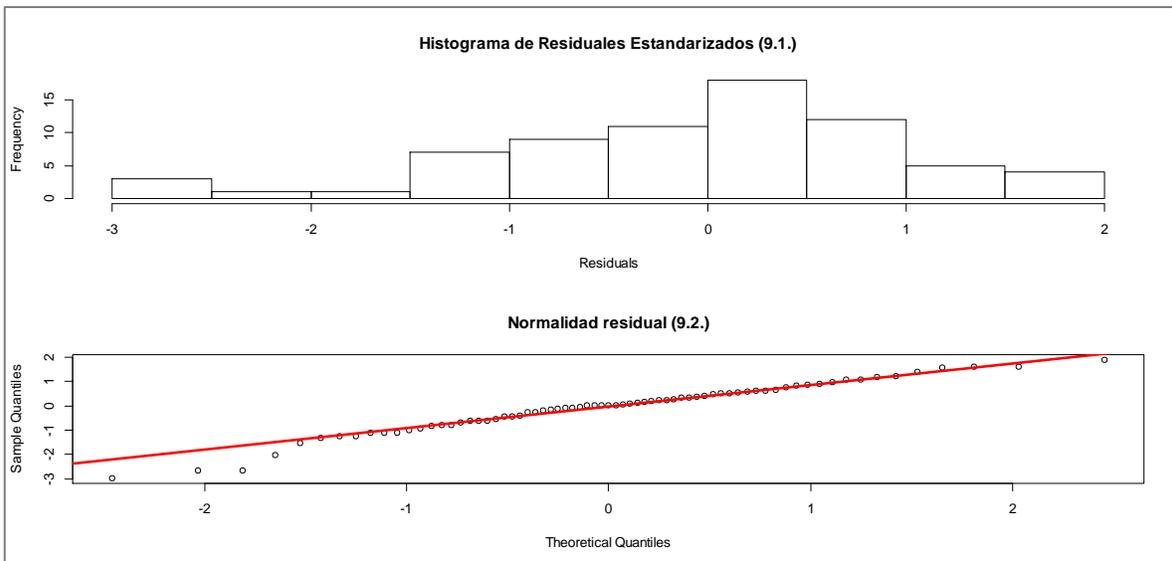


Figura 9. Resumen modelo ARIMAX (1,1,2) – Análisis de normalidad

Por su parte el resultado de normalidad no es satisfactorio, gráficamente se observan algunos problemas en las colas, esto es corroborado por las pruebas de Jarque Bera y Shapiro Wilk (p -value igual a 0.042 y 0.056, respectivamente).

La tabla 1 contiene de forma resumida, la información asociada a cada uno de los principales modelos aplicados, a la serie del rendimiento del cultivo de arroz en Colombia 1980 – 2015; el modelo ARIMAX (1,1,2) incorpora tanto las variables exógenas de forma contemporánea (en el mismo tiempo de la variable de estudio), como de forma rezagada (*).

Tabla 1. Información de los principales modelos de series de tiempo utilizados.

TABLA COMPARATIVA DE LOS MODELOS EXPLORADOS							
MODELO	COEF.	AIC	BIC	Test Box-Ljung (p-valor)	Test Jarque Bera (p-valor)	Test Shapiro-Wilk (p-valor)	ECM
ARIMA (1,1,2)	3	18,67	24,86	0,993	0,012	0,014	0,065
ARIMA (1,1,0)	1	27,89	29,98	0,397	0,004	0,019	0,083
ARIMA (1,1,1)	2	26,35	30,51	0,610	0,296	0,211	0,077
ARIMAX (1,1,2)	5	15,59	26,91	0,981	0,042	0,056	0,061
ARIMAX (1,1,2)*	5	15,00	26,31	0,959	0,153	0,307	0,060

CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los modelos de series de tiempo obtenidos en desarrollo de este trabajo, presentan particularidades que los diferencian entre sí, lo que dificulta la escogencia del modelo óptimo, dado que no hay un modelo que se destaque sobre los demás. No obstante, el modelo ARIMAX (1,1,2) dada la característica de incorporar variables exógenas (particularmente las relacionadas con el clima) puede pronosticar de mejor forma, los rendimientos futuros del cultivo de arroz en Colombia.

Los rendimientos pronosticados para el periodo que va desde el segundo semestre de 2015 al primer semestre de 2018, se muestran en la tabla 2.

Tabla.2. Pronóstico de los rendimientos del cultivo de arroz en Colombia

Arimax (1,1,2) exógenas contemporaneas	2015		2016		2017		2018	
	II sem.	I sem.						
Pronóstico	4,71	4,36	4,69	4,34	4,68	4,34	4,68	4,34

Arimax (1,1,2)* exógenas rezagadas	2015		2016		2017	
	I sem.	II sem.	I sem.	II sem.	I sem.	II sem.
Pronóstico	4,073	4,376	4,074	4,376	4,075	4,376

Los resultados del modelo estadístico seleccionado, permiten concluir que los rendimientos futuros del cultivo de arroz paddy en Colombia, se mantienen en niveles por debajo de la media y de la mediana de la serie, y no existe evidencia estadística de una mayor eficiencia en la producción del cultivo.

De las variables evaluadas, la que mejor explica los rendimientos del cultivo de arroz Paddy en Colombia, es ella misma.

Se recomienda explorar otras variables asociadas a los determinantes del rendimiento del cultivo de arroz, para ser incorporadas al modelo, en la búsqueda del modelo óptimo.

REFERENCIAS

- Banco Interamericano de Desarrollo - BID; Comisión Económica para América Latina y el Caribe - Cepal. (2012). Valoración de daños y pérdidas Ola invernal en Colombia 2010-2011. Bogotá.
- Chaudhary, R., Nanda, J., & Tran, D. (2003). Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. Roma.
- Federación Nacional de Arroceros - FEDEARROZ. (2016). fedearroz.com.co. Obtenido de http://www.fedearroz.com.co/new/apr_public.php
- Fedesarrollo. (2013). Política comercial para el arroz. Bogotá.
- Fernández, M. E. (2013). Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de cultivos por sectores mediante el modelo de simulación AquaCrop V. 3.1. Bogotá: Contrato de cooperación técnica CO-T1150; Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo – FONADE; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM; Banco Interamericano de Desarrollo - BID.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). Econometría (quinta edición). México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Isaza Castro, J. G. (2008). Cadenas productivas. Enfoques y precisiones conceptuales. Obtenido de revistas.uexternado.edu.co: <http://revistas.uexternado.edu.co/index.php/sotavento/article/view/1602>.
- Mauricio, J. A. (2007). Análisis de Series Temporales. Madrid.
- Núñez, J. d., Carvajal R., J. C., & Bautista, L. A. (2013). El TLC con Estados Unidos y su impacto en el sector agropecuario colombiano: Entre esperanzas e incertidumbres. Revista Electrónica de la facultad de Derecho, 118-133.
- Tirado Ospina, Y. C., & Barreto Ortiz, J. M. (2014). Evaluación de la competitividad del arroz colombiano frente al estadounidense: Un análisis de la seguridad alimentaria en el marco del TLC. Ibagué.