

# Aplicación de la metodología de series de tiempo en la estimación de los niveles de exportaciones de café de Colombia periodo 1958-2011



## *Application of time series methodology the estimation of the levels of exports of Colombia's coffee period 1958 - 2011*

Miguel O. Perez <sup>1</sup>, Giampaolo Orlandoni Merli <sup>2</sup>, Josefa Ramoni Perazzi <sup>3</sup>

### RESUMEN

Un elemento fundamental para el sector cafetero colombiano, es saber a corto, mediano y largo plazo, el comportamiento de las exportaciones de café suave de Colombia, para conocer su relación en los procesos de ventas y producción. En concordancia con lo anterior, se realizó una evaluación de los niveles de exportaciones de café, en forma mensual desde inicios de 1958 hasta finales de 2008. Con el objetivo de desarrollar un modelo que permita caracterizar y obtener pronósticos sobre el comportamiento de las exportaciones de café realizadas en el país; para ello, se usó la metodología *Box Jenkins*, siguiendo las fases para los modelos ARIMA (Autoregresivo Integrado de Media Móvil). Los datos fueron tomados de la página web de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. La serie bajo estudio mostró un comportamiento estacional, donde los primeros trimestres presentan los menores niveles del año, particularmente en febrero, mes que registra los niveles más bajos de exportaciones del año, estos niveles trimestralmente van incrementándose de forma paulatina hasta alcanzar el mayor nivel de exportaciones en el IV trimestre, específicamente entre Noviembre y Diciembre. Finalmente se obtuvieron los pronósticos entre los años 2009 y 2011, siguiendo un comportamiento estable respecto al periodo de validación de la muestra de la serie. Los datos fueron analizados utilizando el lenguaje R -PROJECT v 11.0.

**Palabras claves:** Modelos de series de tiempo, Metodología Box Jenkins, Modelos ARIMA, Exportaciones de café

### ABSTRACT

A fundamental element for the coffee Colombian sector, is to know to short, medium and long term, the behavior of the exports of soft coffee of Colombia, to know his relation in the processes of sales and production. In conformity with the previous thing, the present work was elaborated realizing an evaluation of the levels of exports of coffee, in monthly form from beginnings of 1958 until ends of 2008. With the aim to develop a model who allows to characterize and to obtain forecasts on the behavior of the exports of coffee realized in the country, the methodology used Box Jenkins, following the phases for the models ARIMA (Autoregressive Integrated of Mobile Average).

The information was taken of the web page of the National Federation of Coffee Growers of Colombia. In the series under study a seasonal behavior was observed, where the first quarters present the minor levels of the year, particularly in February, month that registers the lowest levels of exports of the year, these levels quarterly go increasing of gradual form up to reaching the major level of exports in the quarter IV, specifically between November and December. Finally the forecasts were obtained between the year 2009 and 2011, following a stable behavior with regard to the period of validation of the sample of the series. The information was analyzed using the language R.

**Keywords:** Time series models, Box Jenkins methodology, exports of coffee, ARIMA models.

### INTRODUCCIÓN

Internacionalmente, Colombia goza de un importante reconocimiento por ofrecer un café de calidad, situación que ha permitido que los compradores aprecien y paguen un “sobre precio” por el café colombiano, lo que se denomina como “prima de calidad”. Ésta ha sido la principal estrategia de competitividad del café colombiano a lo largo del tiempo y se ha mantenido gracias a los permanentes esfuerzos en materia de producción (prácticas estandarizadas de cultivo, recolección manual, beneficio húmedo) y de control de calidad en todas las etapas del proceso de comercialización.

De acuerdo con cifras de la Organización Internacional del Café (OIC), las exportaciones mundiales de café en 2010 ascendieron a 97,5 millones de sacos, apenas 1% por encima del año anterior (96,1 millones de sacos). Pese a este pequeño repunte, los principales orígenes presentaron menores embarques. En efecto, las exportaciones provenientes de Vietnam cayeron 12%, mientras los embarques de Colombia disminuyeron 1%, las exportaciones de Centroamérica se mantuvieron prácticamente inalteradas y los embarques totales de café de Brasil aumentaron 5%. Por su parte, cuando se analizan los datos de exportaciones mundiales por tipo de café se encuentra que el 37% de los embarques correspondió a café robusta, 27% a los naturales del Brasil y 31% a los cafés suaves. Finalmente, el valor de la cuenta cafetera en 2010, obtenido como el producto entre el volumen de embarques y el precio promedio indicativo de la OIC para cada tipo de café, presentó un aumento de 31%, al pasar de USD14.303 millones en 2009 a USD 18.746 millones en 2010, comportamiento explicado por el aumento generalizado en los precios del café.<sup>1</sup>

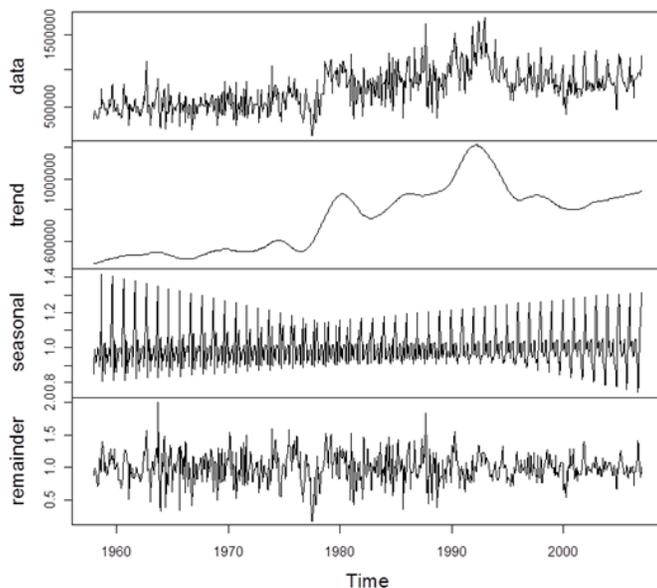
La posibilidad de predecir el comportamiento de las exportaciones de café, se convierte en una herramienta fundamental en el manejo de la política cafetera.<sup>2</sup>

Con base en lo anterior se analiza la serie de tiempo de la exportación de café suave colombiano de sacos de 60 kg con el fin de predecir el comportamiento a corto plazo a través de procesos autoregresivos de medias móviles (ARIMA).

### Análisis exploratorio de los datos

La muestra de observaciones fue dividida en dos submuestras<sup>3</sup>: la primera, denominada muestra de estudio o de entrenamiento, comprende el periodo de enero de 1958 hasta diciembre de 2007, y la segunda llamada muestra de validación comprende desde el año enero de 2008 hasta septiembre de 2011. Con la muestra de entrenamiento el objetivo es proponer un modelo o lista de modelos y con la muestra de validación se quiere evaluar la validez del modelo desde el punto de vista de los pronósticos.

En la figura 1 se analiza la descomposición de la serie que es presentada con los cuatro componentes básicos: tendencia, estacionalidad, cíclico y residual.



**Figura 1.** Descomposición de la serie estacional, en tendencia, cíclico y residual aplicada a los datos mensuales de las exportaciones de café colombiano (1958-2008). Fuente de la imagen: Autores del texto.

De acuerdo a la Figura 1, se realizan las apreciaciones respecto a la descomposición de la serie:

Se evidencia cierta estacionalidad debido a que la serie es mensual. Se presenta una estacionalidad de mayor a menor escala, pero en 1980 vuelve a ampliarse la variación, es decir presenta una amplificación continua en el tiempo.

Esta situación expresa que el modelo es indiscutiblemente multiplicativo, ya que se indica homocedasticidad en la serie.

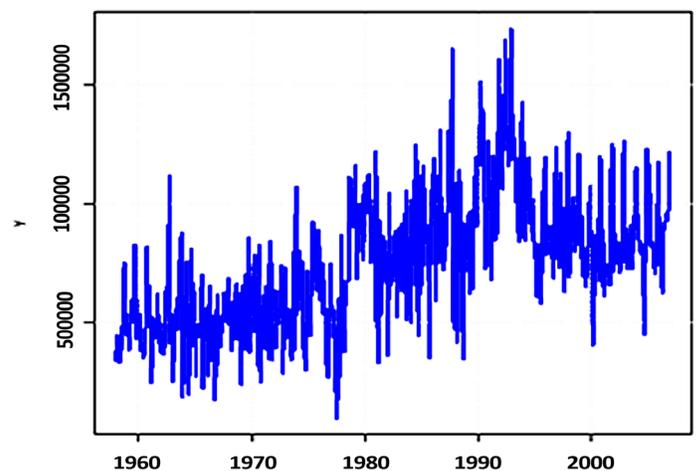
La tendencia, manifiesta ser creciente hasta el año 1998 aproximadamente. Desde este año hasta el 2006, se presenta una tendencia estable en el tiempo, sin producirse grandes cambios en la exportación del café.

Referente al componente residual, presenta un comportamiento estable alrededor de un valor específico, sin mayores fluctuaciones, indicando la presencia de ruido blanco.

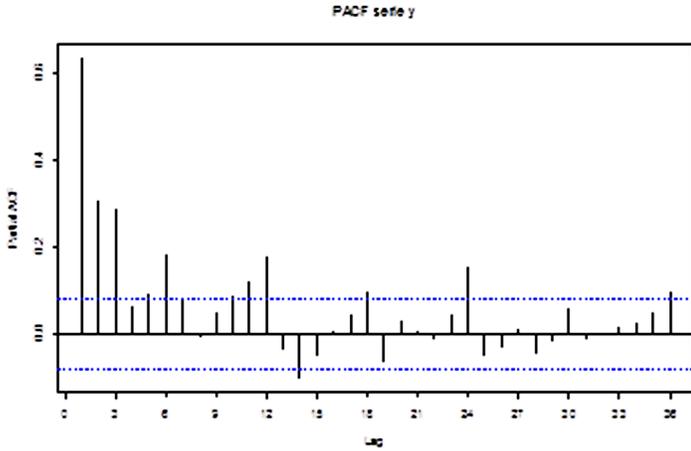
Teniendo una idea del comportamiento de la serie, seguidamente se analiza la serie en dirección de la metodología propuesta por Box Jenkins.<sup>4</sup>

### Identificación del modelo

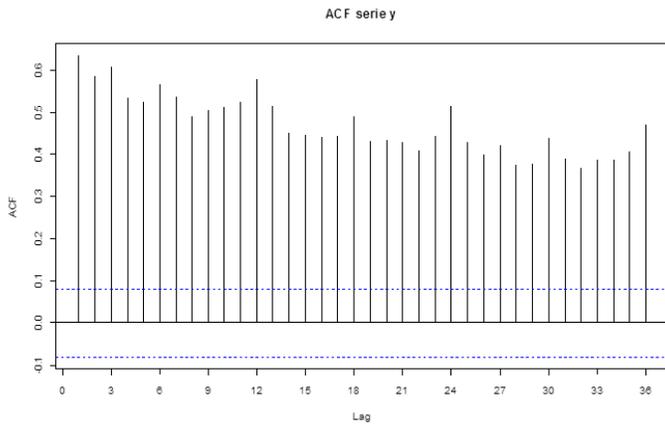
En la Figura 2 se muestra el comportamiento original de la serie exportaciones de café. Allí se evidencian tres momentos distintos de la serie: un comportamiento estable desde el año 1958 hasta el año 1980. Un segundo momento desde 1980 hasta alrededor de 1992 produciéndose un salto importante respecto a los años anteriores con tendencia de crecimiento. Y un tercer comportamiento desde el 1992 hasta el 2008 con un leve decrecimiento y lográndose estabilizar hasta el 2008.



**Figura 2.** Serie de tiempo original de las exportaciones de café de Colombia. Periodo 1958-2008. Fuente de la imagen: Autores del texto.



**Figura 3A.** Correlograma parcial de la serie de tiempo original. Fuente de la imagen: Autores del texto.



**Figura 3B.** Correlograma simple de la serie de tiempo original. Fuente de la imagen: Autores del texto.

En la Figura 3, función de autocorrelación simple de la serie original se evidencia un decrecimiento lento, lo cual es indicio de no estacionariedad en el nivel de la serie. Para resolver esta situación, se obtiene la primera diferencia regular,

$$Z_t = (1 - B)Y_t = Y_t - Y_{t-1}$$

D = (1-B) operador de diferencia regular, donde B es el Operador de retardos

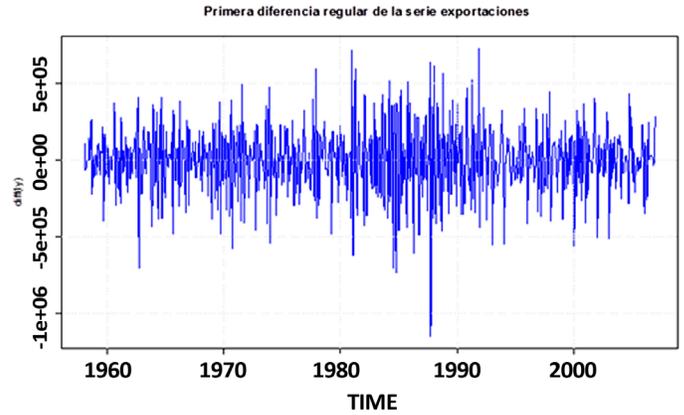
De igual manera, el análisis de la primera diferencia estacional es:

$$Z_t = Y_t - Y_{t-12}$$

$\Delta_{12} = (1-B^{12})$  operador de diferencia estacional para datos mensuales.

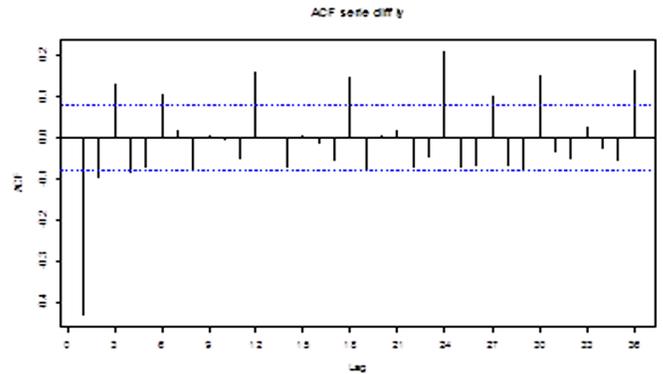
En forma resumida, se pueden agrupar los componentes regular y estacional en un solo modelo:

$$Z_t = \Delta^d \Delta_s^D X_t = \Delta^1 \Delta_s^{12} X_t$$

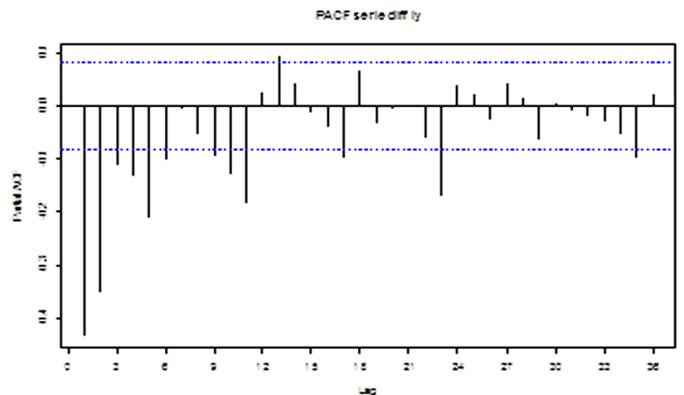


**Figura 4.** Serie de tiempo exportaciones de café de Colombia con la primera diferencia en la parte regular. Fuente de la imagen: Autores del texto.

Con la primera diferencia (Figura 4), se observa que los valores de la serie fluctúan alrededor de un valor central (en este caso es cero), a excepción de algunos datos *outlier* como se evidencian en el año 1988; de esta manera se afirma que la serie es estacionaria.



**Figura 5A.** Correlograma simple de la serie de tiempo con la primera diferencia en la parte regular. Fuente de la imagen: Autores del texto.



**Figura 5B.** Correlograma parcial de la serie de tiempo con la primera diferencia en la parte regular. Fuente de la imagen: Autores del texto.

Los operadores de primera diferencia regular y primera diferencia estacional, en general elimina tendencias y componentes estacionales de la serie respectivamente, tal como se ve en la Figura 2, donde se puede ver el comportamiento de los datos de la serie sin componente estacional, debido a que estos se muestran sobre una línea centrada en cero, son muy pocas fluctuaciones considerables.

En el correlograma simple (Figura 5), se observa que en el retardo 1 la correlación es altamente significativa, de la misma manera en los retardos 12,24,36 (meses estacionales). Esto sugiere la necesidad de una diferencia estacional para obtener una serie estacionaria. Los demás retardos se ubican dentro de las bandas de confianza. En el correlograma parcial, están marcados los rezagos estacionales (1,12,24,36) y entre ellos un decrecimiento exponencial rápido, lo cual es un indicio de un modelo  $MA(1)$ , así:

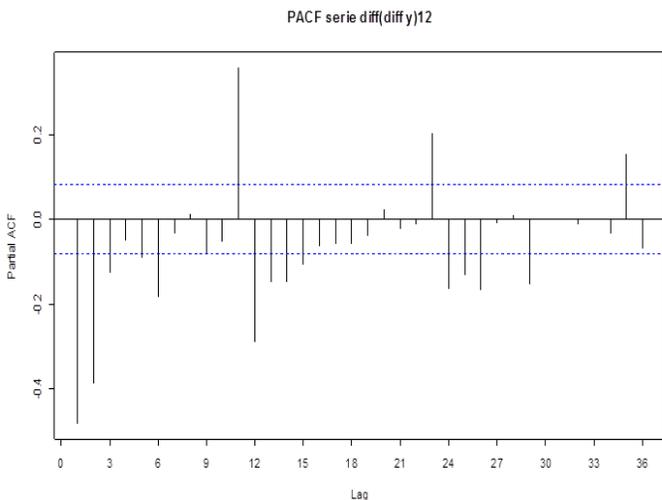
$$Y_t = \delta + a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

También podemos ver que no es estacionario en estacionalidad, por el hecho que los rezagos estacionales (1,12,24,36,...) no caen rápidamente dentro de las bandas de confianza, lo cual sugiere aplicar una diferencia en estacionalidad,  $D=1$ .

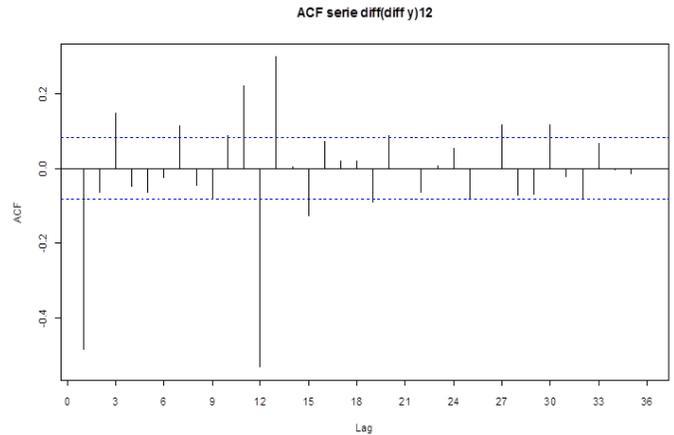
De acuerdo con la parte estacional, se observa que en el correlograma simple hay un retardo significativo (retardo 1) y en el retardo 11 y 13 denominados satélites estacionales alrededor del retardo 12, mientras que en los otros desaparecen; de esta manera en el correlograma parcial existe un descenso rápido oscilante entre los rezagos estacionales.

Esto es indicio de un modelo  $MA(1)$ :

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + e_t$$



**Figura 6A.** Correlograma parcial de la serie de tiempo con la primera diferencia en la parte estacional. Fuente de la imagen: Autores del texto.



**Figura 6B.** Correlograma simple de la serie de tiempo con la primera diferencia en la parte estacional. Fuente de la imagen: Autores del texto.

Hasta ahora hemos comprobado que la serie exportación del Café de Colombia presenta una diferencia en la parte regular ( $d = 1$ ). Además, al presentar estacionalidad de periodo  $s = 12$ , ha sido necesario aplicar una diferenciación estacionalidad ( $D = 1$ ). En consecuencia, el modelo que se presume es  $ARIMA(p, 1, q)(P, 1, Q)_{12}$ . Además, se prueban distintos modelos tentativos presentados en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Comparación de la bondad de ajuste de distintos modelos predictivos.

Fuente: Autores del texto.

Modelo	Criterion
	BIC
ARIMA (0,1,1) (0,1,1) <sub>12</sub>	14898,73
ARIMA (0,1,2) (0,1,1) <sub>12</sub>	14904,33
ARIMA (0,1,1) (0,1,2) <sub>12</sub>	14904,64
ARIMA (0,1,2) (0,1,2) <sub>12</sub>	14910,25

### Estimación del modelo

De acuerdo a la Tabla 1, se identifica un modelo que tiene un mejor ajuste, tal como se presumía:

$$ARIMA(0,1,1)(0,1,1)_{12}$$

$$(1-B)(1-B^{12})Z_t = (1 + \Theta_1 B^{12})(1 + \Theta_s B^{12})\epsilon_t \text{ con } \epsilon_t \text{ ruido blanco.}$$

$$(1-B)(1-B^{12})Z_t = (1-0,7711B^{12})(1-0,8666B^{12})\epsilon_t$$

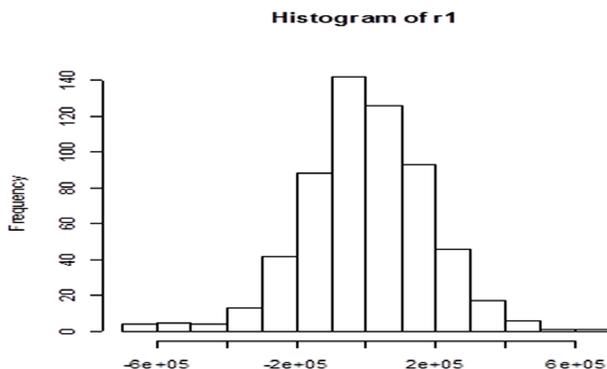
### Diagnóstico del modelo

Respecto a la Figura 7, el diagnóstico basado en los residuos no reveló incompetencia manifiesta. Los residuos de la serie no exhibieron ningún patrón y no marcaron picos. Esto indica que en los residuos no quedó información útil de la serie de tiempo, comportándose como un ruido blanco.

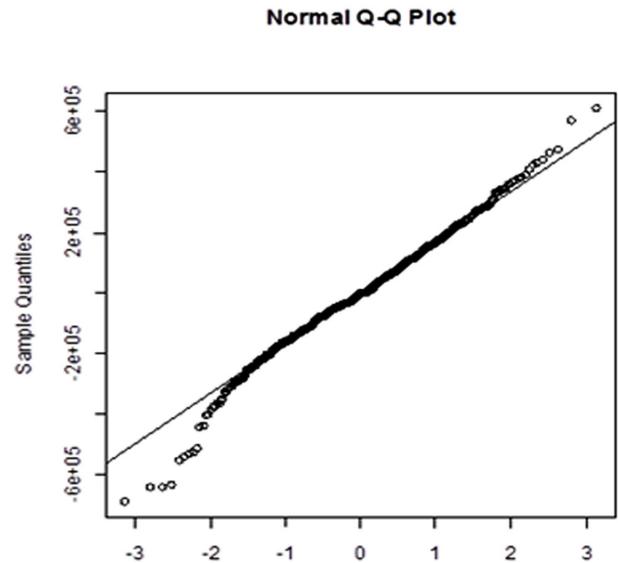
### Predicciones

Al construir un modelo con fines predictivos es conveniente dividir la serie en un periodo histórico o de estimación y un periodo de validación. El método consiste en desarrollar un modelo basado en las observaciones en el periodo histórico y generar, a partir de él, predicciones para el periodo de validación. La comparación entre las predicciones y las observaciones en el periodo de validación permitirá evaluar la capacidad predictiva modelo. Esta misma metodología permitirá comparar distintos ajustes para una misma serie, eligiéndose aquel modelo cuya capacidad predictiva sea mayor. Dado que el objetivo es comprobar la capacidad del modelo para predecir observaciones en un periodo futuro, es conveniente elegir un periodo de validación tal que su longitud sea la misma que la de dicho periodo (la longitud del periodo histórico estará automáticamente determinada al fijar la del periodo de validación) <sup>5</sup>.

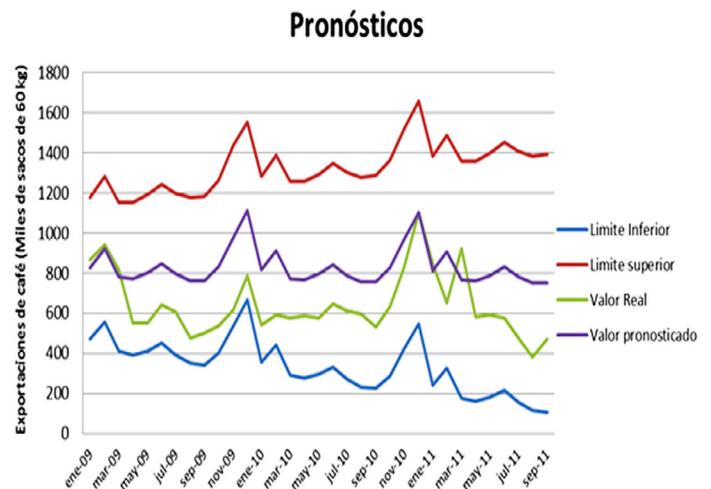
Luego de realizar el proceso de identificación, estimación y validación de los modelos compatibles con la estructura de los datos, se quiere obtener predicciones lineales, insesgadas y de varianza mínima para la serie de tiempo. Ello conlleva a minimizar el error cuadrático medio. Las estimaciones de los parámetros del modelo se obtuvieron en su momento considerando únicamente las observaciones hasta diciembre de 2006 (periodo histórico) y, posteriormente, se comprobó la capacidad predictiva sobre el año 2007 Y 2008. Ajustaremos el modelo sobre todo el periodo observado (incluido los años 2007-2008), de tal forma que los datos más recientes también sean considerados. En la Tabla 2 se exponen los valores futuros tomando en cuenta los datos del pasado.



**Figura 7A.** Diagnóstico de los residuos. Fuente de la imagen: Autores del texto.



**Figura 7B.** Diagnóstico de los residuos. Fuente de la imagen: Autores del texto.



**Figura 8.** Predicciones de las exportaciones de café. Valor real (línea verde)-Pronostico (línea morada).Fuente de la imagen: Autores del texto.

### Resultados y discusión

En este estudio se plantea la estimación de modelos de series de tiempo para las exportaciones de café suave colombiano, con el propósito fundamental de hacer proyecciones de corto plazo, las cuales se lograron con la estimación de los modelos ARIMA usando la metodología de Box-Jenkins.

**Tabla 2.** Valores pronosticados y valores reales de exportaciones de café (2009-2011). Fuente: Autores del texto

Mes	Valor real	Pronóstico	Diferencia
ene-09	868	825	0
feb-09	943	920	95
mar-09	817	781	-139
abr-09	550	774	-7
may-09	552	802	28
jun-09	642	847	45
jul-09	608	795	-52
ago-09	474	763	-32
sep-09	501	763	0
oct-09	535	831	68
nov-09	616	976	145
dic-09	788	1111	135
ene-10	541	817	-294
feb-10	590	914	97
mar-10	576	774	-140
abr-10	588	767	-7
may-10	576	796	29
jun-10	648	840	44
jul-10	612	788	-52
ago-10	599	756	-32
sep-10	530	757	1
oct-10	632	825	68
nov-10	827	969	144
dic-10	1.105	1105	136
ene-11	848	811	-294
feb-11	651	907	96
mar-11	924	768	-139
abr-11	580	761	181
may-11	593	789	196
jun-11	576	834	258
jul-11	474	781	307
ago-11	384	750	366
sep-11	471	750	279

No obstante, al ser modelada la variable únicamente en función de su propia evolución pasada, se plantea como supuesto básico que el proceso generador de datos de las exportaciones de café se mantiene invariante durante el período de proyección (2009-2011), sin tomar en cuenta las posibles alteraciones atribuidas a variables relacionadas con estas temperaturas (factores externos).

En este sentido, tales predicciones pueden ser empleadas como herramientas que producen señales asociadas a la necesidad de aplicar políticas correctivas e incluso, dada la capacidad que tienen estos modelos para incorporar rápidamente los cambios producidos en la variable bajo estudio, pueden servir como indicadores referidos a la eficacia de la política de ajuste en el corto plazo.

## AFILIACIONES

<sup>1,3</sup>Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UDES. Bucaramanga.

<sup>2</sup>Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela

\*Email: miguel.perez@udes.edu.co

## BIBLIOGRAFIA

1. Federación Colombiana De Cafeteros. *Comportamiento de la industria cafetera en Colombia 2011*. Disponible en [http://www.federaciondefcafeteros.org/static/files/2010\\_Comportamiento.pdf](http://www.federaciondefcafeteros.org/static/files/2010_Comportamiento.pdf). Recuperado el 01 de Febrero 2011.

2. Garcia I. *Análisis y predicción de la serie de tiempo del precio externo del café colombiano usando redes neuronales*. Revista *UniversitasScientiarum*. (2003). Universidad Pontificia Javeriana. Vol 8,45-50.

3. Box G.e.p., G.m. Jenkins *Time Series Analysis, Forecasting and Control*. 3ra Edición, Prentice Hall Hispanoamericana, s.a.México, (1995)

4. Méndez J. *Análisis de series temporales*. Volumen I: Modelos Univariantes. Instituto de Estadística Aplicada y Computación. Universidad de Los Andes, Mérida. Venezuela.(2007).

5. Development Core Team (2011). R: *A Language and Environment for Statistical Computing*. URL: <http://www.R-project.org/>.

