

PRONÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE LAS PRINCIPALES FRUTAS EN LA REGIÓN DE PIURA. UN ANÁLISIS ECONOMETRICO CON EL MÉTODO DE BOX-JENKINS

FORECAST OF THE PRODUCTION OF THE MAIN FRUITS IN THE PIURA REGION. AN ECONOMETRIC ANALYSIS USING THE BOX-JENKINS METHOD

*Freddy Carrasco Choque **

[Recibido el 14 de diciembre de 2020; aceptado el 30 de diciembre de 2020]

RESUMEN

El sector agrícola juega un papel importante en la economía de todos los países. La actividad agrícola en la región de Piura, es una actividad fundamental para su desarrollo. El primer objetivo del estudio fue identificar, estimar y validar el modelo ajustado para pronosticar la producción de Limón y plátano. El segundo fue realizar el pronóstico de la producción del limón y plátano para el periodo 2020M10 hasta 2022M09. Para concretizar los objetivos se utilizó la metodología de Box y Jenkins. La base de datos proviene del Banco Central de Reserva del Perú sede Piura y se consideraron datos mensuales entre los años 1999M01 y 2020M09. En los pronósticos se evidenciaron la presencia de quiebre estructural para la producción del plátano, en los pronósticos de la producción del limón se detectó presencia de estacionalidad en la serie. Luego del cumplimiento de supuestos el mejor modelo ajustado de promedio móvil integrado autoregresivo de Box-Jenkins para la producción del limón es un SARIMA y para la producción del plátano es un ARIMA. Los resultados pueden ser utilizados para tomar decisiones a investigadores, productores y empresarios del sector agrícola de la Región de Piura.

Palabras clave: *Pronóstico, Series de tiempo, modelos ARIMA, Producción agrícola.*

* Universidad Nacional de Frontera – Sullana Piura. Autor de correspondencia: fcarrasco@unf.edu.pe.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4493-5567>.

ABSTRACT

The agricultural sector plays an important role in the economy of all countries. Agricultural activity in the Piura region is a fundamental activity for its development. The first objective of the study was to identify, estimate and validate the adjusted model to forecast lemon and banana production. The second was to forecast lemon and banana production for the period 2020M10 to 2022M09. To achieve the objectives, the Box and Jenkins methodology was used. The database comes from the Central Reserve Bank of Peru, Piura headquarters, and monthly data between the years 1999M01 and 2020M09 were considered. In the forecasts the presence of structural rupture for banana production was evidenced, in the forecasts of lemon production the presence of seasonality in the series was detected. Once the assumptions are met, the best fitted Box-Jenkins autoregressive integrated moving average model for lemon production is a SARIMA and for banana production it is an ARIMA. The results can be used to make decisions for researchers, producers and entrepreneurs in the agricultural sector of the Piura Region.

Keywords: Forecast, Time series, ARIMA models, Agricultural production.

1. INTRODUCCIÓN

El sector agrícola juega un papel importante en la economía de todos los países (Syed et al., 2018). En el Perú, la agricultura se está convirtiendo en un significativo motor del crecimiento económico. El año 2018 el producto bruto interno (PBI) del sector agropecuario creció 7.8%, la tasa más alta de los últimos diez años (INEI, 2019a).

La actividad agrícola en la región de Piura, es una actividad fundamental y fuente de riqueza permanente para sus pueblos. “La agricultura ocupa el 31% de la población económicamente activa – PEA. El desarrollo económico de la región se basa en el comercio de sus principales productos agrícolas, tanto para el mercado nacional como para el extranjero” (Laberry, 2016). Los cultivos además de demandar mano de obra, generan ingresos y divisas, su importancia se reconoce a nivel nacional (Torres, 2010).

Según el INEI (2019), la agricultura representa el 8.2% del PBI regional y aporta 5.7% al PBI agrícola nacional. Asimismo, Llico (2013) menciona que la economía regional gira en torno a la agricultura, ya sea directamente en la producción o indirectamente a través de industrias que procesan cultivos tradicionales como arroz, algodón y café, y los no tradicionales limón, mango, plátano y marigold.

Piura se ubica en la costa norte de Perú cerca de la línea ecuatorial, el suelo es muy variado, con desiertos arenosos en la costa, relieves andinos en la sierra y sillas y desiertos de Amotape. El clima es cálido, desértico y oceánico, y corresponde a una zona subtropical. El recurso hídrico- agua procede de dos fuentes hidrográficas del río Chira y del río Huancabamba, son ríos vivos de amplio caudal acuífero (Torres, 2010). Por todas estas buenas condiciones, la región es agrícola por excelencia y es posible cultivar una variedad de productos frutales tropicales, subtropicales, templados y de zonas áridas.

En la región Piura, predomina la agricultura de exportación. Mechato (2018), indica que Piura es una de las regiones del país con más hectáreas de cultivos orgánicos y ecológicos y que existen 19,623.59 hectáreas en Piura, ubicando a la región en el puesto ocho del ranking nacional. Los productos como banano, uva, la caña, cacao, café, mango, limón, son los principales productos orgánicos cultivados y que se exportan hacia el extranjero.

Los cultivos de la región son permanentes y temporales (denominados también transitorios), son permanentes debido a que la primera producción requiere en promedio de 3 a 4 años y su periodo de vida supera los 20 años, es decir se pueden cosechar durante varias temporadas. Son cultivos temporales, porque son de carácter anual, el ciclo agrícola es corto, pero el valor de estos cultivos no proviene de la planta como tal, sino del volumen y calidad del producto que ella ofrece en cada cosecha. La tabla 1 muestra la producción agrícola en la región de Piura.

El plátano (*Musa paradisiaca*, familia Musaceae) es un cultivo frutal de las regiones tropicales y subtropicales del mundo que se cultiva en aproximadamente 8,8 millones de hectáreas (Moyazzem et al., 2016). Es una rica fuente de calorías, así como la mayoría de las vitaminas esenciales para la nutrición humana.

El plátano es un producto que se cultiva por mucho tiempo en la región de Piura, también en otras regiones del Perú; la producción de este producto se localiza en la zona oriental (71.5%) y norte del país (22%), pero el que más se exporta es el de la costa por su cercanía al océano Pacífico. En las regiones de Tumbes, Piura y Lambayeque,

Tabla 1: **Producción agrícola de Piura por tipo de cultivo 2019 en Tm**

Cultivos Transitorios	Tm	Cultivos Permanentes	Tm
Arroz	394793	Café	4731
Frijol Castilla	8510	Limón	172806
Maíz Amarillo	60088	Mango	434105
Papa	21931	Uva	172173
Yuca	7087	Papaya	6043
Camote	10881	Plátano	379212

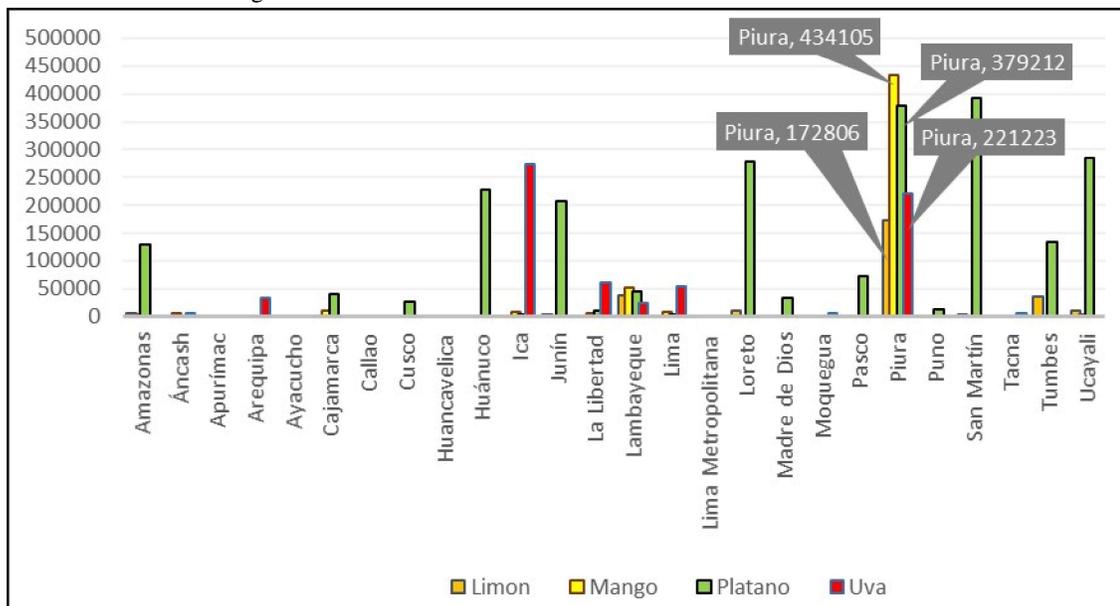
Fuente: Síntesis de Actividad Económica, diciembre 2019 - BCRP Sucursal Piura

existen 3,414 hectáreas certificadas (80% concentradas en Piura), el Valle del Chira es considerado el área con mayor potencial agrícola del departamento de Piura (Torres, 2010).

El limón es un cultivo permanentes de mayor importancia en la región de Piura, con una superficie cultivada de 13,000 has aproximadamente distribuidas en 7,000 parcelas (Torres, 2010). La producción de las 172,806 Tm de limón es destinada al mercado nacional e internacional, los productores se encuentran agrupados en asociaciones. El limón es uno de los cítricos ácidos más populares, es muy beneficioso para el sistema nervioso y el cerebro.

La región de Piura es el primer productor a nivel nacional del mango con 434,105 Tm y del limón con 172,806 Tm, es el segundo productor nacional de plátano con 379,212 Tm después del departamento de San Martín y segundo productor de la uva con 221,223 Tm. después de la región Ica. El grafico 1, muestra la producción de las principales frutas a nivel nacional para el año 2019.

Figure 1: **Producción de frutas a nivel nacional. Año 2019 en Tm**



Fuente: Resultado obtenido con base a la serie en el programa Eviews

Sin embargo, la operatividad, competitividad en el sector agrícola, presenta desafíos que podrían ser originados por factores climatológicos, plagas, enfermedades, factores de organización, factores económicos y otros aspectos coyunturales, muchas veces con consecuencias negativas en la producción y en las ventas de sus productos (Moyazzem et al., 2016). Por lo que, carecer de un programa de planeación y control sistemático de procedimientos de operación, implica el fracaso de cualquier esfuerzo tendiente a fomentar la sustentabilidad de los procesos agrícolas (Ruiz et al., 2010).

Por lo anterior, debemos tener en cuenta que “el objetivo del pronóstico es posibilitar las buenas decisiones futuras y proporcionar estimados cuantitativos de la probabilidad de eventos futuros (Erossa, 2004). La relevancia de incorporar pronósticos en la producción agrícola deriva su importancia económica y social (Contreras et al., 2016).

Siguiendo a Mendoza (2003), existen dos técnicas fundamentales en que se basa el sistema de pronóstico de las series: las cualitativas y las cuantitativas. Las técnicas cualitativas se usan cuando los datos son escasos (técnica subjetiva). Las técnicas cuantitativas consisten en encontrar el patrón del pasado y proyectarlo al futuro. Se basan en estadísticas convencionales (análisis de regresión y series de tiempo). Las técnicas son Promedios Móviles, Suavización Exponencial, Box-Jenkins, Redes Neuronales entre otros.

La técnica más común para realizar pronósticos es la metodología de Box y Jenkins, que consiste en identificar y estimar un modelo estadístico que pueda ser interpretado como generador de la información de la muestra. Por tanto, si el modelo estimado es usado para la predicción debe suponerse que las características de la serie son constantes en el tiempo, especialmente para los periodos futuros. Entonces, la predicción se efectúa sobre una base válida considerando que el modelo es estacionario y estable.

Respecto a la evidencia empírica de estudios similares a nivel internacional, se puede verificar estudios como los de Hamjah (2014) que ajustó el modelo ARIMA para pronosticar los diferentes tipos de producciones de frutas importantes en Bangladesh. Encontró que un ARIMA (2,1,3), ARIMA (3,1,2) y ARIMA (1,1,2) son el mejor modelo para pronosticar las producciones de mango, banano y guayaba, respectivamente, en Bangladesh.

Casinillo & Manching (2016), determinan la tendencia del banano de clase A y clase B, utilizando la metodología de Box y Jenkins. Los modelos identificados para los bananos clase A y clase B fueron MA (12) y ARIMA (1,6,2) respectivamente y se identificó que estaban bien ajustados a la serie mostrada por algunas pruebas estadísticas. La producción de banano ofrece opciones adecuadas para la subsistencia y la generación de ingresos en Bangladesh.

La metodología de Box y Jenkins, también se utiliza en diferentes sectores agrícolas para pronosticar la producción agrícola. Como el de Suleman & Sarpong (2011) quienes analizaron las perspectivas futuras de la producción del arroz en Ghana, aplicando el modelo ARIMA. El análisis revela que un ARIMA (2, 1, 0) es el mejor modelo para pronosticar la producción de arroz. Así como Ruiz et al.(2010) realizó el pronóstico de la producción de caña de azúcar en México, obteniendo el mejor modelo autoregresivo integrado de medias móviles ARIMA (1,2,0).

A nivel nacional, existe evidencia empírica aplicado de pronósticos en varios sectores, como el de Merlin (2015), que usa la Metodología Box- Jenkins para el modelamiento de la serie del número de unidades de transfusión de sangre en el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón – Puno, el mejor modelo es un SARIMA (0, 1,1) (1, 1,0)12. También Laurente, (2018) identifica el mejor modelo ARIMA estacional (SARIMA) para modelar y proyectar la producción de papa en Puno, utilizando la metodología de Box-Jenkins. El mejor modelo que se encontró para la modelación y proyección es un SARIMA (1, 1, 2) (1, 0, 1)12.

Así, en el estudio nos proponemos como objetivo general determinar el modelo de predicción mensual que mejor se ajusta para realizar el pronóstico de la producción de las principales frutas en la región de Piura. De manera específica nos interesan dos resultados. El primero es identificar, estimar y validar el modelo identificado que mejor se ajusta para pronosticar la producción de limón y plátano del sector agrícola de la región de Piura. El segundo consiste en realizar el pronóstico para el periodo 2020M10 hasta 2022M10 con el modelo identificado para la producción del limón y plátano, utilizando la metodología de Box y Jenkins.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Metodología

El estudio, sigue un enfoque cuantitativo, porque se basa en la medición numérica (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Además, es de carácter descriptivo y correlacional. El procesamiento de datos, análisis estadístico y econométrico, se realizó utilizando el software estadístico Eviews.

2.2 Fuente de datos

La serie de tiempo estudiada corresponde a la producción del plátano y del limón, en toneladas métricas, realizadas por el Banco Central de Reserva del Perú – BCRP sede Piura, publicada en la síntesis económica para el periodo que comprende de enero de 1999 hasta setiembre de 2020. El periodo de tiempo de estudio estuvo determinado por la disponibilidad de los datos, para así capturar los antecedentes de comportamiento del volumen de producción.

2.3 Procesos autorregresivos

Una serie de tiempo es un conjunto de números que mide el estado de alguna actividad a lo largo del tiempo. Según Moumouni et al. (2013), “es el registro histórico de alguna actividad, con mediciones tomadas a intervalos igualmente espaciados con consistencia en la actividad y el método de medición”.

Siguiendo con las definiciones de Muñoz & Parra (2007), los procesos autorregresivos son, como su nombre sugiere, regresiones sobre sí mismos. Yule (1926) realizó el trabajo original sobre procesos autorregresivos. Así, un proceso autorregresivo de orden p , AR(p) tiene la forma

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \phi_3 Y_{t-3} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1)$$

El valor actual Y_t de la serie es una combinación lineal de los p valores pasados recientes de sí misma más un término de “innovación” ε_t y es ruido blanco, que representa los errores del ajuste y otorga el carácter aleatorio al proceso.

2.4 Procesos de media móvil

Estas fueron considerados por primera vez por Slutsky (1927) y Wold (1938). La serie de medias móviles se puede escribir como:

$$Y_t = \delta + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \theta_3 \varepsilon_{t-3} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2)$$

A la serie se le denomina media móvil de orden q y se denota como MA(q). Donde, Y_t es la serie original y ε_t es la serie de errores, ruido blanco con media 0 y varianza σ^2 .

Los modelos que son una combinación de modelos AR y MA se conocen como modelos ARMA. Un modelo ARMA (p,q) se define como:

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3)$$

Donde, Y_t es la serie original para cada periodo t , asumimos que ε_t es independiente de $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-q}$.

Si la serie $\{Y_t\}$, no fuera estacionaria y tomando d diferencias logramos que lo sea, tal que $W_t = \Delta^d Y_t$ (o también $W_t = Y_t - Y_{t-1}$) si es estacionaria, entonces diremos que $\{Y_t\}$ sigue un *proceso autorregresivo integrado de media móvil* (ARIMA) de orden (p,d,q) y se denominará ARIMA (p,d,q) . Un proceso ARIMA $(0,1,0)$ con $W_t = Y_t - Y_{t-1}$, tendría la siguiente forma:

$$Y_t = \delta + \phi_1 W_{t-1} + \phi_2 W_{t-2} + \dots + \phi_p W_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (4)$$

2.5 Metodología de Box y Jenkins

El procedimiento de Box y Jenkins (1976), es el hito del enfoque moderno del análisis de series de tiempo. Dada una serie de tiempo observada, el objetivo del procedimiento es construir un modelo ARIMA. En particular, pasando por oportunas transformaciones preliminares de los datos, el procedimiento se centra en los procesos estacionarios. Los pasos del procedimiento o metodología de Box y Jenkins, son los siguientes:

1. *Análisis preliminar*: Crear condiciones tales que los datos disponibles puedan considerarse como la realización de un proceso estocástico estacionario.
2. *Identificación de un modelo*: Especificar el orden (p, d, q) del modelo ARIMA , las funciones de autocorrelación empírica juega un papel extremadamente importante.
3. *Estimación del modelo*: La estimación de los parámetros se puede realizar con el método de máxima verosimilitud o mínimos cuadrados ordinarios.
4. *Diagnóstico*: Verificar si el modelo es bueno mediante pruebas de los parámetros y residuos del modelo.
5. *Pronóstico*: Si el modelo cumple con los requisitos, entonces puede usarse para interpretar un fenómeno y realizar el pronóstico.

2.6 Prueba de significancia de los coeficientes

Según Gujarati y Porter (2010), “para probar la hipótesis conjunta de todos los ρ_k de autocorrelación y que hasta ciertos rezagos son simultáneamente iguales a cero, podemos usar el estadístico desarrollado por Box y Pierce (1970)” y se define como:

$$Q = \sum_{k=1}^m \hat{\rho}_k^2 \quad (5)$$

Donde n es el tamaño de la muestra y m la longitud del rezago. Además, el estadístico Q es común para probar si una serie de tiempo es ruido blanco. Una variante del estadístico Q de Box-Pierce es el estadístico de *estadístico de Ljung-Box* (Ljung y Box, 1978).

2.7 Prueba de diagnóstico de residuos

Podemos comprobar el supuesto de normalidad de los errores utilizando la prueba de Jarque-Bera (Jarque y Bera, 1978) que es una medida de bondad de ajuste de la desviación de la normalidad, basada en la kurtosis - $kurtosis(k)$ y la asimetría - $skewness(s)$ muestrales. El estadístico se define como:

$$JB = \frac{n}{6} \left(S_2 + \frac{(k-3)^2}{4} \right) X_{(2)}^2 \quad (6)$$

Donde n es el número de observaciones y k es el número de parámetros estimados. El estadístico JB tiene una distribución chi-cuadrado asintótica con 2 grados de libertad.

2.8 Prueba de raíz unitaria

Siguiendo a Gujarati y Porter (2010), “otra prueba sobre estacionariedad es conocida como la prueba de raíz unitaria”, y la prueba por excelencia es la prueba de Dickey-Fuller Aumentado (DFA) de Dickey y Fuller (1979), esta prueba implica aumentar o adicionar valores rezagados de la variable dependiente ΔY_t . Otro de los métodos no paramétricos para evitar la correlación serial en los términos de error, sin añadir términos de diferencia rezagados es el estadístico de Phillips-Perron – PP de (Phillips Perron, 1988).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Modelamiento para la producción de limón

En el análisis preliminar de la serie, la producción de limón muestra una tendencia constante, en la figura 2(a) apreciamos que la serie aparentemente tiene un comportamiento estacionario tanto en la media como en la varianza por el componente regular, además tiene características de ser un ruido blanco. Para comprobar las sospechas se realiza el análisis de raíz unitaria mediante la prueba de Dickey-Fuller Aumentado para detectar la estacionariedad.

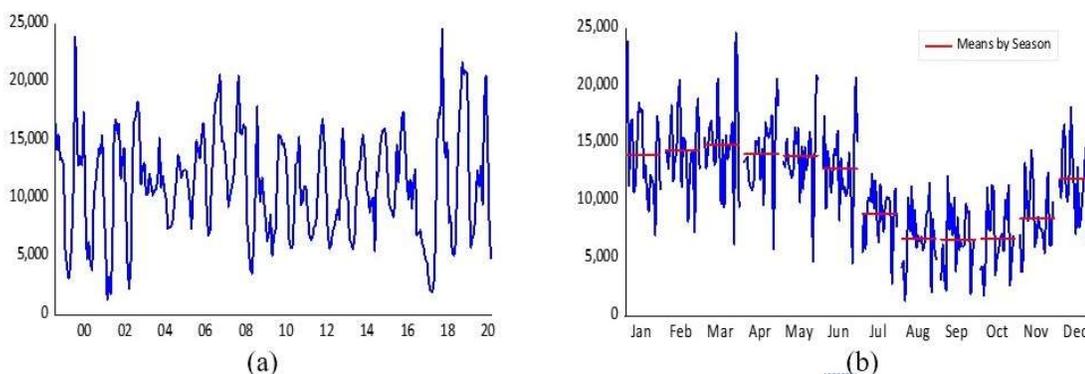
Tabla 2: Análisis de raíz unitaria para detectar estacionariedad.

Augmented Dickey-Fuller	test statistic	t-Statistic	Prob.
		-9.537421	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.455786	
	5% level	-2.872630	
	10% level	-2.572754	

Fuente: Resultados obtenidos del Eviews.

Guiándonos del grafico 2(a), el análisis de raíz unitaria se realizó sin tendencia y con intercepto, el valor de *t-stadistic* resulto $r = -9537421$ y su *p-valor* = 0.0000, existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (con un nivel de significancia del 1%, 5% y 10%). Por tanto, la serie no tiene raíz unitaria y se afirma que la serie no diferenciada es estacionaria. Según Rosales et al. (2013), también podemos validar esta afirmación comparando el valor de con los valores críticos, este debe ser mayor, por tanto, nuevamente afirmamos que la serie es estacionaria.

Figure 2: Análisis gráfico de estacionariedad y estacionalidad de la serie de producción de limón



Fuente: Resultado obtenido con base a la serie en el programa Eviews.

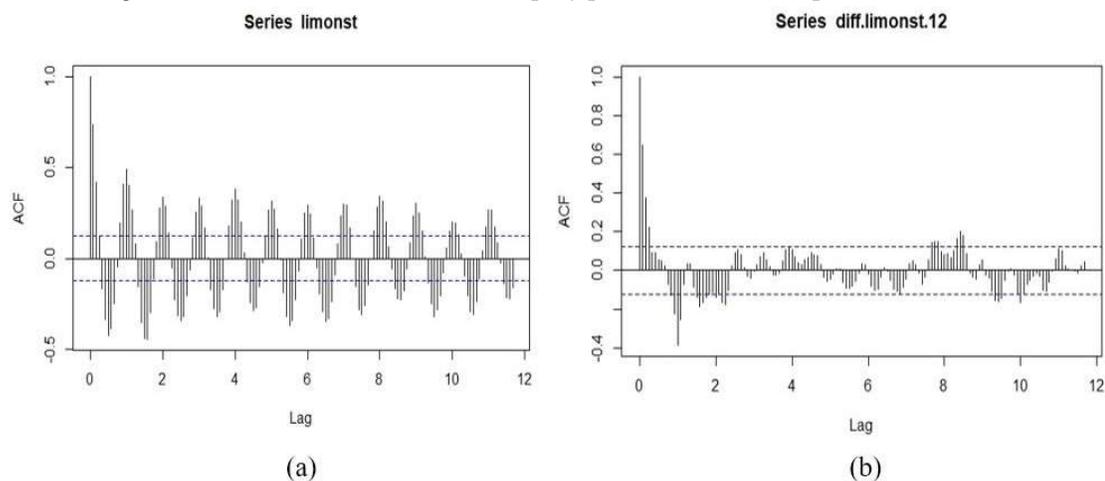
Para la *identificación* del modelo, en la figura 2(b) refiere que la serie tiene un componente estacional debido a que la media de producción en cada mes es diferente. Además, en la figura 3(a) indica que la serie de producción de limón es una serie estacional porque las estimaciones de la autocorrelación ($\hat{\rho}_p$) son sinusoidales intercaladas y se ubican fuera de su intervalo de confianza, los valores del factor de autocorrelación siempre - FAS se intercalan desde 0.736 hasta -0.05, lo que permite detectar mejor el componente estacional de la serie.

Para desestacionalizar la serie, integramos es decir obtenemos la primera diferencia estacional para 12 periodos por el tipo de serie mensual, en la figura 3(b) corresponde a la serie desestacionalizada, donde se desvaneció por completo la estacionalidad, la media y la varianza también son estables. Por lo que se puede afirmar que la transformación elimino el componente estacional.

Se realizó nuevamente el análisis de raíz unitaria de DFA sin intercepto ni tendencia a la nueva serie desestacionalizada, el resultando del *t-stadistic* fue $r = -7.276280$ y su *p-valor* = 0.0000 habiendo evidencia estadística rechazamos la hipótesis nula. Por tanto, la serie desestacionalizada no tiene raíz unitaria y se afirma que es estacionaria. Lo que permite encontrar su proceso generador de datos – PGD mediante las estructuras SARIMA $(p, d, q)(P, D, Q)_{12}$ para pronosticarla.

Para la *estimación*, se utilizaron gráficos de los valores de autocorrelación ($\hat{\rho}_p$) del factor de autocorrelación simple - FAS y del factor de autocorrelación parcial - FAP de la serie estacionaria y desestacionalizada, se utilizaron modelos como el AR, MA, SMA, SAR. Se estimaron mediante el modelo de mínimos cuadrados ordinarios, los resultados (Tabla 3) refieren que el mejor modelo para representar la producción del limón es el SARIMA $(1, 0, 0)(0, 1, 1)_{12}$ tanto en su componente regular como en su componente estacional. Los valores estimados de sus

Figure 3: Análisis de autocorrelación simple y parcial de la serie de producción de limón



Fuente: Resultado obtenido con base a la serie en el programa Eviews.

Tabla 3: Estimación del modelo ARIMA para la producción de limón.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	27.51303	79.97983	0.344000	0.7311
AR(1)	0.647506	0.047382	13.66555	0.0000
MA(12)	-0.926500	0.013179	-70.30113	0.0000

Fuente: Elaborado con base a la serie estacional de la producción de limón.

parámetros son estadísticamente significativos (p -valor < 0.01) de manera individual de acuerdo a la probabilidad de t -Statistic. Lo que indica que las variables incorporadas en este modelo son adecuadas.

Los errores del modelo estimado deben distribuirse como una normal, la prueba de normalidad de los residuos del modelo, figura 4(a) la mayoría de los puntos están sobre la línea oblicua, lo que indica que los residuos se distribuyen normalmente. Además, la prueba de Jarque-Bera resultó $JB = 3.84$ con un p -valor = 0.1469, así concluimos que los residuos se distribuyen normalmente. Otra herramienta útil para diagnosticar un buen modelo es mediante las raíces inversas del polinomio, en este caso son menores a uno y están dentro del círculo unitario (figura 4b). El resultado confirma y señala que el modelo no se encuentra parametrizado.

3.2 Modelamiento para la producción de plátano

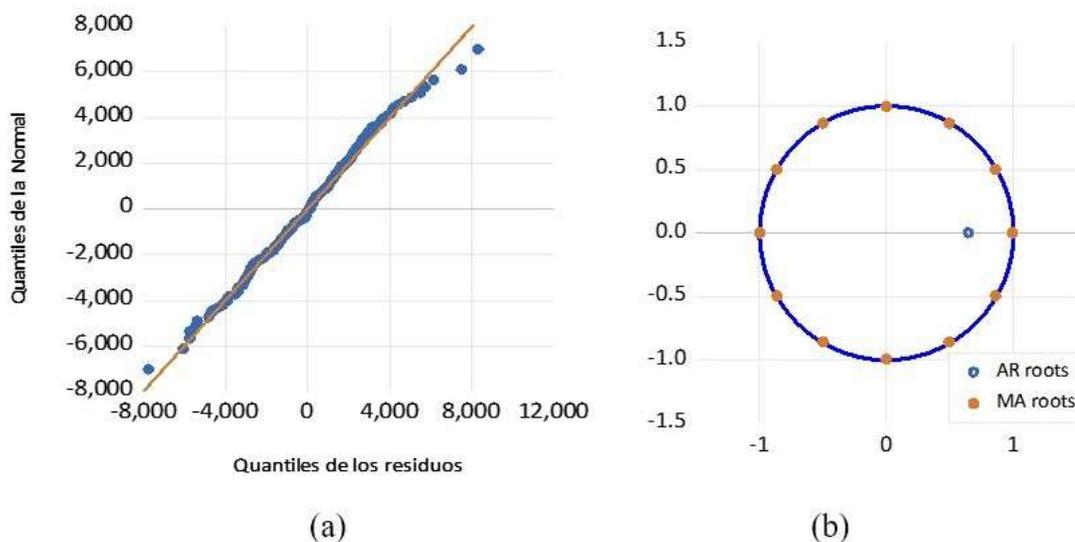
La serie estudiada va desde el año 2000M07 a 2020M08, el análisis preliminar de la serie (figura 4a), muestra una tendencia creciente y que al parecer presenta estacionariedad y quiebre estructural. Muñoz Parra (2007) mencionan que el aspecto visual de la serie no siempre es una herramienta suficiente para decidir la estacionariedad. Se comprobó la estacionariedad con la prueba estadística DFA de raíz unitaria, y guiándonos del gráfico se realizó la prueba con intercepto y tendencia. El resultado del t -stadistic es $r = -4.801664$ y su p -valor = 0.0006, entonces existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y se afirma que la serie no diferenciada es estacionaria (tabla 4).

Tabla 4: Análisis de raíz unitaria para detectar estacionariedad.

Augmented Dickey-Fuller	test statistic	t-Statistic	Prob.
		-4.801664	0.0006
Test critical values:	1% level	-3.996592	
	5% level	-3.428581	
	10% level	-3.137711	

Fuente: Resultados obtenidos del Eviews.

Figure 4: Gráfico de los residuos del modelo ARIMA de la producción de limón



Fuente: Resultado obtenido con base a la serie en el programa Eviews

Tabla 5: Prueba de punto de quiebre de Chow.

F-statistic	6.844015	Prob. F(3,235)	0.0002
Log likelihood ratio	20.18672	Prob. Chi-Square(3)	0.0002
Wald Statistic	50.78266	Prob. Chi-Square(3)	0.0000

Fuente: Resultados obtenidos del programa Eviews.

Además de identificar que la serie es estacionaria, aparentemente estamos en presencia de una serie con quiebre estructural, lo cual verificamos con la prueba o test no paramétrica de punto de quiebre estructural de Chow para todo el periodo de la serie. Por tanto, existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y concluimos que la serie si tiene un punto de quiebre estructural en el periodo 2017M08 (Cuadro 5).

Dada la presencia de quiebre estructural en la serie, utilizamos la prueba de Zivot Andrews (grafico 5b), para verificar si la serie con quiebre estructural es estacionaria o no. El valor de *t-stadistic* resultó $r = -4990282$ y su *p - valor* = 0.001720, habiendo evidencia estadística rechazamos la hipótesis nula con un nivel de significancia del 1%, 5% y 10% y se afirma que la serie con quiebre estructural no tiene raíz unitaria, por tanto, es estacionaria.

Para la estimación, se utilizaron gráficos de los valores de autocorrelación $\hat{\rho}_p$ de la FAS y de la FAP de la serie corregida, de las gráficas de autocorrelación simple y parcial podemos extraer conclusiones, mostrando que el mejor modelo para representar la producción del plátano es un ARIMA (1,0,1). En la tabla 6, los valores estimados de sus parámetros son estadísticamente significativos (*p - valor* < 0.01 de acuerdo a la probabilidad del *t-Statistic*. El nivel de significancia indica que las variables incorporadas en los modelos son los adecuados.

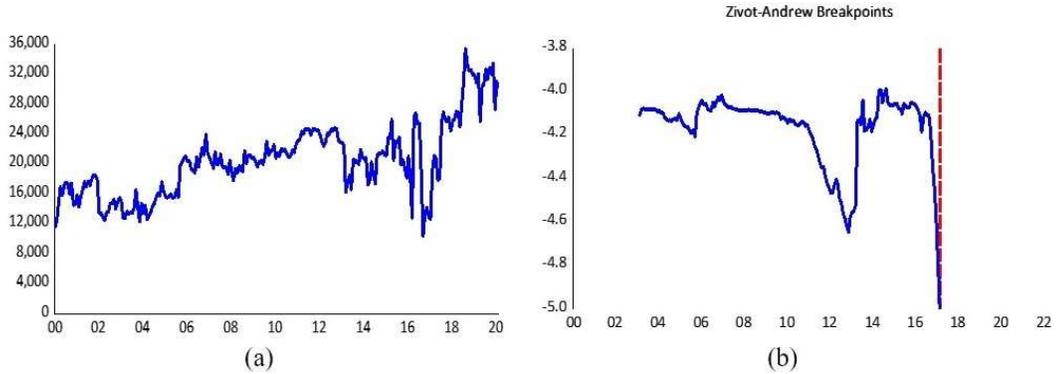
Para el diagnostico de los resultados, se realizó la prueba de normalidad de los residuos del modelo, el grafico

Tabla 6: Estimación del modelo ARIMA para la producción de plátano.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	22135.45	2240.785	9.878438	0.0000
D1	-6303.464	1557.728	-4.046576	0.0001
AR(1)	0.953832	0.021639	44.07875	0.0000
MA(1)	-0.223692	0.068635	-3.259144	0.0013

Fuente:Elaborado con base a la serie estacional de la producción de plátano.

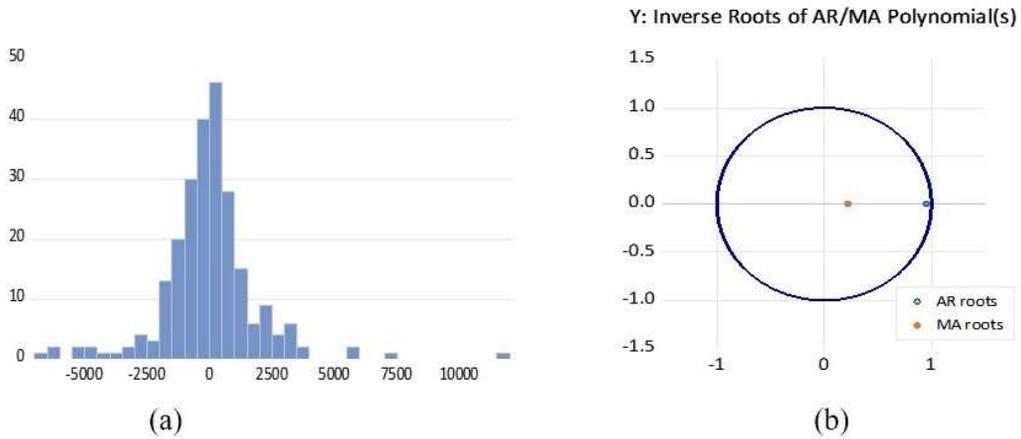
Figure 5: Análisis gráfico de la estacionariedad y quiebre estructural de la producción de plátano



Fuente: Resultado obtenido con base a la serie en el programa Eviews

7(a) tiene la forma de una distribución normal, la prueba de Jarque-Bera resultó $JB = 557.7$ con un $p\text{-valor} = 0.0000$, esto sucede por la existencia de un punto de quiebre estructural y por ende existe datos atípicos, lo que no se subsanaría la normalidad. Por otro lado, las raíces inversas del polinomio, son menores a uno y está dentro del círculo unitario (grafico 7b), se confirma que el modelo no se encuentra parametrizado y se puede usar para representar y pronosticar la producción del plátano.

Figure 6: Comprobación mediante raíces inversas de los polinomios



Fuente: Resultado obtenido con base a la serie en el programa Eviews

3.3 Pronóstico para la producción de Limón

Luego de cumplir con el procedimiento de Box y Jenkins, se realizó el pronóstico de la producción del limón para los próximos 24 periodos, con el modelo SARIMA (1,0,0)(0,1,1)₁₂. El gráfico 7, muestra las predicciones con límites del 95% de confianza, estos son los intervalos de confianza donde se ubicaría el verdadero valor en un tiempo futuro. Dado el mejor modelo ajustado y corroborado, las predicciones presenta fluctuaciones parecidas a los años anteriores.

El pronóstico de la producción del limón fluctúa entre 10659.57 Tm para el periodo de 2020M10 y 7912.961 Tm para el periodo 2022M09, los criterios para validar los pronósticos son el MAPE (Mean Absolute Percent Error) resultando 22.86 por ciento, siendo un valor mínimo del error de predicción.

Tabla 7: Valores proyectados para la producción del limón en Tm.

Período	LI	Producción	LS	Longitud
2020M10	5751.859	10659.57	15567.28	9815.423
2020M11	5270.571	11147.44	17024.32	11753.75
2020M12	7526.142	13772.78	20019.43	12493.28
2021M01	8479.222	14877.23	21275.24	12796.02
2021M02	8840.365	15304.85	21769.33	12928.96
2021M03	9211.422	15712.61	22213.80	13002.38
2021M04	8947.017	15457.15	21967.29	13020.27
2021M05	8669.432	15183.97	21698.51	13029.08
2021M06	7137.657	13655.99	20174.33	13036.67
2021M07	2917.561	9437.706	15957.85	13040.29
2021M08	1671.471	8192.756	14714.04	13042.57
2021M09	1356.168	7878.214	14400.26	13044.09
2021M10	1265.523	7810.824	14356.13	13090.60
2021M11	2769.985	9327.417	15884.85	13114.86
2021M12	6054.245	12617.48	19180.71	13126.46
2022M01	7584.659	14151.44	20718.23	13133.57
2022M02	8284.610	14856.60	21428.59	13143.98
2022M03	8861.653	15443.70	22025.75	13164.09
2022M04	8724.406	15304.12	21883.84	13159.43
2022M05	8526.991	15105.82	21684.65	13157.66
2022M06	7046.282	13626.22	20206.16	13159.88
2022M07	2858.853	9439.199	16019.55	13160.69
2022M08	1633.731	8214.451	14795.17	13161.44
2022M09	1331.978	7912.961	14493.94	13161.97

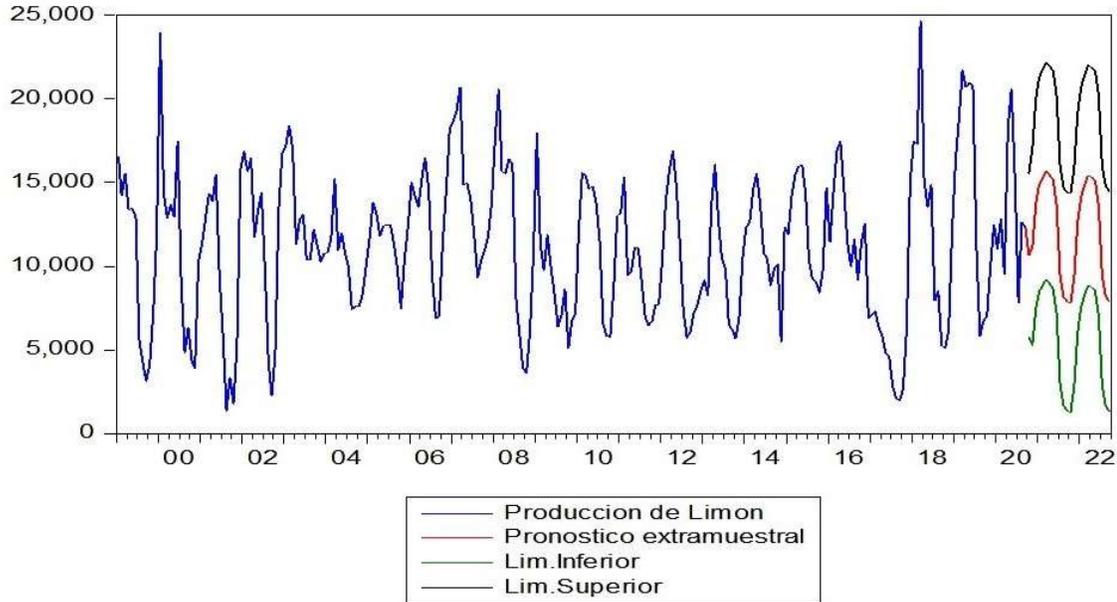
Fuente:Elaborado con base a la metodología de Box y Jenking en el programa Eviews

Tabla 8: Valores proyectados para la producción del limón en Tm.

Período	LI	Producción	LS	Longitud
2020M10	26008.82	29851.12	33693.43	7684.609
2020M11	24693.98	29501.30	34308.62	9614.638
2020M12	23598.32	29167.44	34736.57	11138.25
2021M01	22646.03	28848.82	35051.61	12405.57
2021M02	21800.06	28544.74	35289.41	13489.35
2021M03	21038.58	28254.53	35470.48	14431.90
2021M04	20347.20	27977.57	35607.94	15260.74
2021M05	19715.67	27713.25	35710.82	15995.15
2021M06	19136.28	27460.99	35785.69	16649.41
2021M07	18602.97	27220.24	35837.52	17234.55
2021M08	18110.80	26990.48	35870.16	17759.36
2021M09	17655.70	26771.20	35886.71	18231.02
2021M10	17234.17	26561.94	35889.70	18655.53
2021M11	16843.22	26362.22	35881.21	19037.99
2021M12	16480.23	26171.61	35862.99	19382.76
2022M01	16142.87	25989.71	35836.54	19693.67
2022M02	15829.08	25816.10	35803.12	19974.03
2022M03	15537.01	25650.42	35763.83	20226.81
2022M04	15264.98	25492.30	35719.62	20454.63
2022M05	15011.47	25341.39	35671.31	20659.84
2022M06	14775.11	25197.37	35619.64	20844.53
2022M07	14554.62	25059.93	35565.23	21010.61
2022M08	14348.86	24928.75	35508.65	21159.79
2022M09	14156.76	24803.57	35450.37	21293.61

Fuente:Elaborado con base a la metodología de Box y Jenking en el programa Eviews

Figure 7: Pronóstico de la producción de limón de 2020M10 hasta 2022M10



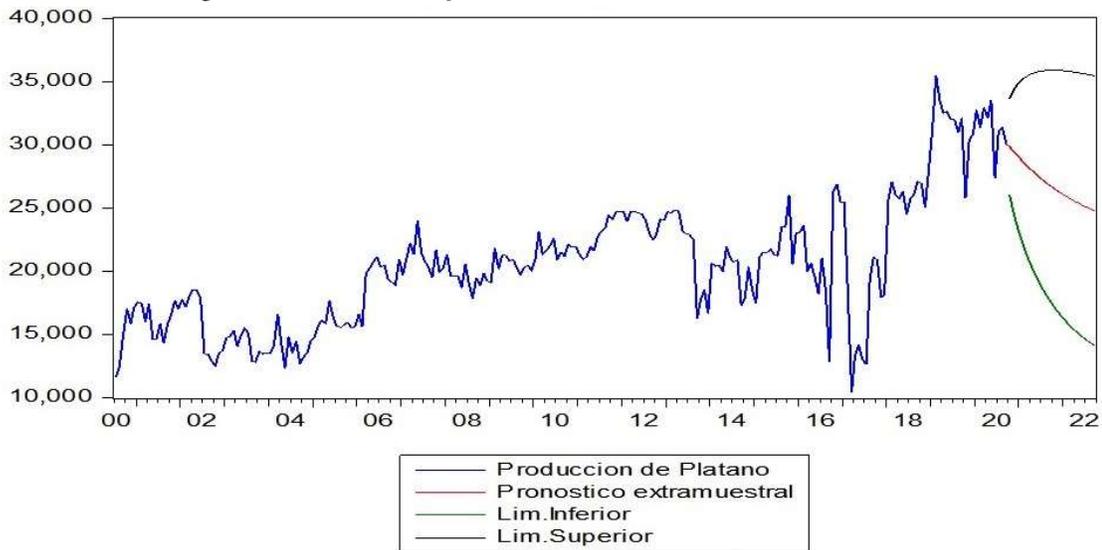
Fuente: Elaborado con base a la serie de producción de limón en el programa Eviews.

3.4 Pronóstico para la producción de Plátano

Respecto al pronóstico de la producción del plátano, se realizó para el periodo 2020M10 hasta 2020M09 con el modelo ARIMA (1,0, 1), El gráfico 8 muestra las predicciones con límites, el pronóstico cae dentro del intervalo de predicción al 95% de confianza. Los pronósticos presentan una tendencia decreciente para los próximos dos años.

La producción del limón, según el pronóstico para los siguientes 24 periodos, se ubica entre 29851.12 Tm para

Figure 8: Pronóstico de la producción de limón de 2020M10 hasta 2022M10.



Fuente: Elaborado con base a la serie de producción del plátano en el programa Eviews.

el periodo de 2020M10 y 24803.57 Tm para el periodo 2022M09, tiene una tendencia decreciente ocasionados

posiblemente por la coyuntura que estamos viviendo a nivel mundial. los criterios para validar los pronósticos son el MAPE (Mean Absolute Percent Error) resultando 18.59 porciento, valor mínimo del error de predicción.

4. CONCLUSIONES

Un modelo de serie de tiempo usa patrones de datos pasados de una variable y usa esa información para pronosticar valores futuros. En la investigación se intentó ajustar el mejor modelo para pronosticar la producción de las principales frutas como limón y plátano en la región de Piura para los próximos dos años.

Para seleccionar el mejor modelo y pronosticar la producción se utilizó la metodología de Box y Jenking, luego de satisfacer las condiciones o supuestos exigidos. El mejor modelo para la producción de limón es un SARIMA (1,0,0)(0,1,1)₁₂ dada la estacionalidad de la serie. Para pronosticar la producción de plátano es un ARIMA (1,0,1) serie que incluye un quiebre estructural.

Los modelos podrían ser utilizado para tomar decisiones a investigadores, políticos, productores de frutas y empresarios del sector agrícola en la región de Piura. Para trabajos futuros, se sugiere utilizar otros métodos de modelamiento y proyección para los cultivos de la región de Piura y cuyos resultados sirvan como base de comparación y promueva la investigación en temas agropecuarios.

REFERENCIAS

- Box, G. (1976) *Time Series Analysis, Forecasting and Control*. San Francisco, Holden- Day, California, USA.
- Box, G. E. (1970) *Distribution of Residual Autocorrelations in Autoregressive Integrated Moving Average Time Series Models*. Journal of the American Statistical Association, 65, p.
- CASINILLO (2016) *Modeling the monthly production of banana using the box and Jenkins analysis..* American Journal of Agricultural and Biological Sciences
- CONTRERAS. (2016) *Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos*. Estudios Gerenciales 32 p.387-396 - Mexico.
- DICKEY. (1979) *Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root*. Journal of the American Statistical Association, 74, p.
- EROSSA, V. (2004) *Proyectos de inversión en ingeniería: su metodología*. (E. LIMUSA (ed.)).
- GUJARATI (2010) *Econometría*. (S.McGRAW-HILL/INTER AMERICANA EDITORES (ed.))
- HAMJAH, M. A. (2014) *Forecasting major fruit crops productions in Bangladesh using Box-Jenkins ARIMA model*. 5 J. Econom. Sustainable, Dev., 5: 9.
- HERNÁNDEZ, R. (2014) *Metodología de la Investigación*. Vol. 6ta Ed.
- INEI (2019a) *Producción Nacional*. Instituto Nacional de Estadística e Informática
- INEI (2019b) *Producto Bruto Interno Por Departamentos*. Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- JARQUE, C. (1978) *A Test for Normality of Observations and Regression Residuals*. International Statistical Institute (ISI), Vol. 55, N.
- LABERRY, M. (2016) *III Foro Nacional del Cultivo de Arroz*. Director Regional de Agricultura
- LAURENTE, L. (2018) *Proyección de la producción de papa en puno. una aplicación de la metodología de Box-Jenkins*. Semestre Economico - FIE - UNA Puno.
- LJUNG, G. (1978) *On a measure of lack of fit in time series models*. Biometrika, V65: 297-3.
- LLICO, D. (2013) *La minería, pesca y agricultura de Piura..* Monografias.com.
- MECHATO, F. (2018) *Piura lidera en producción de alimentos orgánicos*. Asociación de Productos Ecológicos - ANPE.
- MENDOZA, G. (2003) *Pronosticar y métodos de pronóstico*. <https://www.gestiopolis.com/pronosticar-y-metodos-de-pronostico/>
- MERLIN, W. (2015) *Modelo univariante de pronóstico del número de unidades de transfusión de sangre en el hospital regional Manuel Nuñez Butrón - Puno periodo 2006- 2015-I*. Universidad Nacional del Altiplano - Puno
- MOUMOUNI, I. (2013) *What happens between technico-institutional support and adoption of organic farming? A case study from Benin*. Organic Agriculture, DOI 10.1007/s13165-013-0039-x.
- MOYAZZEM, H. (2016) *Forecasting of Banana Production in Bangladesh*. American Journal of Agricultural and Biological Sciences
- MUÑOZ, A. (2007) *Econometría aplicada*. (Ediciones).
- PHILLIPS, P. (1988) *Testing for a Unit Root in Time Series Regression*. Biometrika, 75, 335-346.
- ROSALES, R. (2013) *Fundamentos de Econometría Intermedia: Teoría y Aplicaciones*. (Ediciones Uniandes (ed.)).
- RUIZ, J. (2010) *Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la producción de caña de azúcar*. Facultad de Economía - Universidad Veracruzana - Mexico.

- SLUTSKY, E. (1927) *The Summation of Random Causes as the Source of Cyclical Processes*. *Econometrica* 4: 105-46, 1937.
- SULEMAN, N. (2011) *Forecasting Milled Rice Production in Ghana Using Box- Jenkins Approach*. *International Journal of Agricultural Management & Development (IJAMAD)*.
- SYED, A. (2018) *Variability and Forecasting of Wheat and Sugarcane Production in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan*. *Agricultural Research & Technology: Open Access Journal*.
- TORRES, L. (2010) *Económico del Cambio Climático en la Agricultura de la Región Piura. Caso: Principales Productos Agroexportables*. Consorcio de Investigación Económica y Social - CIES.
- WOLD, H. O. A. (1938) *A Study of the Analysis of Stationary Time Serie*. Uppsala: Almqvist and Wiksells., 2nd ed.-19.
- YULE, U. (1926) *On a Method of Investigating Periodicities in Disturbed Series, with Special Reference to Wolfer's Sunspot Numbers*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*