

PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PAPA EN PUNO. UNA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE BOX-JENKINS

PROJECTION OF POTATO PRODUCTION IN PUNO. AN APPLICATION OF THE BOX-JENKINS METHODOLOGY

*Luis Francisco Laurente Blanco*¹

RESUMEN

La papa es el cuarto cultivo alimenticio más importante en el mundo que sirve de dieta a ricos y pobres. Puno es el departamento que mayor producción de papa registra en el Perú, país donde se encuentra más de 4,000 de las 5,000 variedades existentes en el mundo y donde se originó el cultivo. El objetivo principal de esta investigación fue identificar el mejor modelo ARIMA estacional (o SARIMA) para modelar y proyectar la producción de papa en Puno, utilizando la metodología de Box-Jenkins. El estudio consideró datos mensuales de la producción de papa en Puno entre los años 2007 a 2017. El mejor modelo que se encontró para la modelación y proyección de la producción de papa en Puno es SARIMA (1, 1, 2)(1, 0, 1)₁₂ utilizando los estadísticos de Criterio de Información de Akaike (AIC) y Criterio de Schwarz (SC). Finalmente, se presenta la proyección a doce meses de la producción de papa para ser utilizada para decisiones de política en el sector agropecuario.

Palabras clave: *Estacionalidad, lago Titicaca, Perú, SARIMA, solanum tuberosum.*

¹ Director del Grupo Fibonacci de Ciencias Económicas. flaurentebianco@gmail.com

Este artículo fue recibido 08 de mayo 2018 y su publicación aprobada el 04 de julio de 2018.

ABSTRACT

Potato is the fourth most important food crop in the world that serves as a diet for the rich and the poor. Puno is the department with the highest production of potatoes in Peru, a country where more than 4,000 of the 5,000 existing varieties are found in the world and where the cultivation originated. The main objective of this research was to identify the best seasonal ARIMA model (or SARIMA) to model and forecasting potato production in Puno, using the Box-Jenkins methodology. The study considered monthly data on potato production in Puno between 2007 and 2017. The best model found for the modeling and forecasting of potato production in Puno is SARIMA (1, 1, 2)(1, 0, 1)₁₂ using the Akaike Information Criterion (AIC) and Schwarz Criteria (SC). Finally, the twelve-month forecasting of potato production is presented to be used for policy decisions in the agricultural sector.

Keywords: *Seasonality, Titicaca lake, Peru, SARIMA, Solanum tuberosum,*.

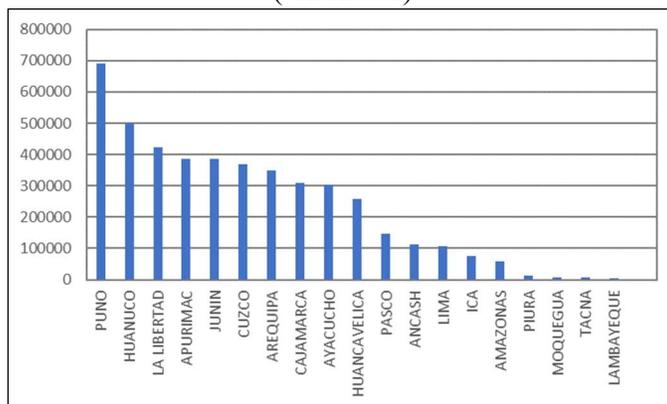
1. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*) es el “cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo” después del arroz, el maíz y el trigo (Chávez, 2008; Spooner & Hetterscheid, 2005) y tiene sus orígenes entre 6,000 a 10,000 años atrás en los Andes del sur del Perú, por el norte del lago Titicaca (Rodríguez, 2010). En general, la papa crece en diversos ambientes pero es mucho mejor su crecimiento en climas cálidos y es muy sensible a las heladas ya que puede sufrir daños cuando la temperatura está por debajo de 0 °C (Hijmans, 2003). Desde el punto de vista nutricional, la papa es baja en calorías, libre de grasa y colesterol, alta en potasio y vitamina C, además es rica en carbohidratos (especialmente el almidón) por lo que es una fuente de energía (Loyola, Oyarce, & Acuña, 2010; Muñoz, 2014; Peña, 2015).

La producción de la papa es estacional debido a diversos factores como: el clima, presencia de heladas, precipitaciones pluviales, tipo de suelo, disponibilidad hídrica, entre otros factores (Julca, 2016). De este modo, la producción total de papa en el mundo es de 381 millones de toneladas provenientes de 19 millones de hectáreas. El Perú produce 4 millones de toneladas provenientes de 318 mil hectáreas que representa únicamente el 1.2% de la producción mundial (FAO; MINAGRI). En el Perú las evidencias arqueológicas indican que la papa era un alimento de los antiguos peruanos las que se muestran en los cerámicos Moche y Chimú (Ponce, 2013) y cuenta con más de 4,000 variedades de más de 5,000 variedades registradas en el mundo (Chávez, 2008). La papa se cultiva en 19 de los 24 departamentos del Perú ubicándose principalmente entre los 2,300 y 4,100 msnm (Ponce, 2013) denominada región Andina que representa el 84% de la producción en las regiones Quechua y Suni, donde a su vez la población de estas regiones registra los más altos niveles de pobreza (INEI, 2011). En la región Yunga se produce 11% y sólo 5% en la región Chala o costa del Perú (Sánchez, 2016).

La Figura 1, muestra que Puno es el departamento con la mayor producción de papa en el Perú (MINAGRI), que cuenta con un clima promedio de 9 °C y está ubicado en la región Suni a una altitud entre 3,500 y 4,100 msnm (Mincetur). En Puno, la siembra se realiza en los meses de noviembre y diciembre y la cosecha entre los meses de abril y junio, obteniéndose una sola cosecha por año (Julca, 2016). El consumo de papa en Puno es primordial en el área rural, ya que muchas familias se alimentan de ella y forma parte de la gastronomía de platillos en la región, autoconsumo y la alimentación de las familias.

Figura 1: Producción de papa por departamentos del Perú, 2016 (toneladas)



Fuente: DGESEP-MINAGRI

El destino de la producción de papa en Puno, se enmarca para diferentes usos y según variedad que se trate: para semilla, consumo, comercialización, procesamiento de chuño blanco o chuño negro. Para los productores de la zona de estudio, Julca (2016) en su trabajo estimó los porcentajes de distribución de la producción donde del total; el 8% se destina para semilla, 30% para autoconsumo, 37% para comercialización y 25% para la producción de tunta y chuño. La papa producida en Puno es comercializada en los principales mercados de abastos locales y nacionales directamente por los agricultores para su consumo en las ciudades.

El crecimiento de la población es uno de los problemas que se debe tener en cuenta para los cultivos, así como el cambio climático que hoy en día ya es un problema puesto que reduce la cantidad de agua y por ende la cantidad producida de los vegetales, por ello realizar estudios constantes de los cultivos en la región y en el país son muy importante.

En la actualidad existen modelos econométricos univariados que permiten modelar y proyectar con una alta eficiencia alguna variable de estudio, propuesto por Box & Jenkins (1976). Al respecto, algunos trabajos que utilizan esta metodología están para el modelamiento de la papa y productos comestibles con modelos ARIMA como los trabajos de Moyazzem H & Abdulla (2015), Singh, Kumar, & Prabakaran (2013), M. Hossain & Abdulla, 2015, Erikson (1993), Hossian & Abdulla (2015), Hossain, Samad, & Ali (2008), Paul et al., (2013), Shuhla & Jharkharia (2015), Hossain & Abdulla (2015); modelos ARIMA para el precio de la papa están las investigaciones de Dhakre & Bhattacharya (2014), Anwar, Shabbir, Shahid, & Samreen (2015), Alioune (2008) y Amiri, Bakhshoodeh, & Najafi (2011). Asimismo, citamos algunos trabajos que permitirán construir mejor el presente trabajo. Respecto de las temperatura de producción de papa y latitudes donde se cultiva se encuentran los trabajos de Haverkort (1990); respecto del cambio climático el trabajo de Hijmans (2003); respecto de la historia y descripción de la papa en el Perú los trabajos de Sánchez (2016), Chávez (2008), MINAGRI (2017); relacionados a la evolución del cultivo los trabajos de Spooner & Hettterscheid (2005) y Rodriguez (2010); respecto a las variedades se encuentra la investigación de Ponce (2013); información nutricional se encuentra en Peña (2015), Loyola et al., (2010) y Muñoz (2014). El objetivo principal de esta investigación es identificar el mejor modelo *Auto-Regressive Integrated Moving Average* (ARIMA) propuesto por Box & Jenkins (1976) para proyectar la producción de papa en Puno.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La selección de los materiales y métodos para la presente investigación comprende de dos partes: la descripción de los datos a utilizar y la metodología ARIMA estacional (conocido también como SARIMA) propuesta por Box & Jenkins (1976) para la proyección de la producción de papa en Puno.

2.1 Datos.

Para el desarrollo de esta investigación se utiliza información secundaria basada en datos disponibles con período mensual entre los años 2007 a 2017 extraídos del Banco Central de Reserva del Perú – Sucursal Puno (BCRP) para la producción total de la papa en el departamento de Puno. Para el análisis de los datos se utiliza el software estadístico Eviews 9.

2.2 Metodología ARIMA estacional de Box-Jenkins.

Para la metodología se hace uso del modelo ARIMA estacional de Box & Jenkins (1976), donde los pasos básicos de esta metodología consisten en lo siguiente:

Análisis preliminar: realizar un análisis preliminar a los datos de tal modo que sean un proceso estocástico estacionario.

Identificación de un modelo tentativo: especificar el orden (p, d, q) del modelo ARIMA, para ello las funciones de autocorrelación ayudan para el reconocimiento del modelo.

Estimación del modelo: el siguiente paso es la estimación del modelo ARIMA identificado en el paso anterior. La estimación puede ser realizada por el método de mínimos cuadrados o máxima verosimilitud.

Diagnóstico de resultados: se realiza la revisión del modelo usando test para los parámetros y residuos.

Proyección: si el modelo ganador del paso anterior es el adecuado, entonces el modelo puede ser usado para la representación y proyección.

Se define el modelo ARIMA como sigue:

Sean los procesos AR (p) y MA (q)

$$Y_t = \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + \varepsilon_t,$$

$$Y_t = \varepsilon_t + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i}.$$

Un modelo ARIMA (0, d, 0) es una serie temporal que se convierte en un proceso de ruido blanco después de ser diferenciada d veces. El modelo ARIMA (0, d, 0) se expresa como $(1-L)^d Y_t = \varepsilon_t$ o lo que es lo mismo como $Y_t - Y_{t-d} = \varepsilon_t$. La formulación general de un modelo ARIMA (p, d, q) se denomina *proceso integrado de medias móviles* de orden (p, d, q) y se escribe como

$$Y_t - Y_{t-d} = \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i},$$

o en su forma compacta,

$$(1 - \phi_1 L - \phi_2 L^2 - \dots - \phi_p L^p)(1-L)^d Y_t = (1 - \theta_1 L - \theta_2 L^2 - \dots - \theta_q L^q) \varepsilon_t.$$

Las series con tendencia secular y variaciones cíclicas pueden representarse con los modelos ARIMA (p, d, q)(P, D, Q). El primer paréntesis se refiere a la tendencia secular o parte regular y el segundo paréntesis a las variaciones estacionales o parte cíclica de la serie.

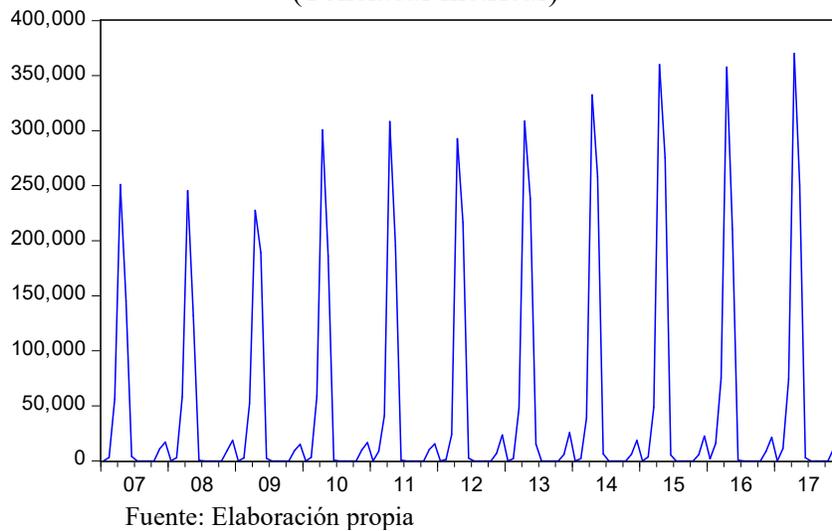
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la presentación de los resultados se utiliza los pasos indicados en la subsección anterior que consta del análisis preliminar, identificación, estimación, diagnóstico y finalmente la proyección para la variable producción de papa en Puno.

3.1 Análisis grafico

La Figura 2 muestra la evolución mensual de la producción de papa en el departamento de Puno en toneladas métricas e indica que la serie es estacional y no estacionaria debido a una media y varianza inestable la cual crece y decrece en algunos puntos (Moyazzem & Abdulla, 2015; Shuhla & Jharkharia, 2015).

Figura 2: Producción de papa en Puno, 2007-2017
(Toneladas métricas)



3.2 Test de estacionariedad

Como primer paso se determina si la serie es estacionaria, para ello se utiliza los test de estacionariedad de Dickey-Fuller Aumentada (ADF) y Phillips Perron (PP) (Moyazzem & Abdulla, 2015; Shuhla & Jharkharia, 2015).

Tabla 1: Tests de Estacionariedad

Variable	Con intercepto		Ninguno	
	Nivel	Primera diferencia	Nivel	Primera diferencia
Test de ADF	-0.5084	-67.27113*	1.6197	-66.65810*
Test de PP	-7.643663*	-39.56618*	-5.586544*	-39.83852*

Nota: (*) denota serie estacionaria al 1% de significancia.

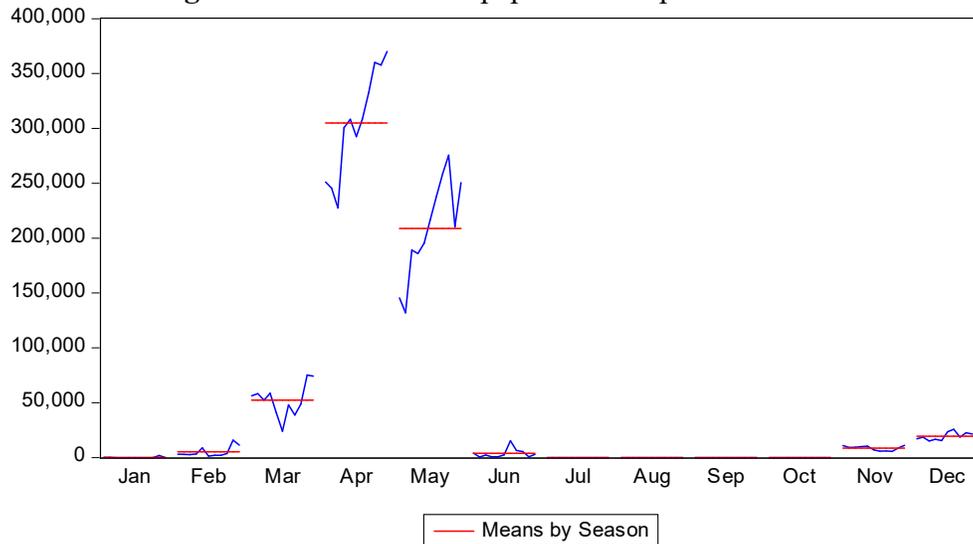
Fuente: Elaboración propia

La Tabla 1 muestra la realización de dos diferentes test de estacionariedad a un 1% de nivel de significancia y se concluye que la producción de papa es no estacionaria en niveles al 1% de significancia. Para este propósito se calculó la serie en primera diferencia y para los test de ADF y PP, la serie es estacionaria a un 1% de significancia. Por otro lado, como muestra las Figuras 2 y 3, por el comportamiento estacional de la producción de papa existen meses donde ella es cero, lo que da evidencia que el modelo no incluye intercepto.

Identificación

En la Figura 3 muestra que la producción de papa en Puno es estacional. Lo que da evidencia para un modelo estacional ARIMA de 12 meses.

Figura 3: Producción de papa en Puno por estaciones



Fuente: Elaboración propia

Estimación

Se utilizaron varios modelos autoregresivos (AR), medias móviles (MA) y modelos autoregresivos integrados y de medias móviles (ARIMA) y componente estacional del paso anterior. Se estimaron por la metodología de mínimos cuadrados para determinar el comportamiento de la producción de papa en Puno durante los períodos 2007:m1 a 2017:m12.

Utilizando los estadísticos de Criterio de Información de Akaike (AIC) y Criterio de Schwarz (SC) para la elección del mejor modelo (Shuhla & Jharkharia, 2015). El modelo 1 que es SARIMA (1, 1, 2)(1, 0, 1)₁₂ de la Tabla 2 es el mejor modelo para representar a la producción de papa en Puno.

Tabla 2: Estimación de modelos ARIMA para la producción de papa en Puno

Variable	Coefficiente	t-Statistic	AIC/SBC	DW
<i>Modelo 1</i>				
AR(1)	-0.896521	-13.96941		
SAR(12)	0.995081	340.5434	AIC = 22.19698	1.797021
MA(2)	-0.974762	-45.07876	SC = 22.30727	
SMA(12)	-0.197267	-2.71220		
<hr/>				
<i>Modelo 2</i>				
AR(1)	-0.928729	-20.15056		
AR(2)	-0.956058	-20.82703		
AR(3)	-0.940631	-20.45827	AIC = 22.24839	1.783469
AR(4)	-0.960623	-27.5748	SC = 22.42486	
SAR(12)	0.994289	312.2287		
MA(5)	-0.97348	-22.55203		
SMA(12)	-0.17138	-2.061217		
<hr/>				
<i>Modelo 3</i>				
AR(1)	0.938789	2.659244		
AR(2)	-0.265882	-2.282045		
SAR(12)	0.994137	323.5032	AIC = 22.21092	1.985663
MA(1)	-1.75706	-4.92843	SC = 22.36532	
MA(2)	0.759309	2.145968		
SMA(12)	-0.264581	-4.04963		
<hr/>				
<i>Modelo 4</i>				
AR(1)	-0.921779	-20.26181		
AR(2)	-0.964285	-21.65099		
AR(3)	-0.94016	-20.50965	AIC = 22.25819	1.829183
AR(4)	-0.957768	-28.57996	SC = 22.41260	
SAR(12)	0.991542	240.4471		
MA(5)	-0.976134	-22.33118		
<hr/>				

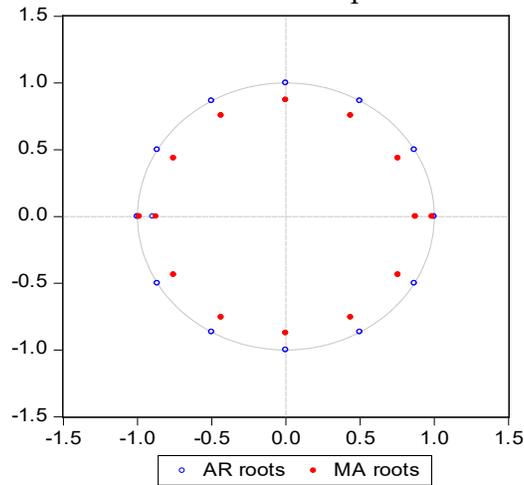
Notas: AIC y SC son el Criterio de Información de Akaike y Criterio de Schwarz, respectivamente. DW se refiere al estadístico Durbin-Watson de autocorrelación.

Fuente: Elaboración propia

Diagnóstico

Para el diagnóstico, se utiliza el modelo SARIMA (1, 1, 2)(1, 0, 1)₁₂ del paso anterior y se verifica en la Figura 4 que las raíces de todos los AR y MA son menores de 1, esto muestra que el modelo ARIMA es estable al igual que los errores, lo que indica que este modelo se puede usar para representar y proyectar la producción de papa en Puno.

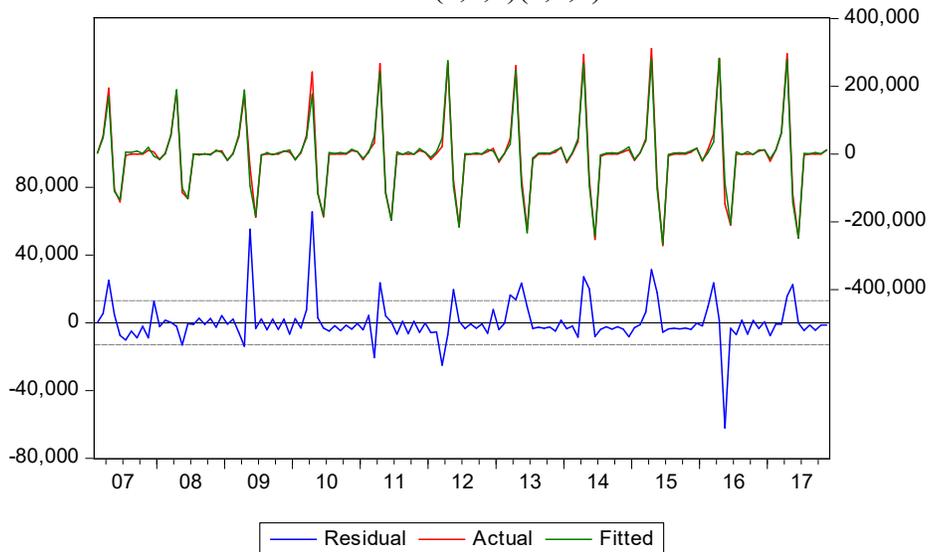
Figura 4: Raíces inversas de los polinomios AR/MA



Fuente: Elaboración propia

La Figura 5 muestra el diagnóstico residual para el modelo SARIMA $(1, 1, 2)(1, 0, 1)_{12}$.

Figura 5: Valores actuales, valores proyectados y residuales del modelo SARIMA $(1, 1, 2)(1, 0, 1)_{12}$

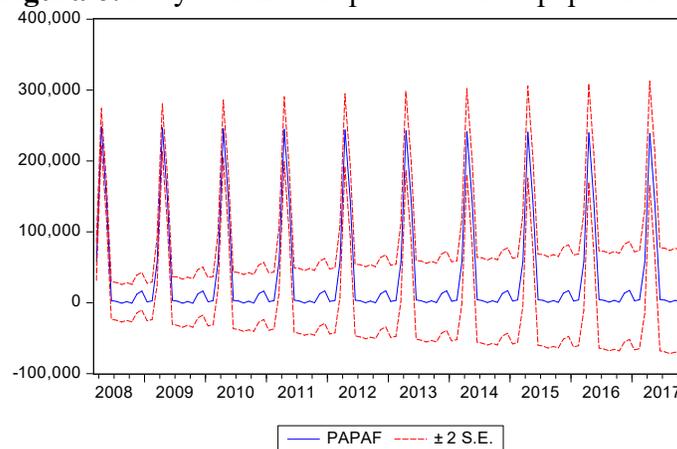


Fuente: Elaboración propia

Proyección

Después del examen de diagnóstico realizado al modelo SARIMA (1, 1, 2)(1, 0, 1)₁₂, se realiza la proyección de la variable de estudio (Box & Jenkins, 1976). Tales resultados se muestran en la Figura 6, donde la variable *papaf* es la proyección con el modelo ARIMA de la variable producción de papa en Puno.

Figura 6: Proyección de la producción de papa en Puno



Fuente: Elaboración propia

Utilizando el modelo se proyecta la variable producción de papa para los meses de diciembre 2017 – noviembre 2018, tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Valores proyectados para la producción de papa en Puno (Toneladas métricas)

Mes año	producción
Diciembre 2017	17,250
Enero 2018	0
Febrero 2018	4,291
Marzo 2018	57,352
Abril 2018	237,652
Mayo 2018	141,282
Junio 2018	4,726
Julio 2018	0
Agosto 2018	0
Setiembre 2018	0
Octubre 2018	0
Noviembre 2018	13,672

Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

El presente trabajo aplica modelos ARIMA de Box & Jenkins (1976) para el modelamiento y proyección de la papa en Puno utilizando datos mensuales de 2007 a 2017 sugerido por Shuhla & Jharkharia (2015) y Moyazzem & Abdulla (2015). Basado en Criterio de Información de Akaike (AIC) y Criterio de Schwarz (SC) se seleccionó el mejor modelo ARIMA para la proyección de la producción de papa en Puno. Los resultados muestran que el modelo SARIMA $(1, 1, 2)(1, 0, 1)_{12}$ es el más apropiado para capturar el comportamiento y la proyección de la producción de papa en Puno.

Finalmente, los resultados de la presente investigación pueden ayudar a una mejor planificación al gobierno y a entidades relacionadas a la agricultura.

Para trabajos futuros se sugiere utilizar otros métodos de modelamiento y proyección para los principales cultivos del departamento de Puno y que tales resultados sirvan como base de comparación y promueva la investigación en temas agropecuarios en esta región del Perú

AGRADECIMIENTOS

Se agradece sinceramente las cuidadosas verificaciones de los revisores que ayudaron con sus comentarios para mejorar el documento.

5. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Alioune, D. (2008). Alternative Forecasting Techniques for Vegetable Prices in Senegal. *Bureau d'analyses Macro-Économiques (BAME)*, (221), 5–10. Retrieved from http://www.bameinfopol.info/IMG/pdf/Dieng_MP_1_.pdf
- Amiri, A., Bakhshoodeh, M., & Najafi, B. (2011). Forecasting seasonality in prices of potatoes and onions: challenge between geostatistical models, neuro fuzzy approach and Winter method. *Munich Personal RePEc Archive*, (44017). Retrieved from <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/34093/>
- Anwar, M., Shabbir, G., Shahid, H., & Samreen, W. (2015). Determinants of Potato Prices and its Forecasting: A Case Study of Punjab, Pakistan. *Munich Personal RePEc Archive*, (41193). Retrieved from <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/66678/>
- BCRP. (2018). Síntesis de Actividad Económica de Puno, producción agropecuaria, varios años. Retrieved February 23, 2018, from

- <http://www.bcrp.gob.pe/51-sucursales/sede-regional-puno.html>
- Box, G., & Jenkins, G. M. (1976). *Time Series Analysis: forecasting and control*. Oakland, California.
- Chávez, P. La Papa, Tesoro de los Andes, Presentación (2008). Retrieved from http://fci.uib.es/digitalAssets/177/177040_peru.pdf
- Dhakre, D. S., & Bhattacharya, D. (2014). Price Behaviour of Potato in Agra Market - A statistical analysis, *14*(2), 12–15.
- Erikson, G. R. (1993). *A Comparison of Models to Forecast Annual Average Potato Prices in Utah*. Utah State University.
- FAO. (2013). Estadísticas FAO (FAOSTAT). Retrieved February 25, 2018, from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/GT>
- Haverkort, A. J. (1990). Ecology of potato cropping systems in relation to latitude and altitude. *Agricultural Systems*, *32*(3), 251–272. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(90\)90004-A](https://doi.org/10.1016/0308-521X(90)90004-A)
- Hijmans, R. (2003). The Effect of Climate Change on Global Potato Production, *2100*, 271–279.
- Hossain, M., & Abdulla, F. (2015). Forecasting the Tea Production of Bangladesh: Application of ARIMA Model, (September).
- Hossain, Z., Samad, Q., & Ali, Z. (2008). ARIMA model and forecasting with three types of pulse prices in Bangladesh: a case study. *International Journal of Social Economics*, *35*(5), 380–395.
- Hossian, M., & Abdulla, F. (2015). A Time Series Analysis for the Pineapple Production in Bangladesh. *Jahangirnagar University Journal of Science*, *38*(2), 49–59. <https://doi.org/10.3844/jmss.2015.93.98>
- INEI. (2011). Perú: Perfil de la Pobreza por departamentos, 2001-2010, 674.
- Julca, B. (2016). *Impacto del Gorgojo de los Andes (Premnotrypes spp.) en*

la producción y comercialización del chuño blanco en las economías campesinas del departamento de Puno. Extracción Y Caracterización De Aceite Vegetal De Las Semillas De Uva Borgoña (Vitis Vinifera) Utilizando Enzimas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2232/L73-C6-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Loyola, N., Oyarce, E., & Acuña, C. (2010). Evaluación del Contenido de Almidón en Papas (*Solanum tuberosum*, SP. *Tuberosum* CV. *Desirée*), producidas en forma Orgánica y Convencional en la provincia de Curicó, Región del Maule. *Evaluation*, (2002), 41–52. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292010000200005>
- MINAGRI. (2017). *Papa: Características de la Producción Nacional y de la Comercialización en Lima Metropolitana.*
- MINAGRI. (2018). Sistemas de Información | Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias, año 2016. Retrieved February 25, 2018, from <http://siea.minag.gob.pe/siea/?q=sistemas-de-informacion>
- Mincetur. (2014). Series estadísticas de la región de Puno, año 2014.
- Moyazzem, M., & Abdulla, F. (2015). Forecasting Potato Production in Bangladesh by ARIMA Model. *Asian Journal of Crop Science*, 7(2), 147–153. <https://doi.org/10.3923/ajcs.2015.147.153>
- Muñoz, M. (2014). Composición y aportes nutricionales de la papa. *Revista Agrícola*, 36–37.
- Paul, R. K., Panwar, S., Sarkar, S. K., Kumar, A., Singh, K. N., Farooqi, S., & Choudhary, V. K. (2013). Modelling and Forecasting of Meat Exports from India. *Agricultural Economics Research Review*, 26(2), 249–255.

- Peña, C. B. (2015). *Evaluación del contenido nutricional y actividad antioxidante en Solanum tuberosum grupo Phureja*. Universidad Nacional de Colombia.
- Ponce, R. (2013). *Caracterización molecular de las variedades de papas cultivadas (Solanum spp.) más importantes del Perú mediante el uso de microsatélites*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Retrieved from http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/3228/1/Amambal_aj.pdf
- Rodriguez, L. E. (2010). Origen y evolución de la papa cultivada . Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 28(1), 9–17.
- Sánchez, M. (2016). *Cultivo de la Papa en Ancash*. Retrieved from https://agroancash.gob.pe/agro/wp-content/uploads/2016/07/la_papa.pdf
- Shuhla, M., & Jharkharia, S. (2015). Applicability of ARIMA models in wholesale vegetable market: An investigation. *International Journal of Agricultural and Statistical Sciences*, 11(1), 69–72. <https://doi.org/10.4018/ijisscm.2013070105>
- Singh, D. P., Kumar, P., & Prabakaran, K. (2013). Application of ARIMA model for forecasting Paddy production in Bastar division of Chhattisgarh. *American International Journal of Research in Science, Technology, Engineering & Mathematics*, 82–87.
- Spooner, D. M., & Hetterscheid, W. L. a. (2005). *Origins, evolution, and group classification of cultivated potatoes. Darwin's Harvest. New Approaches to the Origins, Evolution, and Conservation of Crops*. <https://doi.org/10.13140/2.1.4715.3601>.