



JOURNAL OF THE
Selva Andina
Animal Science
Official Journal of the Selva Andina Research Society

ISSN 2311-3766 (print edition)
JSAAS
ISSN 2311-2581 (online edition)

Journal of the Selva Andina Animal Science

ISSN: 2311-3766

ISSN: 2311-2581

directoreditoranimalscience@gmail.com

Selva Andina Research Society

Bolivia

Perez Guerra, Uri Harold; Macedo Sucari, Rassiel; Manrique Quispe, Yan Pierr;
Condori Chuchi, Eloy Amador; Fernández Ruelas, Eliseo; Pérez Durand, Manuel Guido

Aplicación de un modelo "ARIMA" para pronosticar la producción
de leche en vacas Brown Swiss del altiplano peruano

Journal of the Selva Andina Animal Science, vol. 9, núm. 2, 2022, pp. 77-83

Selva Andina Research Society

Bolivia

DOI: <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2022.090200077>

- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org





Aplicación de un modelo "ARIMA" para pronosticar la producción de leche en vacas Brown Swiss del altiplano peruano

Application of an "ARIMA" model to forecast milk production in Brown Swiss cows from the Peruvian highlands

Perez Guerra Uri Harold¹ , Macedo Sucari Rassiel² , Manrique Quispe Yan Pierr^{3*} , Condori Chuchi Eloy Amador³ , Fernández Ruelas Eliseo¹ , Pérez Durand Manuel Guido¹ 

Datos del Artículo

¹Universidad Nacional del Altiplano Puno.
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
Laboratorio de Reproducción Animal.
Av. Floral N° 1153.
Tel: + 051 599430.
Puno - Perú.

²Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
Facultad de Ciencias Agrarias.
Departamento de Ganadería.
Av. La cultura N° 733.
Tel: + 084 604100.
Cusco - Perú.

³Universidad Nacional del Altiplano Puno.
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
Escuela de Post grado en Ciencia Animal.
Av. Floral N° 1153.
Tel: + 051 599430.
Puno - Perú.

*Dirección de contacto:

Universidad Nacional del Altiplano Puno.
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
Escuela de Post grado en Ciencia Animal.
Av. Floral N° 1153.
Tel: + 051 599430.
Puno - Perú.

Yan Pierr Manrique Quispe
E-mail address:
yanpierrmvz@gmail.com

Palabras clave:

ARIMA,
producción de leche,
pronósticos,
series de tiempo.

J. Selva Andina Anim. Sci.
2022; 9(2):77-83.

ID del artículo: [111/JSAAS/2022](https://doi.org/10.1111/JSAAS/2022)

Historial del artículo.

Recibido marzo, 2022.
Devuelto julio 2022
Aceptado septiembre, 2022.
Disponible en línea, octubre, 2022.

Editado por:
Selva Andina
Research Society

Resumen

El objetivo del estudio fue aplicar un modelo ARIMA para pronosticar la producción de leche en vacas Brown Swiss del altiplano peruano, tomando los datos del rebaño del Centro de Investigación y Producción Chuquibambilla de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno de los años 2008-2016 ordenado por meses. Los datos fueron importados en el programa RStudio aplicando un modelo ARIMA que consistió en realizar un ploteo horizontal de la producción de leche por año, una gráfica estacional distribuida por meses y los pronósticos utilizando los comandos "meanf", "naive", "snaive" y "rfw" tanto de forma textual como gráfica, para finalmente aplicar el modelo autorregresivo ARIMA (1,0,0) (2,0,0). Se señala que la producción de leche no es estacionaria según prueba de Dickey Fuller ($p=0.02811$). En tal sentido fue clasificada como una serie de tiempo no estacionaria con un comportamiento estacional relacionado con características climáticas propias del altiplano (época lluviosa, de transición y seca). Entre los modelos de pronóstico el "ingenuo estacional" fue más acorde. El pronóstico del modelo ARIMA muestra la producción pronosticada para el año 2017 con intervalos de confianza al 80 y 95 %. En conclusión, el modelo ARIMA propuesto para la producción de leche fue apropiado, pues permitió pronosticar las producciones del año 2017.

2022. *Journal of the Selva Andina Animal Science*®. Bolivia. Todos los derechos reservados.

Abstract

The aim of this study was to apply an ARIMA model to forecast milk production in Brown Swiss cows from the Peruvian highlands, taking data from the Chuquibambilla Research and Production Center herd of the National University of the Altiplano, Puno for the years 2008-2016 ordered by months. The data were imported into the RStudio program applying an ARIMA model that consisted of making a horizontal plot of milk production by years, a seasonal graph distributed by months and the forecasts using the commands "meanf", "naive", "snaive" and "rfw" both textually and graphically, to finally apply the ARIMA (1,0,0) (2,0,0) autoregressive model. It is shown that milk production is not stationary according to the Dickey Fuller test ($p=0.02811$). In this sense, it was classified as a non-stationary time series with a seasonal behavior related to the climatic characteristics of the highlands (rainy, transition and dry seasons). Among the forecasting models, the "seasonal naive" was more consistent with this characteristic. The forecast of the ARIMA model shows the forecast production for the year 2017

Keywords:

ARIMA,
forecasting,
milk production,
time series.

with confidence intervals at 80 and 95 %. In conclusion, the ARIMA model proposed for milk production was adequate because it allowed forecasting the productions of the year 2017.

2022. Journal of the Selva Andina Animal Science®. Bolivia. All rights reserved.

Introducción

La población de vacunos se incrementó en comparación a los años noventa, actualmente se cuenta con más de cinco millones de cabezas, siendo el tipo Criollo con mayor presencia, seguido por Brown Swiss que representan el 17.6 % del total. Esta raza criada principalmente en la zona andina para la producción de leche¹. La producción lechera es de gran importancia por su forma de pago semanal, quincenal y/o mensual, desarrollando sus actividades principalmente en zonas de la Sierra, en dichos sistemas de producción los ingresos económicos alcanzan entre 2000 a 15000 S anuales, sin embargo, son montos por debajo del sueldo mínimo peruano².

Actualmente el desarrollo de la ganadería lechera está a cargo de ganaderos, sociedades, profesionales y hasta el momento sigue siendo un desafío el aumentar la producción lechera, estudios de los sistemas productivos a manera de caracterizar e identificar los factores como manejo, instalaciones, alimentación y registros de producción³. El análisis de los registros permite caracterizar y analizar la producción lechera siendo la estadística aplicada una herramienta importante para la toma de decisiones, actualmente utiliza modelos de regresión lineal multivariados para la predicción de la producción lechera, reportando poca confiabilidad, sin embargo, la aplicación de modelos de series de tiempo, permite describir y predecir el comportamiento de un fenómeno que varía en el tiempo, y su dependencia entre observaciones sucesivas⁴.

La modelación ARIMA (Autorregresive Integrated Moving Average-Autorregresivo integrado de promedio móvil) desarrollada por Box-Jenkins, constituye una revolución para el análisis de series de tiempo^{5,6}. Además, se comporta como una herramienta para reconocer los principales componentes estructurales en la evolución temporal de la producción lechera y la curva de lactación^{7,8}. Este modelo llega a ser una herramienta sencilla y flexible, para predecir datos faltantes que permitan optimar el impacto de programas de mejoramiento genético en la producción de vacunos de leche. En tal sentido el objetivo del estudio fue aplicar el modelo ARIMA para pronosticar la producción lechera de vacas Brown Swiss en condiciones del Altiplano peruano.

Materiales y métodos

Lugar de estudio y sistematización de datos. El estudio se caracterizó por ser descriptivo retrospectivo. Se utilizaron los registros de producción de leche de las campañas de los años 2008 al 2016 del Centro de Investigación y Producción Chuquibambilla (CIPC) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano Puno (Perú). Los registros diarios de cada individuo, fueron categorizados por tercios de lactación. Se sistematizaron en una hoja de cálculo (Microsoft Excel 365®), se calculó la suma de las producciones mensuales de cada año, incluyendo el año 2008 al 2016 (Tabla 1).

Tabla 1 Sistematización de registros de producción de leche por mes y año de vacas Brown Swiss del Centro de Investigación y Producción Chuquibambilla, Puno, Perú

Año – mes	Producción de leche (L)	Nro. de vacas evaluadas
2008 – enero	19100.8	68
2008 – febrero	16983.6	64
2008 – marzo	18286.8	65
2008 – abril	18767.4	65
2008 – mayo	17226.0	65
2008 – junio	14681.8	68
2008 – julio	14971.4	67
2008 – agosto	15210.6	64
2008 – septiembre	15314.0	65
2008 – octubre	18271.6	69
2008 – noviembre	16326.4	75
2008 – diciembre	17375.4	66

Aplicación de modelo ARIMA. El modelo se caracteriza por tener tres etapas: identificación, estimación y revisión diagnóstica:

Se utilizó el ploteo horizontal de la producción total de leche (eje “y”) y los años (eje “x”) utilizando el paquete o “library” del programa RStudio denominado ggplot y específicamente con el comando denominado autoplot (Figura 1).

Se aplicó una gráfica estacional de la producción de leche para cada año de producción con la diferencia de tener en el eje “y” los meses de producción utilizando el comando ggseasonplot (Figura 2).

Se procedió a realizar los pronósticos de la producción de leche para el año 2017 utilizando los comandos de RStudio meanf (promedio), naive (ingenuo), snaive (ingenuo estacional) y rfw (modelo con derivada), teniendo en el eje “y” la producción total y eje “x” los años de producción (Figura 3).

Finalmente se aplicó el modelo autorregresivo que combina los procesos autorregresivos (AR(p)) y de promedios móviles (MA(q)) realizando un gráfico de los pronósticos (autoplot) con intervalos de confianza al 80 y 95 % (Figura 4). Todos los análisis fueron realizados utilizando el programa estadístico R v. 4.0.3 con su extensión RStudio⁹.

Resultados

La Figura 1 refiere el comportamiento de la producción de leche (L) de las vacas Brown Swiss del CIPC, Puno, durante los años del estudio.

Figura 1 Ploteo horizontal de la producción total de leche con relación a los años 2008-2016

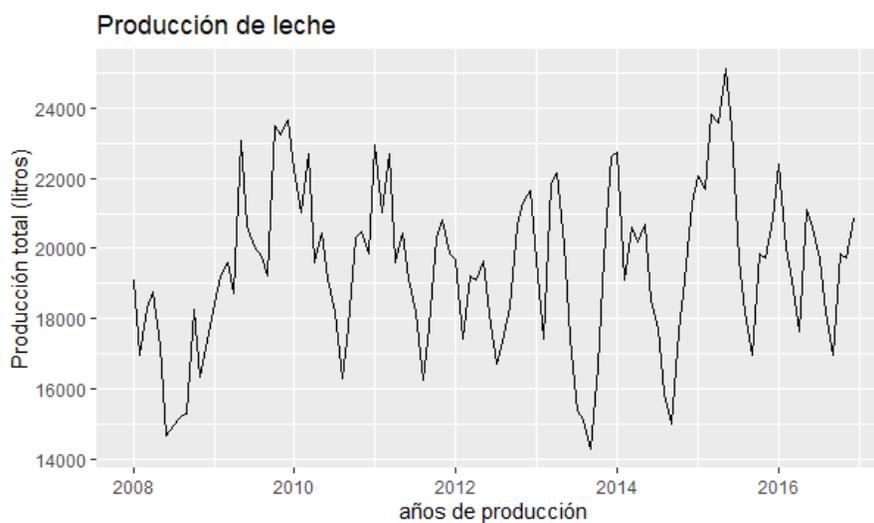


Figura 2 Producción estacional total de leche con relación a los meses (2008-2016)

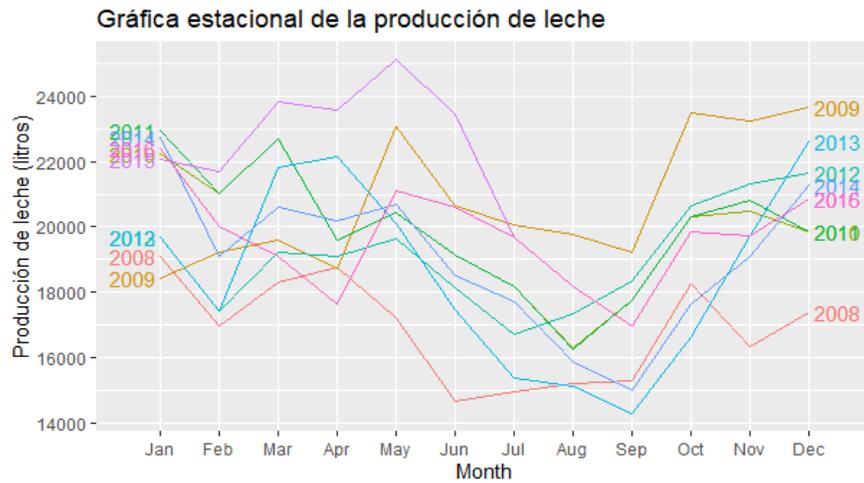


Figura 3 Producción de leche complementada con métodos simples de pronóstico

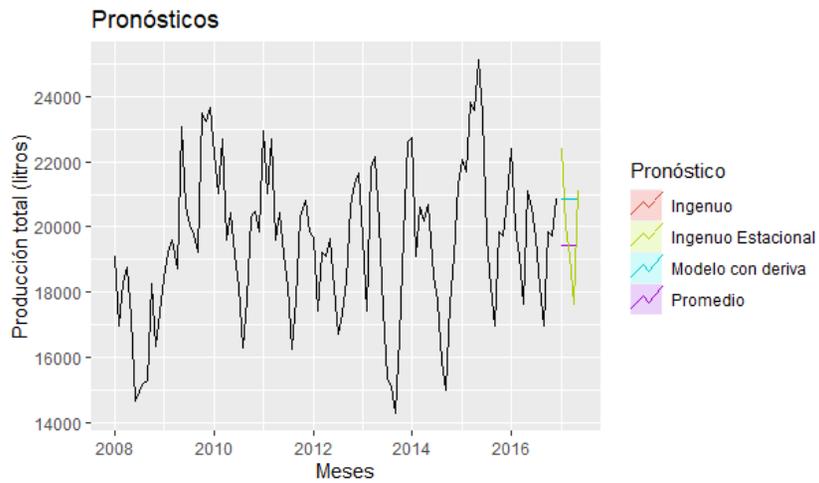
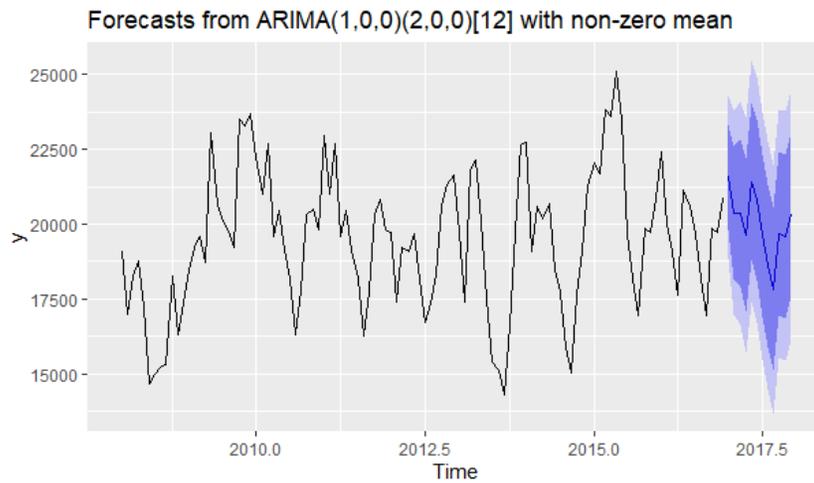


Figura 4 Pronósticos con modelo ARIMA y sus intervalos de predicción



La Figura 1 refiere el comportamiento de la producción de leche (L) de las vacas Brown Swiss del CIPC, Puno, durante los años del estudio.

La Figura 2 muestra la producción de leche con relación a los meses para los nueve años de estudio. Los mayores rendimientos en tres años coinciden con el mes de mayo mientras que los picos más bajos se reportan para los meses agosto y septiembre.

La Figura 3 expresa un plano horizontal de la producción de leche similar a la Figura 1 complementada con métodos simples de pronóstico como son: ingenuo, ingenuo estacional, modelo de deriva y el modelo promedio. La Figura 4 señala el pronóstico realizado mediante los modelos ARIMA para los siguientes 12 meses (año 2017) observando un patrón semejante con picos altos en meses como mayo y caídas para setiembre y octubre, respectivamente. La Figura 4 muestra la producción de leche de forma horizontal complementando el pronóstico respectivo (línea de color azul). El intervalo de confianza al 80 % se muestra como sombra de color azul, en tanto que el intervalo de confianza al 95 % se muestra que por encima de este como zona sombreada de celeste claro a gris.

Discusión

La producción de leche muestra estacionalidad a través del tiempo, sin expresar alguna tendencia positiva o negativa con picos altos y bajos en producción de leche por épocas del año. Sin embargo, se observa un crecimiento importante en el pico positivo de producción del año 2015 que se debe al aumento de vacas en producción. Asimismo, se observan caídas importantes de la producción a mediados de 2008 y en los últimos meses de 2013 y 2014. La hipótesis de condición de ser no estacionario fue comprobada y aceptada mediante la prueba de Dickey Fuller ($p=0.02811$). La producción lechera y su comportamiento fueron similares a los reportados por Sánchez

et al.⁴, Sánchez López et al.¹⁰, sin embargo, Mishra et al.¹¹ indican que la producción lechera es estacionaria tras la evaluación de la función de autocorrelación (ACF) y función parcial de autocorrelación (PACF)¹², tal como se observa en la Figura 1. La estacional (Figura 2) muestra claramente dependencia a las características climáticas como son: época lluviosa (diciembre - marzo), se observa la mayor producción de leche, época seca (abril - septiembre), en la mayoría de los años se observa un descenso notorio de la producción de leche. Estudios a nivel del altiplano peruano caracterizan la época de seca como un periodo extenso con fuertes vientos y temperaturas extremas que restringen el desarrollo de pastos y cultivos forrajeros, la época de transición como un periodo corto con relativa presencia de lluvias que se traduce en una ligera mejora de condiciones climáticas y finalmente la época lluviosa caracterizada por mayor precipitación y temperaturas ambientales favorables para el crecimiento y desarrollo de los pastos y cultivos forrajeros¹³.

Los métodos simples de pronóstico se caracterizan por ser sorpresivamente efectivos tal como ocurre con el método ingenuo estacional que es muy útil para datos estacionales, se establece que cada pronóstico sea igual al último valor observado de la misma estación y mes del año. En la Figura 3 se observa de color verde claro el pronóstico "ingenuo estacional" muy similar a producciones de años pasados, que indica que se procesó y utilizó los datos conocidos con exactitud que genera un aumento de la probabilidad de obtener un pronóstico apropiado y eficiente¹⁴. La autocorrelación global observada en la Figura 4 entre los residuales se comprobaron mediante un análisis de un correlograma y el valor del estadístico "Q" ($Q=14.791$ y $p=0.6763$) indicando que este fenómeno es similar a lo reportado por otros autores⁵ al analizar también las características de producción le-

chera. Los modelos ARIMA se caracterizan por realizar predicciones a corto plazo con la desventaja de no tener la capacidad de considerar a largo plazo, sin embargo, este modelo es una buena opción para representar la producción de leche y establecer de alguna forma un pronóstico¹². En conclusión, el modelo ARIMA propuesto para la caracterización de producción de leche fue conveniente, puesto que permitió pronosticar la producción referente al año 2017, siempre y cuando se cuente con los datos completos (producción por día, mes y año) de producción de leche.

Fuente de financiamiento

Los autores declaran que el artículo fue ejecutado solo con recursos del grupo de investigación.

Conflictos de intereses

Los autores firmantes declaran no tener ningún conflicto de interés económico ni personal que puedan influir con el presente manuscrito.

Agradecimientos

Al personal administrativo y técnico del Centro de Investigación y Producción - Chuquibambilla, por las facilidades brindadas en la recopilación de la información necesaria para la investigación.

Consideraciones éticas

Los autores declaran que el estudio se ha llevado de acuerdo al código de ética para experimentos con animales de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

Aporte de los autores en el artículo

Perez Guerra Uri Harold, realizó la redacción del manuscrito y diseño del experimento. *Macedo Sucari Rassiel*, realizó la recopilación de datos y sistematización de datos. *Manrique Quispe Yan Pierr*, realizó la redacción del manuscrito y análisis estadístico. *Condori Chuchi Eloy*, Amador realizó la sistematización de datos e interpretación. *Fernández Ruelas Eli-seo*, realizó la metodología y revisión de la investigación. *Pérez Durand Manuel Guido*, realizó la revisión final del manuscrito.

Limitaciones en la investigación

Se tuvo limitaciones respecto a la información sobre la investigación, por ser un tema nuevo.

Literatura citada

1. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario-2012 [Internet]. Lima: misterio de Agricultura y Riego; 2013 [citado 2 de octubre de 2021]. 47 p. Recuperado a partir de: <https://www.agrorural.gob.pe/dmdocuments/resultados.pdf>
2. Herrera J. La Pobreza en el Perú. 2001. Una visión departamental. Lima: INEI – IRD. 196 p.
3. Cáceres Cabanillas RA. Manejo de la producción lechera en dos sistemas de utilización de pasturas en la Sierra Central [tesis maestría]. [Lima]: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2015 [citado 26 de octubre de 2021]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2128>
4. Arellano M. Introducción al análisis clásicos de series de tiempo [Internet]. Lección de estadística. 2001 [citado 3 de febrero de 2021]. Recuperado a

- partir de: <https://ciberconta.unizar.es/leccion/se-riest/INICIO.HTML>
5. Sánchez L, Cabanas G, Abad Y, Torres V. Utilización de modelos ARIMA para la predicción de la producción de leche. Estudio de caso en la UBPC "Maniabo", Las Tunas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 2014;48(3):213-8.
 6. Box GEP, Jenkins GM, Reinsel GC, Ljung GM. *Time Series Analysis Forecasting and control*. 5ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc; 2016.
 7. Cala Callisaya C. Modelos de pronóstico del volumen de acopio de leche y producción de quesos en la planta quesera del centro poblado de Chijnaya [tesis licenciatura]. [Puno]: Universidad Nacional del Altiplano; 2013 [citado 26 de octubre de 2021]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7253>
 8. Macciotta NPP, Cappio-Borlino A, Pulina G. Time series autoregressive integrated moving average modeling of test-day milk yields of dairy ewes. *J Dairy Sci* 2000;83(5):1094-103. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74974-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74974-5)
 9. R Core Team [Internet]. European Environment Information and Observation Network. 2020 [cited 25 October 2021]. Retrieved from: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/ox-ygen-consuming-substances-in-rivers/r-development-core-team-2006>
 10. Sánchez-López E, Barreras-Serrano A, Pérez-Linares C, Figueroa-Saavedra F, Olivas-Valdez JA. Aplicación de un modelo arima para pronosticar la producción de leche de bovino en Baja California, México. *Trop Subtrop Agroecosystems* 2013;16(3):315-24.
 11. Mishra P, Fatih C, Niranjana HK, Tiwari S, Devi M, Dubey A. Modelling and forecasting of milk production in Chhattisgarh and India. *Indian J Anim Res* 2000;54(7):912-7. DOI: <https://doi.org/10.18805/ijar.B-3918>
 12. Deshmukh SS, Paramasivam R. Forecasting of milk production in India with ARIMA and VAR time series models. *Asian J Dairy & Food Res* 2016;35(1):17-22. DOI: <https://doi.org/10.18805/ajdfr.v35i1.9246>
 13. Quispe Coaquira J, Belizario Quispe C, Apaza Zuñiga E, Maquera Marón Z, Quisozala Carita V. Desempeño productivo de vacunos Brown Swiss en el altiplano peruano. *Rev Investig Altoan* 2016;18(3):411-21. DOI: <http://doi.org/10.18271/ria.2016.216>
 14. Anderson DR, Sweeney DJ, Williams TA. Análisis de series de tiempo y elaboración de pronósticos. En: Anderson DR, Sweeney DJ, Williams TA, Camm JD, Cochran JJ, editores. *Estadística para negocios y economía* [Internet]. México, DF: Cengage Learning; 2012. p. 784-854. Recuperado a partir de: https://www.academia.edu/35861890/An%C3%A1lisis_de_series_de_tiempo_y_elaboraci%C3%B3n_de_pron%C3%B3sticos

Nota del Editor:

Journal of the Selva Andina Animal Science (JSAAS). Todas las afirmaciones expresadas en este artículo son únicamente de los autores y no representan necesariamente las de sus organizaciones afiliadas, o las del editor, editores y los revisores. Cualquier producto que pueda ser evaluado en este artículo, o la afirmación que pueda hacer su fabricante, no está garantizado o respaldado por el editor.