

## Pronóstico de la producción de leche en Panamá mediante el uso de series de tiempo

### Forecast of milk production in Panama using time series

*Rufino Vega Moreno<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Facultad de Economía, Panamá; [rufinovega86@gmail.com](mailto:rufinovega86@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-7210-1367>

**Resumen:** El objetivo principal de la investigación consistió en estimar la producción de leche en la República de Panamá para los años 2022 y 2023, tendiente a conocer la situación actual de este rubro tan importante en el sector agropecuario, básicamente con miras a aportar instrumentos metodológicos de predicción como los métodos de Box Jenkins con modelos ARIMA (Autorregresivos, integrados, medias móviles) en la estimación de la producción lechera. La muestra corresponde al periodo 2006-2021. Los resultados explican que la serie presenta tendencia y estacionalidad; además, es estacionaria mediante las pruebas de raíz unitaria, en la transformación de diferenciado logarítmico; luego se determinó que de entre los modelos obtenidos, el mejor fue un ARIMA de orden (1,1,3) mostrando que la producción tendrá un aumento en los próximos años a pesar de los efectos de la pandemia del COVID-19 como producto de buenas políticas y eficiente administración en el mencionado rubro.

**Palabras clave:** Producción, lácteos, pronóstico

**Abstract:** The main objective of the research was to estimate the production of milk in the Republic of Panama for the years 2022 and 2023, in order to know the current situation of this important item in the agricultural sector, basically with a view to providing methodological instruments of prediction as the Box Jenkins methods with ARIMA models (Autoregressive, integrated, moving averages) in the estimation of milk production. The sample corresponds to the period 2006-2021. The results explain that the series presents a trend and seasonality, it is also stationary through the unit root tests, in the logarithmic differential transformation; then it was determined that among the models obtained, the best model was an ARIMA of order (1,1,3) showing that production will increase in the coming years despite the effects of the COVID-19 pandemic as a result of good policies and efficient administration in above-mentioned area product.

**Keywords:** Production, dairy, forecast.

## 1. Introducción

El subsector lechero nacional, durante los últimos años, ha superado las expectativas económicas en la comercialización y en la exportación de productos lácteos; además de mostrar significativamente aspectos de mejoría en los niveles tecnológicos de un importante porcentaje de las explotaciones lecheras. Sin embargo, en términos generales,

todavía no se ha aprovechado su potencial, las ventajas comparativas en materia de calidad de los productos, el estado sanitario del hato y la posición geográfica del país (MIDA, 2018).

Las explotaciones lecheras requieren que se realicen urgentes cambios en las estructuras productivas de este importante rubro para mejorar los niveles de producción, productividad y competitividad (Quintero y Grajales, 2013).

En este contexto, el plan de acción para el sector lácteo de Panamá realizado en un periodo comprendido entre 2007 y 2013 inicialmente, pero cuyas prácticas han seguido efectuándose por el positivo efecto obtenido en su periodo inicial en el mejoramiento de la competitividad, mediante la dotación de recursos técnicos y financieros que generen mejoras sustanciales en la eficiencia de los sistemas de producción, transporte, acopio e industrialización de la leche que se traduzcan en un fortalecimiento de la cadena agroalimentaria de la leche, de forma tal que pueda absorber la oferta incremental de leche y satisfacer los requerimientos de los mercados (MIDA, 2007).

Para la continuidad de este plan, el Gobierno Nacional aportará B/.54 millones, equivalentes al 50.6% de la inversión total. Dichos aportes se materializarán en el reconocimiento del 50% la asistencia técnica directa (B/.3.8 millones); de los planes de inversión (B/. 45 millones); así como de las inversiones en equipamiento e infraestructura para el mejoramiento de fincas (B/1.7 millones) y fortalecimiento de la cadena agroalimentaria de la leche (B/. 1.3 millones).

La industria láctea a modo general mantuvo un aumento significativo durante el año de pandemia de aproximadamente 4%, equivalente a 645 mil litros, siendo una cifra favorable ante una cadena muy afectada en periodos anteriores, logro obtenido principalmente por el uso de parámetros internacionales en cuanto a evaluaciones de tipo comercial sanitario y de equidad al mercado local (MIDA, 2021).

Finalizado el horizonte de ejecución, se espera que las eficiencias logradas con la incorporación de prácticas más eficientes en materia productiva y la masificación del empleo de técnicas de inseminación artificial conlleven incrementos en la producción de leche (APLEPC, 2018).

Es importante señalar que la lechería panameña se caracteriza por desarrollarse en explotaciones o fincas pequeñas, con mano de obra familiar, siendo la principal fuente de ingresos sostenidos para la familia rural. Dentro de este contexto, esta ardua actividad económica ha provisto los fondos familiares para la construcción de viviendas, manutención familiar, los gastos de salud, educación a todos los niveles, contribuyendo al desarrollo de otros sectores de la economía como el comercio, la banca, el transporte y otros. Muchos de los profesionales que se agitan cotidianamente en diversas profesiones y actividades del sector industrial, del sector servicios, de salud y educación, han sido educados con el aporte de la producción lechera.

En Panamá, actualmente existen 6,520 productores de leche, que venden su leche a las industrias, la mayor cantidad se localiza en la provincia de Los Santos con 2,437 proveedores, seguido de la provincia de Chiriquí con 1,651, Herrera con 1,577 (MIDA, 2020).

Un aspecto importante que detallar es que la producción lechera al igual que los demás rubros agrícolas dependen en gran medida de las condiciones como el clima y el tipo de estación, ya que, en los meses de verano de enero a abril, la producción tiende a disminuir, debido a que el volumen y la calidad de las pasturas disminuye a su mínimo nivel; siendo los meses más críticos marzo y abril.

En muchas regiones, la producción agrícola ya se está viendo afectada negativamente por un aumento y una mayor variabilidad de las temperaturas, cambios en el nivel y la frecuencia de las precipitaciones, una mayor frecuencia de periodos sin lluvias y sequías (Ramírez et al., 2017).

Esta situación de la inestabilidad de la producción causa un desabastecimiento de materia prima en la época de verano, siendo el principal argumento para que las empresas procesadoras, soliciten la importación de materias primas.

Es por ello por lo que el objetivo principal de la investigación es pronosticar la producción de leche a nivel nacional para así conocer la situación que enfrentará dicho rubro y poder aplicar estrategias de mejoras en caso de ser necesarias.

## 2. Materiales y métodos

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que en el proceso investigativo se recopilieron datos numéricos con el propósito de pronosticar la producción de leche en Panamá mediante modelos ARIMA.

Presenta un diseño no experimental, porque se observó la variable tal cual es en su entorno natural, además, es descriptiva y longitudinal de serie temporal para un periodo comprendido entre 2006 y 2021 y cuyos datos fueron obtenidos de fuentes secundarias disponibles en la página web del Instituto Nacional de Estadística y Censo en la serie industria que corresponden a la compra de leche por las empresas, por tanto es una aproximación a la producción total de leche ya que no se incluye el autoconsumo en las fincas lecheras.

Dicho estudio, abarca todo el país debido a la importante presencia de producción lechera a lo largo y ancho del territorio nacional.

Las series temporales son una sucesión de observaciones recolectadas cronológicamente de manera diaria, mensual, anual, siendo siempre expresadas en función de un periodo de tiempo determinado, con la facilidad de la interpretación gráfica de las variables y contribuyendo a un correcto análisis (Montes et al., 2016).

Con la aplicación de los modelos de series temporales, se puede describir y predecir el comportamiento de un fenómeno, en este caso la producción de leche, que cambia en el tiempo, y que muestra dependencia entre las observaciones sucesivas (Arellano, 2001).

Para el análisis, se utilizó información de la base de datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística y Censo de Panamá (INEC), base de datos de estadísticas mundiales Knoema, y del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), mediante el Plan Estratégico para el Desarrollo del Subsector Lechero; dichos datos corresponden al periodo 2006-2021 y cuyas observaciones son expresadas trimestralmente en millones de litros.

Para el análisis de los datos, se aplicaron metodologías de series temporales mediante el método Box Jenkins con modelación ARIMA (Autorregresivo, Integrado, Medias Móviles). Los mencionados análisis se realizan mediante el programa estadístico EViews 10.

## ARIMA

Los modelos autorregresivos integrados de media móvil ARIMA, son modelos estadísticos que utiliza variaciones y regresiones de datos estadísticos con el fin de encontrar patrones para una predicción hacia el futuro, son procesos dinámicos de series temporales, es decir, las estimaciones futuras vienen explicadas por los datos históricos.

El modelo ARIMA (p,d,q) es un caso especial de un proceso integrador. En general, se dice que  $yt$  es integrado de orden  $d$  si  $\Delta d yt$  es estacionario, y se denota como  $yt \sim (d)$ . Si  $d = 0$ ,  $yt$  es estacionaria (Casaliglla y Paul, 2018).

Algunos casos particulares del modelo son:

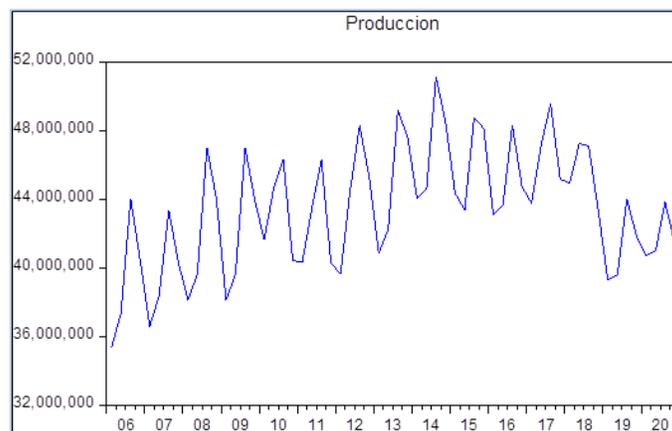
- ARIMA(p,0,0) = AR(p)
- ARIMA(0,0,q) = MA(q)
- ARIMA(p,0,q) = ARMA(p,q)
- ARIMA(0,1,1):  $\Delta yt = (1 - \theta B)\epsilon t$
- ARIMA(1,1,1):  $(1 - \phi B)\Delta yt = (1 - \theta B)\epsilon t$

## 3. Resultados

### Producción de leche anual

La serie presenta tendencia creciente con algunas irregularidades en su ciclo de crecimiento para el año 2018, sin embargo, se mantiene la tendencia creciente para los años posteriores (figura 1).

**Figura 1. Producción de leche en la República de Panamá, en litros, por trimestre, periodo 2006-2021**



Fuente: Elaboración propia.

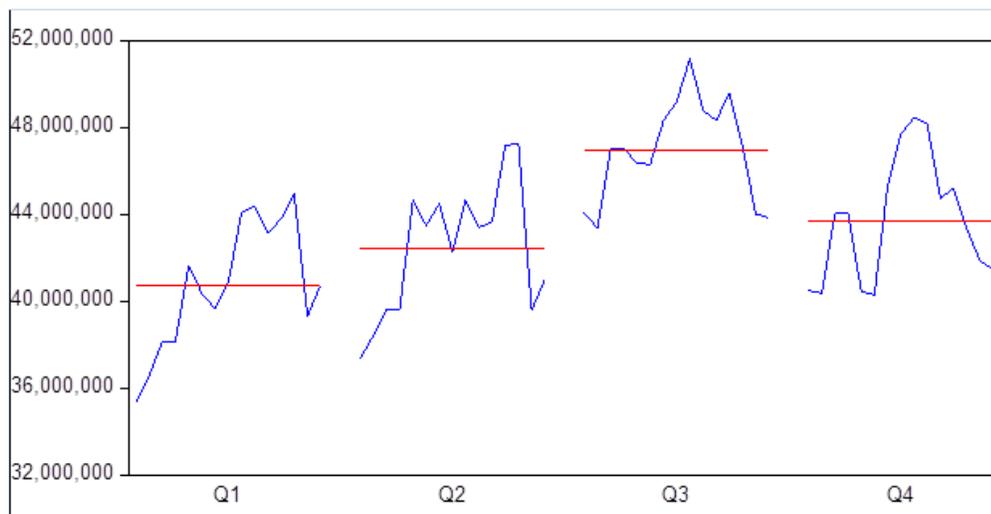
Panamá presenta un crecimiento sostenido importante en su producción que a pesar de disminuir en 2018 y 2019, continúa posteriormente con su ritmo de crecimiento estable.

### Estacionalidad de la serie

La serie presenta estacionalidad ya que se puede observar que en el primer y segundo trimestre la producción es más baja en comparación con el tercer trimestre el cuál presenta la mayor producción seguido del cuarto trimestre.

Es importante señalar que dicha estacionalidad no es muy marcada debido a que, si bien es cierto que los pequeños productores producen menos en verano, la producción en Chiriquí disminuye considerablemente en invierno debido al exceso de lluvias creándose un efecto que minimiza la estacionalidad, sin embargo, se aprecia que el tercer trimestre es el de mayor producción (figura 2).

**Figura 2. Estacionalidad de la producción de leche en la República de Panamá, en litros, por trimestre, periodo 2006-2021.**

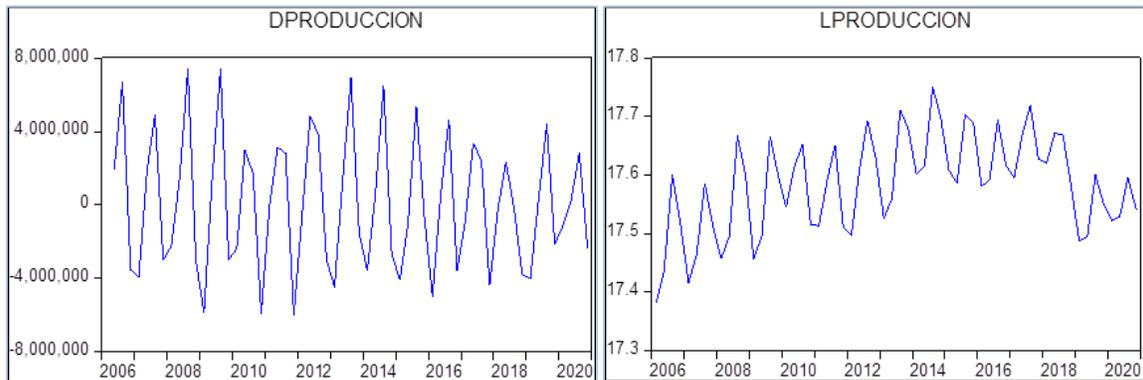


Fuente: Elaboración propia.

### Estacionarización de la serie

Se pretende estacionarizar la serie (Varianza constante y media 0) mediante transformaciones en diferenciado y en logaritmo. Se puede observar que la serie empieza a estacionarizarse en diferenciado (figura 3).

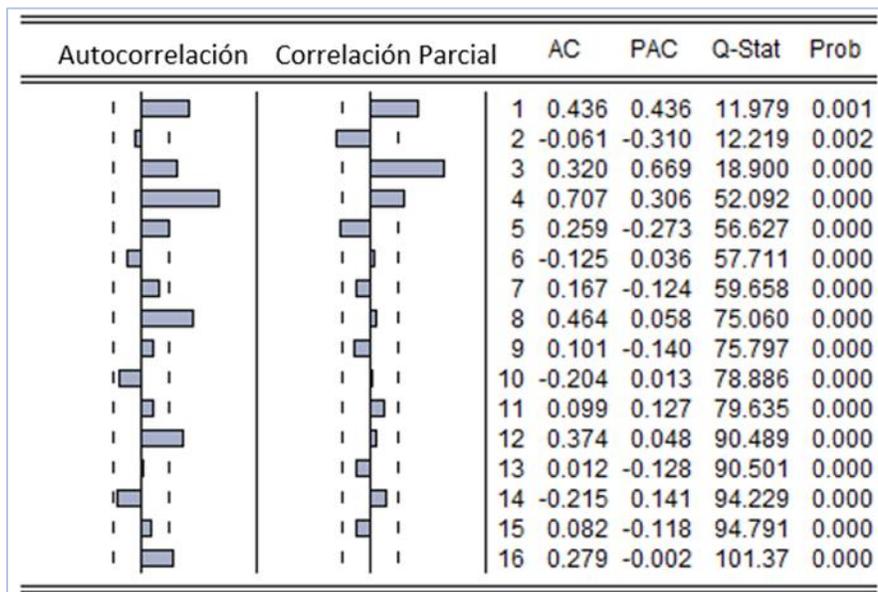
**Figura 3. Gráfico de producción de leche en diferenciado y en logaritmo**



Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar la serie en logaritmo y cuyo correlograma manifiesta no estacionariedad (figura 4).

**Figura 4. Correlograma de producción de leche en logaritmos**



Fuente: Elaboración propia.

### Pruebas de raíz unitaria

Las pruebas de raíz unitaria se aplican para determinar si la serie es estacionaria a nivel original contrastado al 5%. Tanto en constante e intercepto, como en constante hay

raíz unitaria; es decir, que la serie no es estacionaria lo cual es lo que se esperaba para poder pronosticar con un posible modelo ARIMA (tabla 1).

**Tabla 1. Pruebas de raíz unitaria en constante y tendencia y en constante para la serie original**

Prueba de Dickey- Fuller (Constante y tendencia)		Estadístico-t	Prob.*
Dickey-Fuller Aumentado Prueba estadística		-1.451762	0.8340
Prueba de valores críticos:	1% Nivel	-4.133838	
	5% Nivel	-3.493692	
	10% Nivel	-3.175693	

Prueba de Dickey-Fuller (Constante)		Estadístico-t	Prob.*
Dickey-Fuller Aumentado Prueba estadística			0.2733
Prueba de valores críticos:	1% Nivel		
	5% Nivel		
	10% Nivel		

Fuente: Elaboración propia.

Para mayor seguridad, se procede a aplicar la prueba KPSS a la serie producción de leche y determinar la estacionariedad de la misma mediante el siguiente contraste de hipótesis:

Ho: p- valor > 0.05 no existe raíz unitaria

Hi: p-valor < 0.05 existe raíz unitaria

Según la prueba, cae en región de rechazo, se rechaza la hipótesis nula, existe raíz unitaria en la serie producción de leche; la serie no es estacionaria (tabla 2).

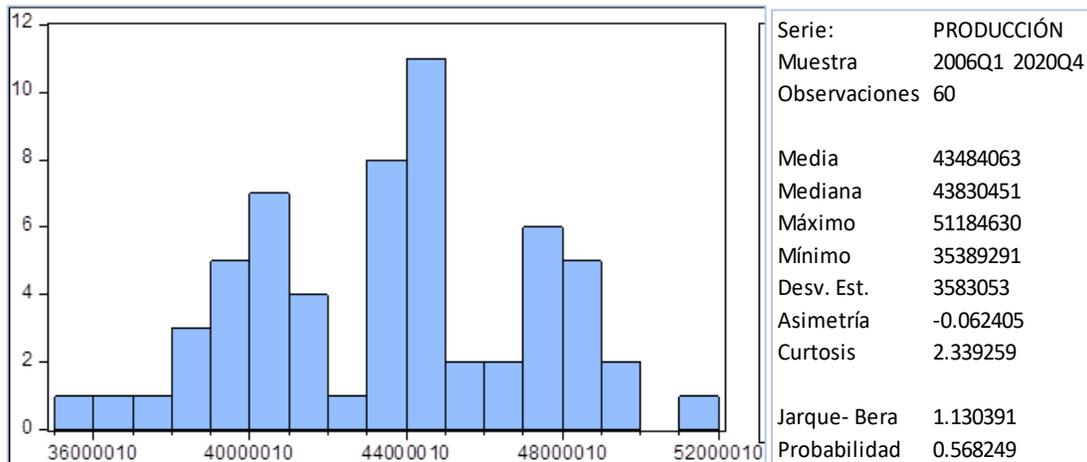
Además, la prueba de normalidad manifiesta la existencia de normalidad de los datos (figura 5).

**Tabla 2. Prueba KPSS**

Prueba KPSS		LM-Stad.
Prueba Estadística de Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin		0.5564
Valores críticos:	1% Nivel	0.7390
	5% Nivel	0.4630
	10% Nivel	0.3470
Varianza residual		1.26243E+13
HAC varianza corregida (Bartlett kernel)		2.71271E+13

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5. Prueba de normalidad**



Fuente: Elaboración propia.

Luego se procede a transformar la serie en logaritmo y se hace un diferenciado al logaritmo para estacionarizar la serie.

Las pruebas de DF muestran que la serie en diferenciado logaritmo no tiene raíz unitaria; la misma es estacionaria en constante, none y tendencia, es decir, que la serie está lista para buscar posibles modelos de pronóstico (tabla 3).

**Tabla 3. Pruebas de DF con constante y tendencia y en constante para la serie dlog producción de leche**

Prueba de Dickey-Fuller (Constante y tendencia)		Estadístico-t	Prob.*
Prueba estadística Dickey-Fuller Aumentado		-10.5841	0.0000
Prueba de valores críticos:	1% Nivel	-4.1305	
	5% Nivel	-3.4921	
	10% Nivel	-3.1748	

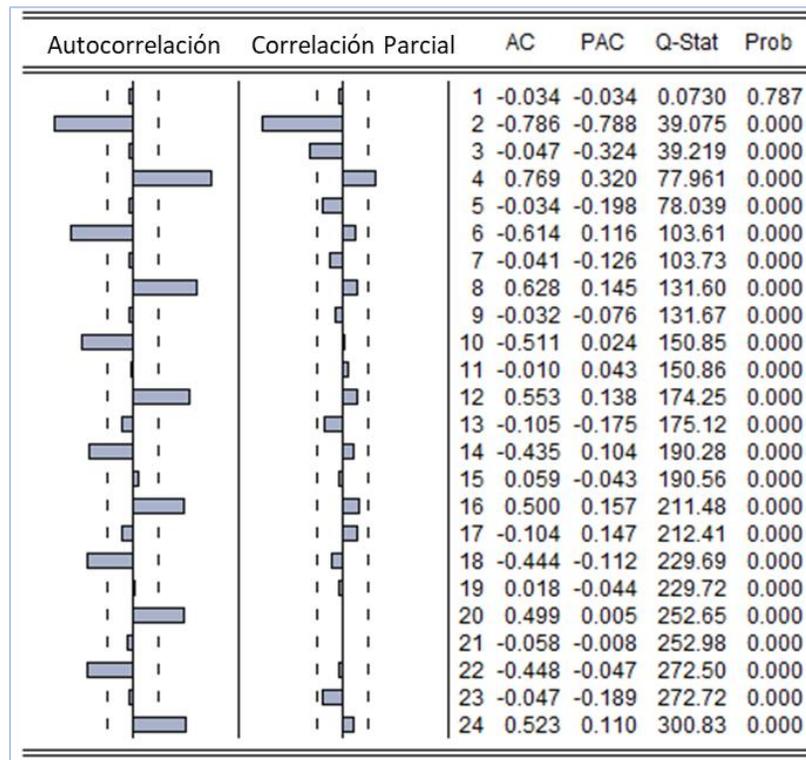
  

Prueba de Dickey-Fuller (Contante)		Estadístico-t	Prob.*
Prueba estadística Dickey-Fuller Aumentado		-3.95192	0.0032
Prueba de valores críticos:	1% Nivel	-3.55502	
	5% Nivel	-2.91552	
	10% Nivel	-2.59556	

Fuente: Elaboración propia.

Para encontrar los modelos, se aplica el uso del correlograma en donde se logró estacionarizar, es decir, en diferenciado logaritmo (Dlog) o en logaritmo. Se decide utilizar diferenciado logaritmo en primera diferencia ya que permite estacionarizar la serie y leer el correlograma. Se encuentra un posible modelo ARIMA (3, 1, 12) (figura 6).

**Figura 6: Correlograma para la serie dlog producción de leche**



Fuente: Elaboración propia.

Luego se aplica el posible primer modelo (3, 1, 12). Se pudo observar que no hay significancia en las MA (8,10,12,14,16,18,20,22,24) y en el AR (2,3) quedando un ARIMA de orden (1,1,3) en donde se puede observar que los p-valores son significativos al 0.05 % indicando el buen ajuste del modelo (tabla 4).

**Tabla 4. Salida del modelo  $ls \text{ dlog}(\text{producciondeleche}) \text{ c ar (4) ma (2) ma (4) ma (6)}$**

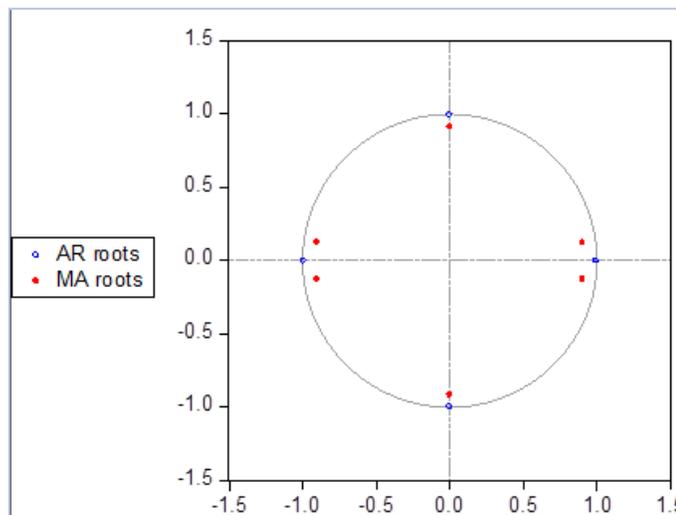
Variable	Coefficiente	Std. Error	Estadístico-t	Prob.
C	0.0009	0.0231	-0.0414	0.0000
AR(4)	0.9823	0.0176	55.53189	0.0000
MA(2)	0.7624	0.1372	-5.5573	0.0000
MA(4)	0.6485	0.1423	-4.5566	0.0000
MA(6)	0.5783	0.1737	3.3285	0.0016
SIGMASQ	0.0011	0.0002	5.5111	0.0000

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan una serie de pruebas para autenticar la eficiencia del modelo como lo son las pruebas de círculo unitario, correlogramas, heterocedasticidad y normalidad.

En lo que respecta al círculo unitario, tanto los autorregresivos (AR) como las medias móviles (MA) caen dentro del círculo lo cual es importante (figura 7).

**Figura 7. Validación de los Supuestos: Círculo Unitario, Raíces Inversas de Polinomio(s) AR/MA**



Fuente: Elaboración propia

Los correlogramas muestran ruido blanco, es decir, que los residuos no deben afectar el pronóstico del modelo y también que la probabilidad está dentro del 5%; cuando se habla de residuo, se refiere a la diferencia entre los valores reales y los pronosticados (figura 8).

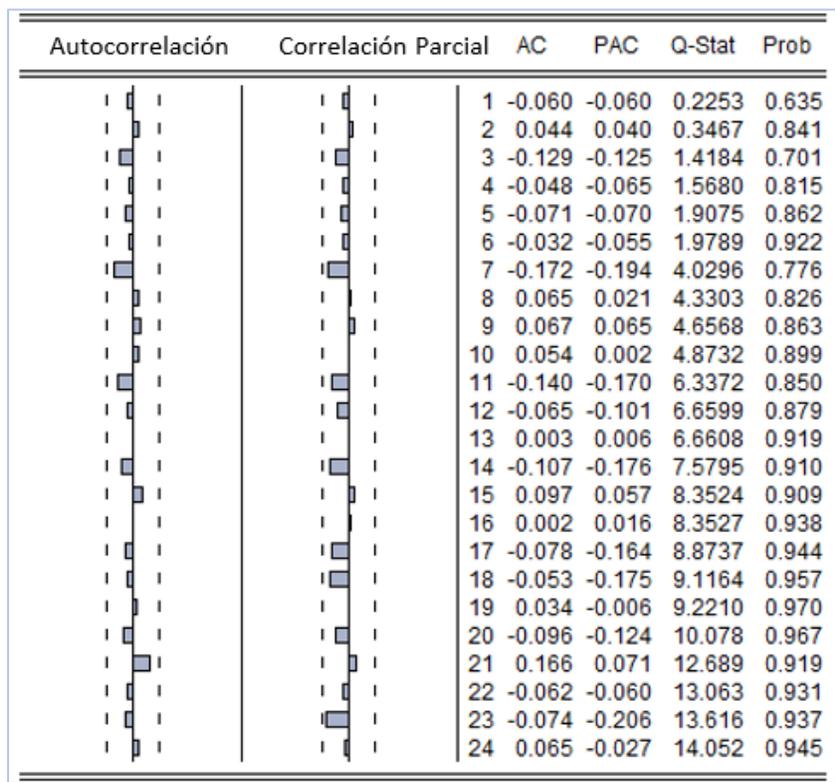
Debido a que la fase de identificación del modelo se fundamenta en la evaluación del correlograma, se describe a la metodología de Box y Jenkins como pragmática (Brooks, 2008).

Además, dicha metodología, prescinde de un marco conceptual teórico por lo que el proceso subyacente no requiere ser comprendido y explicado ni se considera necesario aplicar pruebas de hipótesis (Griffiths et al., 1993).

La prueba de heterocedasticidad muestra que existe homocedasticidad (Varianza contante),  $0.6516 > 0.05 =$  Varianza Homocedástica, (tabla 5).

La prueba de normalidad muestra que la serie sigue una distribución normal, ya que no se puede rechazar la hipótesis nula,  $0.5682 > 0.05$  (figura 9).

**Figura 8. Validación de supuesto: correlograma de los residuos al cuadrado**



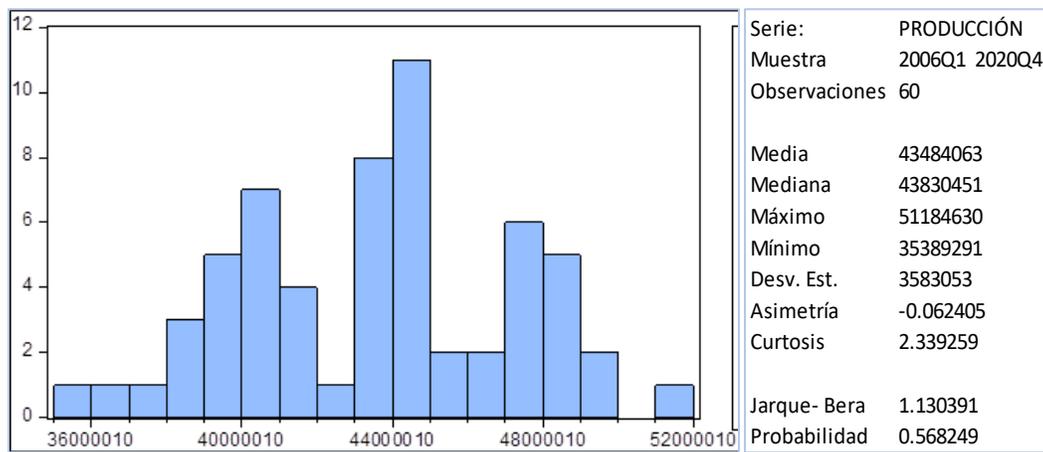
Fuente: El autor con datos del INEC.

**Tabla 5. Test para modelar la varianza homocedástica**

Heterocedasticidad de ARCH				
Estadístico F	0.20614	Prob. F(1,56)		0.6516
Obs*R-cuadrado	0.21271	Prob. Chi-cuadrado		0.6446
Variable	Coefficiente	Std. Error	Estadístico-t	Prob.
C	0.00126	0.00029	4.32120	0.0001
RESID^2(-1)	-0.06068	0.13365	-0.454022	0.6516

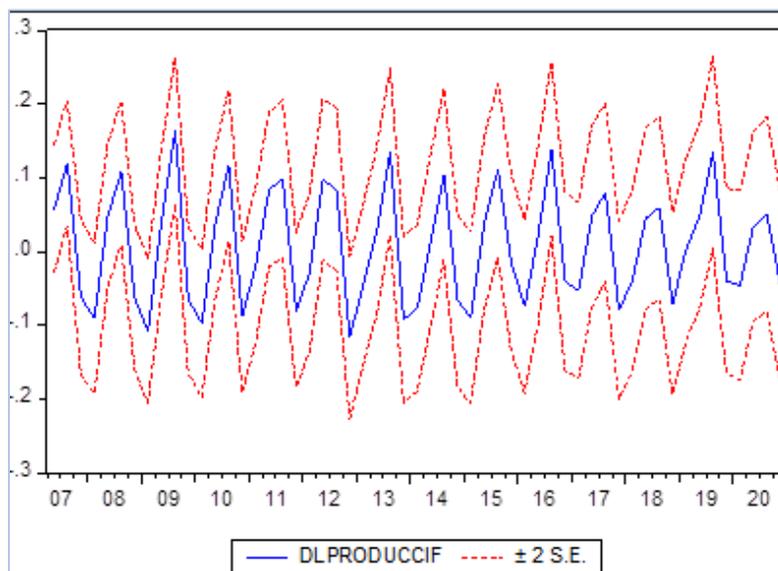
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 9. Prueba de normalidad**



Fuente: Elaboración propia.

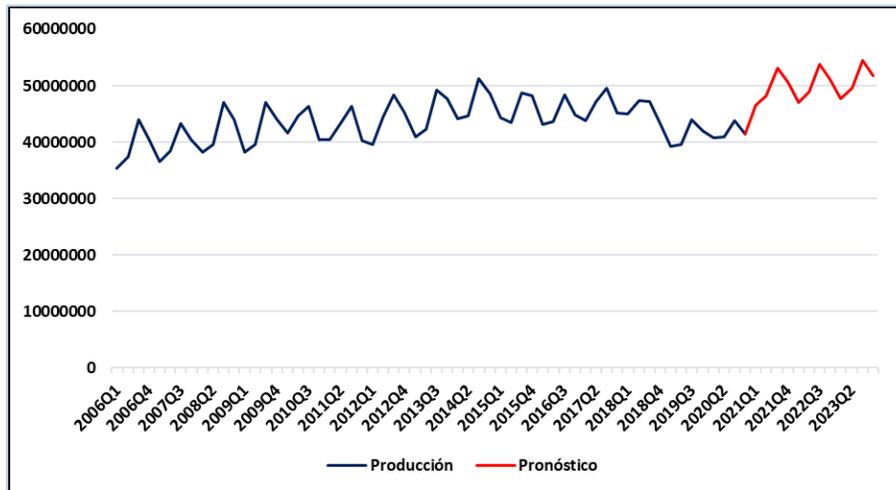
**Figura 10. Pronóstico estático usando Ar (4) Ma (2) Ma(4) Ma (6)**



Fuente: Elaboración propia.

El pronóstico estático presenta un error absoluto medio de 0.0260 lo cual es aceptable ya que se encuentra por debajo del 5%. Se pueden apreciar dos desviaciones estándar tanto superior como inferior.

**Figura 11. Pronóstico dinámico usando Ar (4) Ma (2) Ma (4) Ma (6)**



Fuente: Elaboración propia.

Con el modelo ARIMA de orden (1,1,3), se estima que en el 2022 y 2023 la producción por trimestre se encuentra entre los 47 y 54 millones de litros de leche (tabla 6).

**Tabla 6. Pronóstico por trimestre de la producción de leche en Panamá para los años 2022 y 2023.**

Año	Trimestre	Producción en millones de litros
2022	Q1	47109745.21
2022	Q2	48866337.98
2022	Q3	53811499.87
2022	Q4	51165747.82
2023	Q1	47764286.67
2023	Q2	49512375.13
2023	Q3	54429110.44
2023	Q4	51798280.93

Fuente: Elaboración propia.

Es un modelo bastante ajustado que inicia con el proceso de análisis de tendencia y estacionalidad de la serie para luego estacionarizarla y poder elegir el modelo más adecuado aplicándole las pruebas de rigor y poder cumplir con un ajuste adecuado.

Los trimestres pronosticados manifiestan esa estacionalidad poco marcada, la cual es una característica presentada a lo largo de los años en Panamá, pero con una tendencia creciente lo cual es alentador para el sector de estudio.

#### **4. Discusión**

La leche de vaca representa alrededor del 17.5% del consumo de bebida a nivel global (Deshmukh y Paramasivan, 2016).

El consumo per cápita en Panamá oscila entre los 120 litros y cuya producción permite un ingreso monetario importante y bastante estable no solo para el sector rural sino también para toda la economía como uno de los principales rubros del sector agropecuario panameño.

La producción de leche en Panamá ha presentado una media creciente en los años de estudio, sólo en los años 2018 y 2019 presentó una disminución en la compra nacional debido a que las plantas procesadoras no estaban aceptando nuevos productores, lo que estaba impidiendo que el sector lechero se desarrollara y atraiga a nuevos empresarios e inversiones; dichas plantas alegaban que la compra de leche se encuentra a la libre oferta y demanda además de contar con producto importado, por lo que no necesitaban materia prima nacional, sin embargo, la producción mejoró considerablemente para los años posteriores debido a la creación de nuevos convenios y el aumento de la productividad del sector.

Una situación parecida se dio en Argentina en donde el crecimiento de la productividad y de la producción global requirió para poder ser efectiva, la concurrencia de una demanda que fuera capaz de absorber esos mayores niveles de producción. En efecto, coincidiendo con el Plan de Convertibilidad que incrementó la demanda interna, vía estabilidad de precios, tuvo lugar un aumento considerable en los precios internacionales de leche y una clara expansión de la demanda de productos lácteos por parte de Brasil.

Ello colocó a la industria láctea frente al desafío de introducir nuevas tecnologías de producción, desarrollo de nuevos productos, lo que posibilitó tomar ventaja de las oportunidades que abría el mercado (Parellada y Schilder, 1999).

La producción lechera panameña siempre se ha caracterizado por presentar un ciclo estacional en su producción, pero cada vez es menos marcada debido a que mientras las regiones centrales del país se ven afectadas por el verano y por el fenómeno del niño, la producción en tierras altas chiricanas se ve afectada por excesos de lluvia sobre todo en el invierno; este contraste neutraliza considerablemente la estacionalidad, mostrándose de una manera poco marcada, aunque existente.

A diferencia de estudios realizados con metodología ARIMA en otros países como en Baja California, México, en donde la producción láctea presenta una estacionalidad marcada, con un ritmo de crecimiento cuya tendencia es decreciente, sin embargo, esto les permitió tomar medidas preventivas al respecto, manifestándose la importancia de este tipo de pronósticos para el sector lechero de cualquier región (Sánchez, et al., 2013).

Al momento de conocer la estacionarización de la serie original, se pudo constatar que la misma no presentaba esta condición en su media y varianza, lo cual permite proceder con la aplicación de un modelo ARIMA en donde se logra estacionarizar la misma mediante la aplicación de diferenciado logarítmico que lleva a la obtención de un modelo de orden (1, 1, 3). Este modelo se considera bueno ya que posee un autorregresivo de primer orden y esto le da poder de memoria al modelo; además cumple con todas las pruebas de rigor referente a círculo unitario, normalidad, homocedasticidad y correlogramas.

Es importante señalar que el modelo seleccionado presenta un Error Medio Absoluto menor de 2% lo cual es un ajuste bastante adecuado en el pronóstico.

Algo similar se aplicó en Cuba donde se utilizaron modelos ARIMA, para obtener el pronóstico de la producción de leche para el año 2011, con errores absolutos porcentuales por debajo del 15 %, lo que se considera una buena aproximación (Sánchez, et al., 2014).

La serie de producción de leche en Panamá para los años de estudio permite de manera muy adecuada la aplicación de ésta metodología que manifiesta mediante el pronóstico dinámico que la producción por trimestre se encontrará entre los 47 y 54 millones de litros de leche en donde se presentarán disminuciones de -4.92 y -6.65 para el cuarto y primer trimestre de los años 2022 y 2023 respectivamente, además de una disminución de -4.83 para el cuarto trimestre de 2023, lo cual es de esperarse por ser

periodos en dónde la sequía se intensifica, sin embargo, estas disminuciones son típicas de la estacionalidad que aunque es poco marcada, se sigue manifestando.

Con los datos obtenidos se espera un crecimiento sostenido en los próximos años.

## 5. Conclusiones

- Entre los modelos obtenidos, se determinó que el modelo que mejor ajuste presentaba era un ARIMA de orden (1,1,3), es decir, un autorregresivo y tres medias móviles para pronosticar la producción de leche durante los años 2022 y 2023 oscilando entre 47 y 54 millones de litros trimestrales.
- Estos modelos contribuyen enormemente a determinar la situación del sector y poder aplicar políticas económicas que contribuyan en mejor medida al logro de una mayor productividad en este subsector tan importante no solo para el sector agropecuario sino para la economía en general.
- Es importante señalar que la producción de leche disminuyó en el 2018, sin embargo, lo positivo es que la pandemia producida por el COVID-19 no afectó considerablemente la producción de leche en el 2020, este sector se mantuvo bastante activo, incluso aumentó con respecto al 2019 debido a políticas adecuadas y eficientes, lo que vislumbra que el mismo mantenga un ritmo positivo.

## Referencias bibliográficas

- Arellano, M. (2001). *Introducción al análisis clásico de series de tiempo*. 5campus.com, Estadística. <https://ciberconta.unizar.es/leccion/seriest/INICIO.HTML>
- Asociación de Productores de Leche de Provincias Centrales, (2018). *La asociatividad productiva de la ganadería del doble propósito para cerrar la brecha*. <https://www.agora.gob.pa/pdf/PROPUESTA%20DE%20APLEPC%20A%20LA%20CONSULTA%20DEL%20PACTO%20DEL%20BICENTENARIO,%20CERRANDO%20BRECHA-myc.pdf?csrt=4157916321623823131>
- Brooks, C., (2008). *Econometría introductoria para las finanzas*. 2ª ed. Prensa de la Universidad de Cambridge.

- Casaliglla, G., & Paul, W. (2018). *Gestión del riesgo de liquidez en una institución financiera utilizando un modelo híbrido entre la metodología ARIMA y Redes Neuronales Artificiales*. <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/4872>
- Deshmukh, S., Paramasivam, R. (2016). Forecasting of milk production in India with ARIMA and VAR time series models. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 35(1), 17-22. <http://arccarticles.s3.amazonaws.com/arcc/Galley-Proof-DR-954.pdf>
- Eskin, V., Bougay, V. (2020). *Estadísticas Mundiales Knoema, oferta Interna de Leche en Panamá*. <https://knoema.es/atlas/Panam%c3%a1/topics/Agricultura/Oferta-Interna-Cantidad-Total/Leche>
- Griffiths, W., Hill, P., y Jugge, G. (1993). *Aprender y practicar econometría*. John Wiley e hijos.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo, Panamá. (2006-2021). *Industria*. [https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID\\_PUBLICACION=323&ID\\_CATEGORIA=4&ID\\_SUBCATEGORIA=15](https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=323&ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=15)
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2007). *Plan de acción para el sector lácteo de Panamá*. <https://repiica.iica.int/docs/B0500e/B0500e.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2020). *Producción de leche de Panamá a buen ritmo de crecimiento*. <https://mida.gob.pa/produccion-de-leche-en-panama-a-buen-ritmo-de-crecimiento/>
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2021). *Unidad técnica de cadenas agroalimentarias*. <https://mida.gob.pa/unidad-tecnica-de-cadenas-agroalimentarias/>
- Montes, E., Calvete, F., & Mantilla, C. (2016). Aplicación de series de tiempo en la realización de pronósticos de producción. *El Reventón Energético*, 14(1), 79-88. <https://www.revistas.uis.edu.co/index.php/revistafuentes/article/view/5595>
- Parellada, G., Schilder, E. (1999). *Transformaciones cíclicas y estacionales de la producción lechera Argentina a partir del plan de convertibilidad*. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-dt\\_04.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-dt_04.pdf)
- Quintero, E., Grajales, J. (2013). Universidad Tecnológica OTEIMA. *Tasa de concepción en vacas en lactancia tratadas con dispositivos intravaginales*.

<https://www.oteima.ac.pa/web3/wp-content/uploads/2017/09/INVESTIGACION-VACAS.pdf>

Ramírez, J., Zambrano, D., Campuzano, J., Verdecia, D., Chacón, E., Arceo, Y., Labrada, J., Uvidia, H. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18 (6), 1-12.  
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63651420007.pdf>

Rosales, N. (2017). *Holt-Winters*.  
<https://rpubs.com/nanosvil/283121#:~:text=Holt%2DWinters%20considera%20niv el%2C%20tendencia,dependiendo%20del%20tipo%20de%20estacionalidad%3A&text=el%20modelo%20multiplicativo%20estacional%3A%20Este,se%20incrementa%20 el%20patr%C3%B3n%20estacional.>

Sánchez, E., Barreras, A., Pérez, C., Figueroa, F., Olivas, J. (2013). Aplicación de un modelo ARIMA para pronosticar la producción de leche de bovino en Baja California, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16 (3), 315-324.

Sánchez, L., Cabanas, G., Abad, Y., Torres, V. (2014). 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*, 48 (3), 213-218.  
<https://www.redalyc.org/pdf/1930/193032133002.pdf>