

RESEÑA DE TESIS DE MAETRÍA

Una metodología de pronóstico de precios aplicada al mercado del cordero patagónico en contexto de aprendizaje estadístico¹

Tesis de Maestría en Estadística Aplicada

Facultad de Economía y Administración, Universidad Nacional del Comahue

Neuquén, septiembre de 2024

122 páginas

Ana Karina Haique

Facultad de Economía y Administración, Universidad Nacional del Comahue

anahaique@gmail.com

¹ Esta reseña fue redactada por la autora con la asistencia del modelo de lenguaje de inteligencia artificial Qwen3-Max para la organización del texto y el pulido del lenguaje.



URL de la revista: revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/cuyonomics

ISSN 2591-555X

Esta obra es distribuida bajo una Licencia Creative Commons
Atribución No Comercial – Compartir Igual 4.0 Internacional

Esta investigación se centra en la propuesta de una metodología replicable y adaptable para la selección de modelos de pronóstico en un contexto de aprendizaje estadístico. Específicamente, este trabajo aborda el mercado del cordero patagónico, un producto de gran valor económico y cultural para la región, cuya cadena productiva depende críticamente del precio del producto y para el cual no existen estudios predictivos previos. El objetivo principal fue desarrollar una metodología de pronóstico dinámica y robusta que permitiera seleccionar, entre un conjunto de algoritmos, el apropiado para realizar proyecciones del precio promedio del cordero patagónico. La intención no fue simplemente aplicar un modelo estadístico existente, sino construir un *workflow* sistemático que integrara marcos teóricos de la econometría con técnicas avanzadas de aprendizaje estadístico (AE), con el fin de establecer una práctica replicable, transparente y adaptable al contexto específico de los datos y a las dinámicas cambiantes del mercado.

El punto de partida del análisis fue una serie histórica mensual de precios proporcionada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), que abarcaba desde abril de 2014 hasta noviembre de 2023. Un análisis exploratorio exhaustivo reveló patrones clave: una tendencia exponencial ascendente en los precios nominales, una marcada estacionalidad anual asociada al ciclo reproductivo del ovino (con picos en los meses de mayor demanda) y una ausencia significativa de anomalías o valores atípicos. Esta caracterización inicial fue crucial, ya que sentó las bases para la selección y configuración de los modelos predictivos. Siguiendo principios de parsimonia y sobre la base de la literatura académica, se evaluaron tres modelos representativos de diferentes paradigmas dentro del AE supervisado: 1) el clásico modelo ARIMA (*auto regressive integrated moving average*) y su extensión con estacionalidad, SARIMA; 2) el modelo de suavizamiento exponencial (ETS), y 3) el modelo PROPHET, desarrollado por Facebook. Este enfoque comparativo permitió contrastar la efectividad de métodos tradicionales, arraigados en la econometría, con uno más contemporáneo, diseñado específicamente para manejar las peculiaridades de las series temporales del mundo real.

La etapa central y diferenciadora de la metodología desarrollada fue la puesta en marcha de una validación cruzada adaptada para series temporales, un aspecto fundamental para garantizar la validez científica de cualquier estudio de pronóstico. La validación cruzada es una técnica esencial en el AE para evaluar la capacidad de generalización de un modelo, es decir, su habilidad para hacer predicciones precisas sobre datos nuevos que no fueron utilizados durante su entrenamiento. Sin

embargo, la aplicación directa de la validación cruzada tradicional, como el método de *K-folds*, es inapropiada para las series temporales. Este tipo de datos posee una estructura intrínsecamente temporal y una fuerte dependencia entre observaciones consecutivas. Dividir los datos de forma aleatoria violaría este orden cronológico, lo que podría resultar en una evaluación sesgada e irreal del rendimiento del modelo, ya que estaría utilizando información futura para predecir el pasado, un error conocido como *data leakage*.

Figura 1. Resultados de las métricas de rendimiento en la validación cruzada en serie temporal del Log_PPCCord



Fuente: elaboración propia con base en Tejada, E. O. et al. (2024).

Para superar esta limitación, se adoptó una variante rigurosa conocida como validación cruzada con ventana deslizante e inicio fijo (*fixed origin rolling window cross-validation*), basada en los trabajos de Bergmeir y Benítez (2012). En lugar de particiones aleatorias, este enfoque respeta estrictamente la secuencia temporal de los datos. El plan de validación cruzada puesto en práctica en el marco de esta tesis consistió en cinco particiones (*folds*). En cada iteración, el conjunto de entrenamiento comenzaba en el primer mes de la serie y se ampliaba progresivamente, incorporando seis meses adicionales de datos en cada paso. El conjunto de prueba, en cambio, siempre mantenía una longitud fija de 24 meses y estaba ubicado al final del conjunto de entrenamiento disponible para esa partición. De esta manera, cada modelo era entrenado con un bloque de datos creciente en el tiempo y luego evaluado en un período futuro inmediato, simulando fielmente el escenario real en el que se utilizaría para predecir el próximo año.

Esta metodología permite una estimación más robusta del error de pronóstico e introduce un elemento dinámico crucial: la evaluación del modelo bajo diferentes condiciones del mercado.

En la sección de resultados, se evaluó el desempeño del modelo en múltiples ventanas temporales, obteniendo una visión mucho más completa de su estabilidad y fiabilidad. Los resultados de esta validación cruzada fueron concluyentes. La figura 1, incluida en esta sección, permite visualizar de forma comparativa el desempeño de los tres modelos candidatos a lo largo de las cinco particiones de la validación cruzada temporal. El gráfico está organizado en tres filas, una para cada métrica de evaluación: MAE, MAPE y RMSE. En cada fila se muestran los puntos correspondientes a los valores de la métrica obtenidos por cada modelo en cada una de las cinco particiones. Además, para cada modelo se traza una línea vertical que indica el valor promedio de la métrica en las cinco particiones. Si bien todos los modelos mostraron cierta capacidad predictiva, el modelo SARIMA(1,1,0)(1,1,0)[12] demostró ser el más eficaz en el contexto de los datos utilizados. No solo obtuvo los mejores valores medios de métricas de rendimiento, sino que, lo que es aún más importante, exhibió la menor dispersión (menor desviación estándar) en estas métricas a lo largo de las cinco particiones. Esto indica que el modelo SARIMA no solo fue preciso, sino también estable y consistente en sus predicciones, incluso cuando el punto de origen de la predicción cambiaba a lo largo del tiempo.

Este hallazgo permitió distinguir un concepto central en la tesis: la superioridad condicional de los modelos. Es un error común asumir que existe un «mejor modelo universal» para todos los tipos de series temporales o para incluso para una serie específica, como en este caso el precio promedio del cordero patagónico. Esta investigación demuestra que la efectividad de un modelo es altamente contextual y está condicionada por la estructura específica de los datos disponibles en un momento dado. Durante el proceso de validación cruzada se observó que el rendimiento relativo de los modelos fluctuaba. En algunas particiones, particularmente en las más antiguas y en la más reciente, el modelo ARIMA fue claramente superior (ver figura 1). Sin embargo, en las particiones intermedias (por ejemplo, la 2 y la 3), el modelo ETS(A,A,A) logró métricas ligeramente mejores. Esta variabilidad es un indicador poderoso de que ningún modelo es superior en términos absolutos. La superioridad del modelo SARIMA para el conjunto de datos actual es un resultado válido, pero es un resultado *condicional*. Está sujeto a cambios si la serie de tiempo evoluciona, si surgen nuevas perturbaciones económicas, climáticas o geopolíticas, o simplemente si se incorporan nuevos datos que alteren la tendencia o la estacionalidad subyacente.

Es precisamente esta comprensión de la superioridad condicional la que fundamenta la tercera conclusión clave de este trabajo: la necesidad imperiosa de un reentrenamiento periódico y permanente de los modelos de pronóstico. Muchos estudios culminan con un pronóstico estático, sin considerar cómo la precisión de ese pronóstico puede degradarse con el tiempo. La metodología desarrollada incorpora

explícitamente el reentrenamiento como una práctica esencial. Por ello, su verdadero valor radica en su naturaleza dinámica. El proceso completo —desde el análisis exploratorio hasta la validación cruzada— debe repetirse periódicamente (por ejemplo, mensual o trimestralmente). Cada vez que se agregan nuevos datos de precios, las preguntas fundamentales deben volver a plantearse: ¿sigue siendo el modelo SARIMA el más adecuado?, ¿ha cambiado la estructura de la serie de tal manera que otro modelo, como PROPHET o un modelo híbrido, podría ahora ofrecer una mejor predicción? Esta práctica de evaluación continua es la única forma de garantizar que los pronósticos se mantengan alineados con la realidad del mercado. Ignorar este principio conduce a decisiones estratégicas basadas en modelos obsoletos, lo cual puede tener consecuencias significativas para los productores, para las instituciones públicas encargadas de diseñar políticas agrarias y demás actores del sector.

En conclusión, esta tesis no solo presenta un pronóstico detallado de 12 meses para el precio del cordero patagónico, basado en el modelo SARIMA(1,1,0)(1,1,0) [12], sino que, más allá de un resultado puntual, ofrece una contribución metodológica de gran alcance. Se desarrolló un *workflow* completo y replicable que integra herramientas modernas de AE, con un énfasis especial en la rigurosidad de la validación cruzada para series temporales. Con este trabajo hemos querido demostrar que la predicción precisa no reside en la elección de un modelo *óptimo*, sino en la adopción de un proceso científico dinámico. Un proceso que reconoce la superioridad condicional de los modelos y que hace del reentrenamiento periódico una piedra angular para discriminar el modelo adecuado para el pronóstico. Espero que esta metodología sirva como una guía práctica no solo para el sector del cordero patagónico, sino también para otros mercados de bienes primarios que enfrentan desafíos similares de volatilidad y necesidad de previsibilidad.

Referencias bibliográficas

- Bergmeir, C. y Benítez, J. (2012). *On the use of cross-validation for time series predictor evaluation*. *Information Sciences*, 191, 192-213. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2011.12.028>
- Bergmeir, C., Hyndman, R. J., y Koo, B. (2018). *A note on the validity of cross-validation for evaluating autoregressive time series predictions*. *Computational Statistics Data Analysis*, 120, 70-83. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2017.11.003>
- Hyndman, R. J. y Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and Practice* (3rd edition). OText.com: Melbourne, Australia.
- Tejada, E. O.; Claps, L. L.; Marciani, S. N.; Podgornik, G.; Retamal, K.; Li, S.; La Torraca, A. J.; Bain, I.; Pena, S. O. y Schorr, A. G. (2024). *Informe de precios de carne y ganado de la Patagonia* (Informe n.º 128, año XI). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). <https://www.argentina.gob.ar/noticias/informe-de-precios-de-ganado-y-carnes-de-la-patagonia>