

Factores climáticos y macroeconómicos asociados al precio de la papa criolla en Bogotá: un análisis con modelos de desfase temporal

Climatic and Macroeconomic Factors Associated with the Price of Criolla Potato in Bogotá: An Analysis Using Time-Lagged Models

Néstor Cordero Sáenz¹
Wilson Vergara Vergara²
Jahir Rodríguez Riveros³

¹ Ingeniero Industrial, Magister en Agronegocios y candidato a Doctor en Administración de Negocios. Docente Investigador de la Universidad de la Salle. Consultor del Observatorio Rural de la Salle y profesor en pregrado y postgrado de Inteligencia de Negocios, Analítica de datos e investigación de operaciones para la ruralidad. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9055-4514>. Correo electrónico: ncordero@unisalle.edu.co.

² Zootecnista, Magister en Ciencias Económicas, Doctor en Agrociencias. Docente investigador de la Universidad de La Salle. Consultor del Observatorio Rural de la Universidad de La Salle. Profesor en pregrado y posgrado en las áreas de Política agraria, Desarrollo Rural, Economía Agraria y Evaluación de proyectos. Consultor externo en evaluación de bienes ambientales y agrarios. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5552-8230>. Correo electrónico: wivergara@unisalle.edu.co.

³ Ingeniero Industrial, Magister en Inteligencia Analítica para la Toma de Decisiones. Actualmente se desempeña como docente universitario en áreas de Investigación de Operaciones, Inteligencia Artificial y Simulación en la Corporación Universitaria Minuto de Dios. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2062-6541>. Correo electrónico: jahir.rodriguez@uniminuto.edu.co.

Resumen

Este estudio analiza la relación entre variables climáticas y macroeconómicas con el precio de la papa criolla (*Solanum phureja*) en Bogotá entre 2014 y 2023. Se aplicaron modelos de desfase temporal de hasta seis meses, correlaciones de Pearson y regresión múltiple. Los resultados muestran que la TRM (Tasa Representativa del Mercado) y los fenómenos climáticos extremos (NN, Fenómeno del Niño y de la Niña) son los principales determinantes del precio, mientras que la precipitación y los precios de fertilizantes no presentan significancia estadística. El estudio aporta evidencia empírica para la gestión del riesgo de precios y la formulación de políticas agrícolas basadas en información climática y económica.

Palabras clave: TRM, papa criolla, modelos econométricos, clima, precios agropecuarios.

Abstract

This study analyzes the relationship between climatic and macroeconomic variables and the price of *Solanum phureja* (criolla potato) in Bogotá, Colombia, during the 2014–2023 period. Time-lagged econometric models of up to six months, Pearson correlation coefficients, and multiple regression analyses were applied. Results show that the Representative Market Rate (TRM) and extreme climatic phenomena (El Niño/La Niña) are the main determinants of price dynamics, while rainfall and fertilizer prices exhibited no statistical significance. The findings provide empirical evidence on the drivers of price volatility in the criolla potato market and offer practical insights for risk management and policy design in the agricultural sector, particularly under the increasing influence of climatic and economic uncertainty..

Keywords: TRM, *Solanum phureja*, econometric models, climate, agricultural prices.

INTRODUCCIÓN

La papa criolla (*Solanum phureja*) es un cultivo andino de alto valor nutricional y cultural, ampliamente producido en Colombia y fundamental para la seguridad alimentaria de las poblaciones rurales. En general, la cadena representa cerca del 3% del PIB y genera el sustento para más de 100.000 familias campesinas en Colombia (FEDEPAPA, 2022).

Para el año 2023, el país contaba con 16.467 hectáreas sembradas, generando una producción de 244.400 toneladas y un promedio de 13 toneladas por hectárea. Sin embargo, el área cultivada se redujo en un 11 % desde 2020, reflejando la creciente vulnerabilidad del sector frente a la volatilidad de los precios y las condiciones climáticas (UPRA, 2023, 2024).

Dicha volatilidad es una de las principales preocupaciones de los sistemas alimentarios contemporáneos, ya que afecta directamente la estabilidad económica de los productores, la planificación de siembras y la política pública (FAO, 2010; Li & Lee, 2024),

Diversos autores han atribuido esta volatilidad a factores combinados: choques macroeconómicos, variaciones climáticas extremas y dinámicas especulativas en los mercados de energía y alimentos (Gilbert & Morgan, 2010; Kalkuhl et al., 2017; Mohyuddin et al., 2024; Xue et al., 2024) En este sentido, la interacción entre la tasa de cambio, el precio del petróleo y los fenómenos de El Niño y La Niña puede modificar la estructura de costos de producción y los flujos de oferta, generando fluctuaciones notables en los precios de los alimentos básicos.

Para el caso colombiano, los estudios existentes sobre precios agrícolas han abordado tradicionalmente variables macroeconómicas o climáticas por separado, sin explorar sus efectos combinados ni su comportamiento con desfases temporales. Esta ausencia de un enfoque integrado limita la comprensión de los mecanismos que explican la variabilidad de precios en mercados locales como el de la papa criolla, donde los ciclos productivos, la estacionalidad de lluvias y la dependencia de insumos importados juegan un papel decisivo (Duque, 2007; Orduz & García, 2023; Ruiz & Pabón, 2013)

En la literatura reciente, se reconoce la importancia de incorporar enfoques contemporáneos basados en inteligencia de datos y modelos econométricos no lineales para estudiar las relaciones entre variables agroclimáticas y económicas (Mohyuddin et al., 2024; Xue et al.,

2024). Estos enfoques permiten identificar patrones retardados o indirectos que no son visibles en modelos lineales convencionales, fortaleciendo la capacidad predictiva y explicativa de los análisis agrícolas. En este marco, los modelos de desfase temporal se presentan como una herramienta adecuada para capturar la influencia diferida de variables como la TRM, el precio del petróleo o los fenómenos climatológicos externos sobre los precios agrícolas (Adekanmbi et al., 2024; Martínez, 2017)

Ante este panorama, es importante para los generadores de política pública y productores, comprender diversos factores asociados al comportamiento de los precios de comercialización en los mercados, permitiendo de esta forma tomar decisiones de manera eficiente, buscando una mejora en objetivos decisivos como la seguridad alimentaria como la estabilidad económica de los productores (Lähde et al., 2023).

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo analizar la relación entre los factores climáticos y macroeconómicos y el precio de la papa criolla en la Central de Abastos de Bogotá durante el periodo 2014-2023, empleando modelos de regresión con desfases de hasta seis meses. A través de este enfoque se busca identificar la magnitud y dirección de los efectos retardados de las principales variables explicativas (Vera-Ninacondor et al., 2023), aportando evidencia empírica para la formulación de estrategias de gestión del riesgo, inteligencia de precios y políticas públicas orientadas a la sostenibilidad del sector papero colombiano.

Este enfoque busca proporcionar herramientas útiles para la toma de decisiones de productores y diseñadores de políticas públicas. Al identificar patrones en los precios y sus determinantes, se pueden desarrollar estrategias para mitigar riesgos y optimizar la gestión en el sector de la papa criolla. (Barrientos et al., 2014)

METODOLOGÍA

La selección de las variables incluidas en el análisis se basó en una revisión de literatura científica y en la relevancia económica y climática de estas para la producción agrícola. Se clasificaron en tres grupos principales: variables climáticas, macroeconómicas y de oferta-demanda.

Las fuentes más relevantes se clasificaron en aquellos autores que en su trabajo defendieron la relación de la variable frente a los precios agrícolas, y aquellos que consideraban este efecto marginal o despreciable dentro de un análisis. El resultado se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Marco de referencia de las variables analizadas en el estudio.

Variable	Autores a favor	Autores en contra
Precipitación y fenómenos climáticos (El Niño/La Niña)	(Thimsen, 2024) El efecto indirecto del cambio climático sobre la productividad y los precios	(Ruiz & Pabón, 2013): Impacto limitado en ciertas regiones debido a microclimas locales
Tasa Representativa del Mercado (TRM)	(Duque, 2007): Incremento de los precios por especulación del precio del petróleo y la TRM;	(Orduz & García, 2023): La TRM es relevante en contextos de productos que usan materias primas importadas.
Inflación	(Martínez, 2017): determina el IPC como un factor determinante del precio en papa.	(Barrientos et al., 2014) Los precios deben analizarse descontando o deflactando la inflación.
Precio del petróleo Brent	(Duque, 2007): Incremento de los precios por especulación del precio del petróleo (Roitbarg, 2021) impacto de la especulación.	(OCDE-FAO, 2009) Esta relación puede ser indirecta e intermediada por otros factores de mayor relevancia.
Oferta (Toneladas y viajes de papa)	(Martínez, 2017) Considera el consumo aparente a partir de la producción nacional y el balance de importaciones	Estudios de mercado local (MINAGRICULTURA, 2024): Sostiene que las dinámicas locales pueden atenuar esta relación

Fuente: el Autor.

Variables climáticas:

La precipitación mensual fue seleccionada como un indicador clave, dado su impacto directo en los rendimientos agrícolas (Barrientos et al., 2014; Martínez, 2017). Se utilizó información proveniente de una estación meteorológica del municipio con mayor producción de papa criolla. Además, se incluyeron índices asociados a los fenómenos de El Niño y La Niña,

considerando su influencia en patrones de precipitación anómalos (Ruiz & Pabón, 2013; Thimsen, 2024).

los datos se categorizaron según una escala ordinal (-2 para sequía extrema, -1 para sequía moderada, 0 para condiciones normales, 1 para lluvias moderadas y 2 para lluvias extremas), según las metodologías de análisis climático publicadas (García & Bonilla, 2023).

Variables macroeconómicas:

El precio del petróleo Brent y la Tasa Representativa del Mercado (TRM) fueron seleccionados debido a su impacto en los costos de insumos agrícolas y transporte (Duque, 2007; Martínez, 2017; Roitbarg, 2021).

La inflación mensual y la tasa de interés del banco central se incluyeron como indicadores de presión económica general sobre el sector agrícola (Orduz & García, 2023)

Enfoques contemporáneos del análisis de precios agrícolas

Estudios recientes proponen la adopción de enfoques híbridos basados en *big data* y *aprendizaje automático* para analizar los determinantes de precios agrícolas (Li & Lee, 2024; Mohyuddin et al., 2024). Estos modelos no lineales permiten capturar interacciones complejas entre variables macroeconómicas y factores ambientales, superando las limitaciones de los modelos tradicionales de regresión. En este sentido, el presente trabajo aporta una aproximación empírica basada en desfases temporales, ofreciendo una perspectiva explicativa complementaria y de alta relevancia para la formulación de políticas agrícolas en Colombia.

Variables de oferta y demanda:

Se incluyeron el número de viajes y los kilogramos de papa ingresados mensualmente a la Central de Abastos de Bogotá. Estos datos reflejan las dinámicas del mercado y se obtuvieron del SIPSA, consolidando observaciones diarias en promedios mensuales.

Con base en los enfoques divergentes identificados en la literatura, se consolidó una base de datos comprende 120 observaciones mensuales desde enero de 2014 hasta diciembre de 2023.

Se aplicaron desfases temporales de 1 a 6 meses a las variables independientes, considerando el ciclo de producción promedio de la papa criolla en la región andina colombiana. Esto generó seis modelos de correlación, no obstante, el desfase obligó a eliminar una fila de datos teniendo finalmente para el desfase de 6 meses 114 datos. La fuente de los datos y el tipo de variable usado se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Fuentes de datos para el análisis.

Variable	Nombre variable	Fuente de información	Periodicidad	Forma de cálculo
Urea	UREA	(Indexmundi, 2024)	Mensual	Valor reportado directamente por la fuente
Precipitaciones	PRECIPITACIÓN	IDEAM	Mensual	Valor reportado directamente por la fuente
fenómenos clima	NN (El Niño/La Niña)	(García & Bonilla, 2023)	Mensual	-2 para sequía extrema, -1 sequía moderada, cero clima normal, 1 lluvias moderadas y 2 lluvias extremas
Inflación	INFLACIÓN	Banco de la República	Mensual	Valor reportado directamente por la fuente
Tasa Representativa del mercado	TRM	Banco de la República	Tasa promedio mensual	Valor reportado directamente por la fuente
Precio futuros Brent	BRENT	Investing	Precio promedio mensual	Valor reportado directamente por la fuente
Toneladas de papa llegando a la central	Papa	SIPSA	Suma mensual	suma de registros diarios

#camiones de papa llegando a la central	Viajes	SIPSA	Suma mensual	Cuenta de registros diarios
Precio Papa	precio	SIPSA	Precio promedio mensual	Valor reportado directamente por la fuente
Títulos de estado a 5 años	TES (Títulos de Tesorería del Estado)	Banco de la República	Tasa promedio mensual	Valor reportado directamente por la fuente

Fuente: Los autores.

Una vez depurada y consolidada la base de datos, se utilizó un estudio estadístico exploratorio basado en el coeficiente de correlación de Pearson para identificar relaciones lineales significativas entre las variables independientes y los precios de la papa. Este análisis permitió determinar la fuerza y dirección de las relaciones bivariadas, identificando aquellas variables con potencial relevancia estadística para modelos más complejos.

Posterior a esto, se realizó un análisis de regresión múltiple para evaluar el impacto conjunto de las variables independientes sobre los precios. Las hipótesis fueron validadas mediante pruebas de significancia estadística con un nivel crítico de $p < 0.05$.

Para tal fin, el análisis fue implementado utilizando Python (bibliotecas: pandas, statsmodels, sklearn) y R para la validación cruzada. Las visualizaciones se generaron con Matplotlib y ggplot2, siguiendo estándares para publicación académica. Los cálculos de VIF y las pruebas de supuestos estadísticos fueron realizados con scripts personalizados, asegurando precisión y reproducibilidad.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Correlación de Pearson: La correlación de Pearson mostró correlaciones significativamente altas y consistentes en el desfase temporal para las variables TRM (superior a 0,58 positivo), una correlación más moderada de los TES (0,42 positivo), y una correlación más baja de los fenómenos de clima (NN).

De igual forma, la variable BRENT mostró una correlación fluctuante en los diferentes periodos, inferior a 0,19 positiva (color azul), sugiriendo posibles efectos indirectos a través de los costos logísticos. De forma análoga, el número de viajes y las toneladas de papa presentaron correlaciones moderadas negativas (color rojo) en los periodos de tiempo con menor desfase, perdiendo relevancia en desfases más altos. Estos resultados se presentan en la Tabla 3.

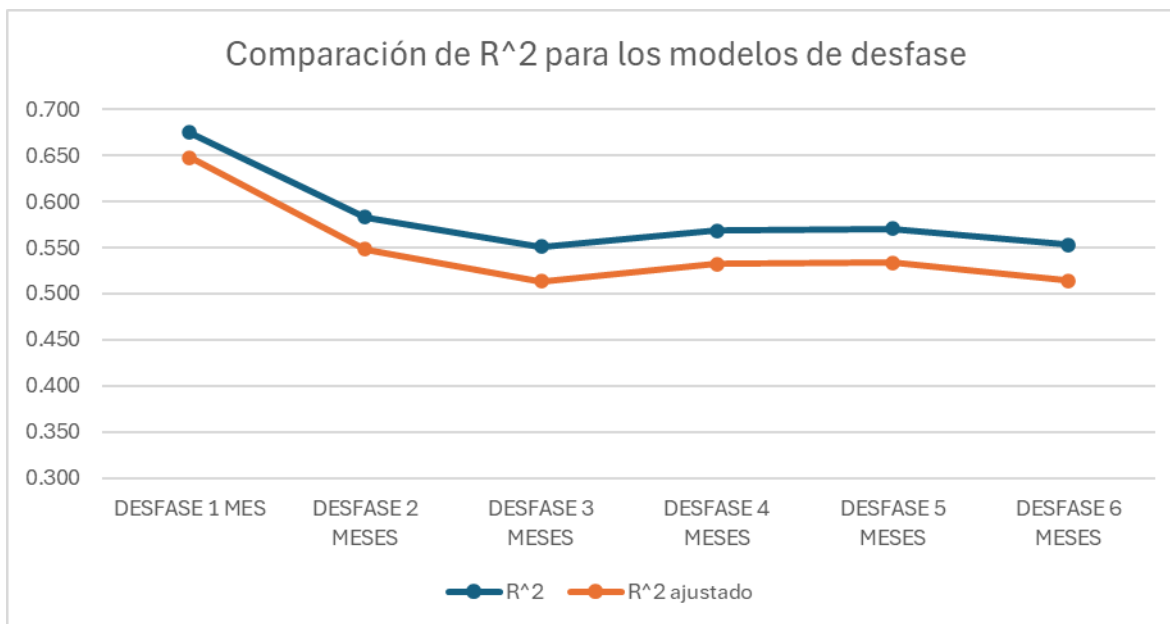
Tabla 3. Coeficientes de Pearson para los distintos desfases de tiempo analizados.

<i>Temporalidad</i>	<i>precipitación</i>	<i>urea</i>	<i>NN</i>	<i>trm</i>	<i>brent</i>	<i>Inflación</i>	<i>TES</i>	<i>papa</i>	<i>Viajes</i>
precio real	0.062	0.294	0.281	0.593	0.130	0.537	0.497	-0.377	-0.451
precio 1 mes	-0.023	0.319	0.248	0.607	0.105	0.514	0.502	-0.317	-0.387
precio 2 meses	-0.159	0.350	0.234	0.611	0.094	0.479	0.507	-0.152	-0.216
precio 3 meses	-0.112	0.386	0.228	0.604	0.106	0.439	0.506	-0.013	-0.078
precio 4 meses	0.051	0.405	0.224	0.604	0.132	0.397	0.496	0.040	-0.036
precio 5 meses	0.096	0.411	0.230	0.596	0.161	0.352	0.469	0.087	-0.016
precio 6 meses	0.044	0.415	0.249	0.581	0.188	0.313	0.426	0.161	0.045

Fuente: Los autores.

Para la regresión múltiple, como se mencionó en el apartado metodológico, se eliminaron las variables con poca influencia ($p > 0,05$) y se estableció el índice R^2 de correlación del modelo. Los resultados para los desfases temporales se presentan en la gráfica 1.

Gráfica 1. Comparación de R y R2 ajustado para los distintos desfases.



Fuente: los autores.

El desfase de un mes presentó un mayor grado de explicación de las variables analizadas frente al precio. Este indicador se redujo significativamente hasta 0,42 para el tercer mes y se estabilizó alrededor de 0,53 en el quinto y sexto mes. La diferencia entre el R^2 y el R^2 ajustado fue baja, lo que demuestra consistencia en los modelos analizados. Es importante resaltar que los R^2 obtenidos muestran una capacidad limitada para establecer modelos predictivos eficientes de precio; sin embargo, permiten comprender la correlación entre las variables y el objeto de estudio.

Frente a las variables significativas para cada caso, se presenta la siguiente tabla de P valores:

- En **rojo**, las variables no significativas donde se rechaza la hipótesis de correlación frente al precio.
- En **azul**, las variables significativas donde no se rechaza dicha hipótesis.

Tabla 4. P valores para los diferentes desfases en las variables analizadas

<i>Variable</i>	<i>1 mes</i>	<i>2 mes</i>	<i>3 mes</i>	<i>4mes</i>	<i>5 mes</i>	<i>6 mes</i>
-----------------	--------------	--------------	--------------	-------------	--------------	--------------

<i>precipitación</i>	0.656	0.545	0.811	0.91	0.818	0.921
<i>Urea</i>	0.448	0.365	0.234	0.89	0.991	0.897
<i>NN</i>	0.044	0.001	0.008	0.001	0.001	0.001
<i>Trm</i>	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
<i>brent</i>	0.001	0.01	0.09	0.001	0.001	0.002
<i>Inflación</i>	0.123	0.182	0.145	0.922	0.014	0.109
<i>TES</i>	0.234	0.177	0.089	0.095	0.096	0.584
<i>papa</i>	0.001	0.001	0.353	0.123	0.212	0.345
<i>Viajes</i>	0.001	0.04	0.763	0.356	0.115	0.09

Fuente: Los autores.

Se observó que las variables que presentaron mayor multicolinealidad fueron Papa y Viajes. Por tanto, en los modelos con significancia se incluyó únicamente la variable Papa, que en el análisis inicial había mostrado un índice de correlación más alto.

Por otra parte, se aprecia que la variable dummy asociada a fenómenos extremos de clima genera impacto en todos los rangos de desfase temporal, al igual que la TRM. En el caso del precio de futuros Brent, este se mantiene significativo en todos los modelos, excepto en el desfase de 3 meses. Por otro lado, la inflación solo resultó significativa con un desfase en el quinto mes.

Finalmente, las variables de oferta (toneladas y viajes de papa) resultaron significativas únicamente en los meses cercanos a la comercialización (desfases 1 y 2). En desfases mayores (meses 3 a 6), su relevancia disminuyó considerablemente. La precipitación no mostró correlación significativa, probablemente debido a que se consideró únicamente una estación, lo cual limita su representatividad. La Urea y los TES tampoco mostraron impactos significativos en ninguna temporalidad.

Valores Beta para las variables significativas El análisis de los coeficientes beta permitió evaluar el impacto de las variables sobre el precio. Los resultados indican que:

La TRM presentó una correlación positiva constante, reflejando que una depreciación del peso colombiano frente al dólar incrementa los precios de la papa. Este efecto se acentúa en las fases tempranas del ciclo productivo y se atenúa en los meses cercanos a la comercialización. Estos hallazgos coinciden con (Duque, 2007; Orduz & García, 2023; Roitbarg, 2021), quienes destacan la dependencia de insumos importados en el sector agrícola colombiano.

Los fenómenos climáticos (NN) tuvieron un impacto negativo constante sobre el precio a lo largo de los desfases temporales. Este efecto es más severo durante las primeras etapas del cultivo, donde lluvias extremas favorecen la producción y generan excedentes de oferta. Resultados similares han sido reportados por estudios en el Atlántico colombiano (Ruiz & Pabón, 2013).

El precio del petróleo Brent mostró un mayor impacto en las etapas de siembra y preparación, disminuyendo su relevancia en los meses cercanos a la comercialización. Esto puede explicarse por la relación entre los costos logísticos y el uso de maquinaria agrícola en las fases iniciales del proceso. Estudios como los de (Duque, 2007) respaldan estas observaciones.

Tabla 5. Coeficientes de beta para las variables relevantes en los diferentes desfases.

<i>Variable</i>	<i>1 mes</i>	<i>2 mes</i>	<i>3 mes</i>	<i>4 mes</i>	<i>5 mes</i>	<i>6 mes</i>
NN	-130.134	-242.61	-218.08	-387.28	-379.05	-429.97
TRM	1.1019	1.18	1.07	1.29	1.43	1.56
brent	10.1965	11.34	NA	16.03	15.33	21.49
Inflación	NA	NA	NA	NA	-181.96	NA
papa	0.346	0.18	NA	NA	NA	NA

Fuente: los autores.

En contraste, se buscó priorizar las variables utilizando una el modelo de estandarización normal con la distribución Z de las variables de interés, antes de la regresión y se clasificaron dentro de cada modelo según la magnitud absoluta de dichos coeficientes estandarizados. Como resultado, en todos los desfases la variable de mayor impacto y priorizada para la detección temprana de riesgos en precio es la TRM seguido de los fenómenos climatológicos y el precio de futuros de petróleo Brent.

Tabla 6. Valores de beta normalizados de las variables para los distintos desfases.

<i>Variable</i>	<i>1 mes</i>	<i>2 mes</i>	<i>3 mes</i>	<i>4 mes</i>	<i>5 mes</i>	<i>6 mes</i>
NN	0.4414	0.4913	0.3225	0.5645	0.5753	0.5039
TRM	0.8953	0.9356	0.8186	0.9853	1.0738	0.92
Brent	0.2611	0.274		0.3567	0.4291	0.3995

Fuente: Los Autores.

Los resultados de este estudio coinciden en gran medida con la literatura existente, que destaca el papel de las variables macroeconómicas y climáticas en la determinación de los precios agrícolas. Es el caso de la TRM, la cuáles un determinante clave en mercados agrícolas dependientes de insumos importados (Duque, 2007; Orduz & García, 2023). De igual forma, los efectos climáticos para el caso de la región Atlántica colombiana han demostrado la influencia de El Niño y La Niña en la producción agrícola, respaldando los patrones observados en este análisis (Thimsen, 2024). Finalmente, el precio del petróleo: (Roitbarg, 2021) resaltan el impacto indirecto del petróleo en los costos de producción agrícola, un hallazgo consistente con este estudio.

En cuanto a la construcción del molde y la validación de los datos, se utilizó la medición del factor de la varianza (Kutner et al., 2004) en donde se recomienda tener valores de este indicador inferiores a 10. Para el caso de los datos se encontraron valores altos de VIF en algunas variables, indicando posibles problemas de multicolinealidad, fue el caso de Inflación (VIF = 15.97), TES (VIF = 24.16), papa (VIF = 13.46) y Viajes (VIF = 13.16) muestran valores por encima del umbral de 10, lo que sugiere que están altamente correlacionadas con otras variables. Por tanto, se eliminaron las variables de TES y viajes del análisis mostrando la nueva configuración de datos valores inferiores a 10.

Para la prueba de normalidad, se utilizó el estadístico de Shapiro-Wilk (Mohd Razali & Bee Wah, 2011) con un P-valor de 0.03411 lo que indica que los residuos presentan una distribución cercana a la normal, igualmente, la prueba de Breusch-Pagan (Koenker, 1981), arrojó un valor de 0.04791, no rechazando la hipótesis de homocedasticidad, por tanto, No hay evidencia de heterocedasticidad significativa, lo que indica que los residuos tienen una varianza constante.

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio permiten afirmar que la Tasa Representativa del Mercado (TRM) es el principal determinante macroeconómico del precio de la papa criolla, con una correlación positiva fuerte y sostenida en todos los modelos de desfase temporal. Esto se alinea con investigaciones anteriores que destacan la sensibilidad del sector agrícola colombiano a la TRM, dada su alta dependencia de insumos importados (Duque, 2007; Martínez, 2017; Orduz & García, 2023).

Asimismo, los fenómenos climáticos extremos como El Niño y La Niña presentaron un impacto negativo constante en los precios, siendo más pronunciado en los primeros meses del ciclo de producción. Estos hallazgos son consistentes con estudios sobre el impacto del clima en los cultivos en Colombia (Ruiz & Pabón, 2013; Thimsen, 2024).

El precio del petróleo Brent mostró correlaciones positivas moderadas, especialmente en los desfases más cercanos a la siembra. Esto puede atribuirse a su relación con los costos de transporte y maquinaria agrícola, como ha sido planteado por estudios previos (OCDE-FAO, 2009; Roitbarg, 2021).

Por el contrario, variables como la precipitación acumulada y el precio de la urea no mostraron significancia estadística. Esto podría explicarse por limitaciones en la cobertura espacial de los datos climáticos y la agregación de precios de insumos, lo cual podría diluir efectos localizados (Ruiz & Pabón, 2013) y (Barrientos et al., 2014).

Finalmente, las variables de oferta toneladas y viajes de papa solo mostraron relación significativa en los primeros desfases temporales (1 y 2 meses), lo que sugiere que su impacto se concentra en momentos cercanos a la comercialización, en línea con lo reportado por MINAGRICULTURA (2024) sobre dinámicas locales de mercado.

Resultados similares se han observado en mercados agrícolas de México y Perú, donde la depreciación cambiaria y las anomalías climáticas generan efectos directos sobre los precios de productos básicos (Vera-Ninacondor et al., 2023). En el contexto asiático, (Li & Lee, 2024) confirman que la incertidumbre macroeconómica amplifica la volatilidad de precios agrícolas, patrón que se replica en los hallazgos de este estudio para la papa criolla.

No obstante, Este análisis presenta algunas limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, los datos climáticos provienen de una única estación

meteorológica, lo que reduce la capacidad para captar microclimas locales que podrían tener efectos relevantes sobre la producción agrícola (Ruiz & Pabón, 2013).

En segundo lugar, aunque se emplearon modelos de regresión con desfases, estos asumen relaciones lineales y no permiten capturar dinámicas no lineales o interacciones complejas entre variables. Variables como la inflación o la urea podrían tener efectos indirectos que requieren enfoques más sofisticados como redes neuronales o árboles de decisión, tal como se ha sugerido en estudios recientes sobre precios agrícolas (Mohyuddin et al., 2024).

Asimismo, el análisis se circunscribe a la Central de Abastos de Bogotá, lo cual limita la generalización de los resultados al contexto nacional. Aunque Corabastos representa una proporción importante del comercio de papa criolla (FEDEPAPA, 2022), otros mercados regionales podrían mostrar patrones distintos.

Finalmente, los niveles de R^2 obtenidos, aunque aceptables para un análisis explicativo, indican que existen otros factores políticos, sociales o logísticos no incluidos en el modelo que podrían incidir en los precios. No obstante, Estos hallazgos refuerzan la necesidad de estrategias de gestión del riesgo agropecuario basadas en la integración de información climática y macroeconómica. Programas de monitoreo de precios y alertas tempranas, apoyados en analítica predictiva, podrían fortalecer la capacidad de respuesta de productores y entidades públicas frente a la volatilidad de los mercados agroalimentarios.

REFERENCIAS

- Araujo, V. H. B. (2025). Impacto do capital humano no crescimento econômico dos municípios do Paraná: Uma análise espacial de 2002 a 2021. *Revista de Economía del Caribe*, 36.
- Barrientos, J., Rondón, C., & Melo, S. (2014). Price performance of the potato varieties Parda Pastusa and Diacol Capiro in Colombia (1995-2011). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 272–286.
- Dekanmbi, T., Wang, X., Basheer, S., Liu, S., Yang, A., & Cheng, H. (2024). Climate change impacts on global potato yields: A review. *Environmental Research: Climate*, 3(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/2752-5295/ad0e13>
- Duque, J. J. (2007). *Una aproximación empírica 1 The role of financial speculation in the rise in food prices from*. [Fuente, editorial o tipo de publicación faltante].
- FAO. (2010). *Economic and social perspectives: Price volatility in agricultural markets*. <http://www.fao.org/economic/es-policybriefs>
- FEDEPAPA. (2022). *Boletín regional resumen nacional generalidades*. [Tipo de publicación y URL faltantes].
- García, E., & Bonilla, J. (2023). *Informe política monetaria octubre 2023*. [Fuente o editorial faltante].
- Gilbert, C. L., & Morgan, C. W. (2010). Food price volatility. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 3023–3034. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0139>
- Indexmundi. (2024, 1 de diciembre). Urea precio mensual - dólares americanos por tonelada métrica. <https://www.spanishdict.com/translate/faltante>.
- Kalkuhl, M., Torero, M., & Von Braun, J. (2017). *Food price volatility causal impacts food price volatility drivers* (1st ed.). Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF). www.zef.de
- Koenker, R. (1981). A note on studentizing a test for heteroscedasticity. *Journal of Econometrics*, 17, 107–112.
- Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., & Li, W. (2004). *Applied linear statistical models* (5th ed.). McGraw-Hill Irwin.
- Lähde, V., Vadén, T., Toivanen, T., Järvensivu, P., & Eronen, J. T. (2023). The crises inherent in the success of the global food system. *Ecology and Society*, 28(4). <https://doi.org/10.5751/ES-14624-280416>
- Li, H., & Lee, K.-S. (2024). The impact of economic policy uncertainty on agricultural prices: Evidence from China. *Asia and the Global Economy*, 1, 4–5.
- Martínez, C. (2017). *Análisis de los determinantes del precio de papa parda pastusa en el departamento de Cundinamarca: Una perspectiva del sector para el periodo 1987-2016* [Tesis de maestría no publicada]. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- MINAGRICULTURA. (2024, 20 de abril). Mercados agrícolas y ganaderos. https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/estadisticas/mercados_agricolas_ganaderos.aspx

- Mohd Razali, N., & Bee Wah, Y. (2011). Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2. [Número de fascículo y rango de páginas faltantes].
- Mohyuddin, G., Khan, M. A., Haseeb, A., Mahpara, S., Waseem, M., & Saleh, A. M. (2024). Evaluation of machine learning approaches for precision farming in smart agriculture system: A comprehensive review. *IEEE Access*, 12, 60155–60184. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3390581>
- OCDE-FAO. (2009). *Perspectivas agrícolas*. www.oecd.org/publishing/corrigenda
- Orduz, M., & García, E. (2023). *Impacto de las variables económicas sobre los precios de los fertilizantes en el sector de la caña de azúcar en el Valle del Cauca (Colombia)*. EAFIT. [Tipo de publicación faltante, asumido como documento de trabajo].
- Roitbarg, H. A. (2021). Factors behind the price increase in the agricultural sector at the beginning of the twenty-first century: Rent, wages, oil and productivity. *Desarrollo y Sociedad*, 2021(88), 169–199. <https://doi.org/10.13043/DYS.88.5>
- Ruiz, A., & Pabón, J. (2013). Effect of the El Niño and La Niña phenomena on precipitation and agricultural production in the department of Atlántico (Colombia). *Revista Colombiana de Geografía*, 22, 35–54. [Número de fascículo faltante].
- Thimsen, E. (2024). Planetary energy flow and entropy production rate by Earth from 2002 to 2023. *Entropy*, 26(5). <https://doi.org/10.3390/e26050350>
- UPRA. (2023). *Plan de ordenamiento productivo para la cadena de la papa en Colombia*. https://www.upra.gov.co/es-co/POP_Documentos/POP_Cadena_Papa.pdf
- UPRA. (2024). *Evaluaciones agropecuarias municipales*. <https://www.spanishdict.com/translate/faltante>.
- Vera-Ninacondor, C. P., Cusihamán-Sisa, G. N., Condori, J. G. A., & Aguilar-Del-carpio, C. I. (2023). Elasticity in the behavior of the producer, according to the supply of rice in Peru. *TECHNO Review. International Technology, Science and Society Review / Revista Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad*, 15(1). <https://doi.org/10.37467/revtechno.v15.5066>
- Xue, Z., Hou, Y., Cao, G., & Sun, G. (2024). How does digital transformation drive innovation in Chinese agribusiness: Mechanism and micro evidence. *Journal of Innovation and Knowledge*, 9(2). <https://doi.org/10.1016/j.jik.2024.100489>