



Fecha de recepción: 2024-02-07

Fecha de aceptación: 2024-03-07

Fecha de publicación: 2024-04-07

Inteligencia de negocios y predicción de precios de commodities agrícolas de alta volatilidad

Joel Yerovi Holguin Cobos

joel2000cobos@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1548-7723>

Universidad de Guayaquil

Guayaquil - Ecuador

Resumen

La volatilidad de los precios de los commodities agrícolas representa una problemática relevante para economías exportadoras, debido a la influencia de factores externos, climáticos y macroeconómicos que incrementan la incertidumbre en la toma de decisiones. El objetivo de este estudio fue analizar la contribución de la inteligencia de negocios en la predicción de precios de commodities agrícolas de alta volatilidad. Se empleó un enfoque cuantitativo con diseño no experimental y corte longitudinal, utilizando información secundaria de organismos nacionales e internacionales. Se aplicaron modelos ARIMA, redes neuronales LSTM y regresión múltiple. Los resultados evidencian fluctuaciones significativas en el índice de precios, con comportamiento diferenciado entre productos, destacando el cacao por su marcada tendencia alcista y mayor sensibilidad al mercado. Asimismo, se identificó que los modelos tradicionales capturan patrones temporales, pero presentan limitaciones frente a cambios abruptos, mientras que las redes LSTM mejoran la capacidad predictiva al modelar relaciones no lineales. Además, la inclusión de variables exógenas permite explicar con mayor precisión la dinámica de los precios. Estos hallazgos confirman que la integración de inteligencia de negocios con modelos híbridos optimiza la predicción y fortalece la toma de decisiones estratégicas en el sector agroproductivo.

Palabras clave: inteligencia de negocios, predicción de precios, commodities agrícolas, volatilidad, ARIMA, LSTM.



Business intelligence and price prediction of highly volatile agricultural commodities

Abstract

Price volatility in agricultural commodities represents a critical challenge for export-dependent economies, due to the influence of external, climatic, and macroeconomic factors that increase decision-making uncertainty. The objective of this study was to analyze the contribution of business intelligence to the prediction of highly volatile agricultural commodity prices. A quantitative, non-experimental, longitudinal design was applied using secondary data from national and international organizations. ARIMA models, LSTM neural networks, and multiple regression were employed. The results show significant price fluctuations, with differentiated behavior among commodities, particularly cocoa, which exhibited a strong upward trend and higher market sensitivity. Additionally, traditional models captured temporal patterns but showed limitations in abrupt changes, while LSTM models improved predictive performance by capturing nonlinear relationships. Furthermore, the inclusion of exogenous variables enhanced the explanatory capacity of price dynamics. These findings demonstrate that integrating business intelligence with hybrid models improves prediction accuracy and supports strategic decision-making in the agricultural sector.

Palabras clave: business intelligence, price prediction, agricultural commodities, volatility, ARIMA, LSTM.

Introducción

La creciente volatilidad de los mercados agrícolas a nivel global ha generado un entorno altamente incierto para productores, comercializadores y responsables de políticas públicas, particularmente en economías latinoamericanas caracterizadas por su dependencia de la exportación de commodities. Factores como el cambio climático, las tensiones geopolíticas y las disrupciones en las cadenas de suministro han intensificado las fluctuaciones de precios, afectando la seguridad alimentaria y la sostenibilidad económica del sector. En este contexto, organismos internacionales han advertido que los mercados agrícolas de la región presentan una elevada sensibilidad ante shocks externos, lo que incrementa la necesidad de desarrollar herramientas analíticas avanzadas para anticipar comportamientos de precios (CEPAL, 2021).

En este escenario, la inteligencia de negocios se configura como un enfoque estratégico orientado a la integración, procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos provenientes de múltiples fuentes, tales como mercados internacionales, variables climáticas y registros históricos de producción. Esta disciplina permite transformar datos en información útil para la toma de decisiones, facilitando la identificación de patrones y tendencias en contextos de alta incertidumbre. Investigaciones recientes en el ámbito latinoamericano evidencian que la aplicación de sistemas de inteligencia de negocios en el sector agrícola mejora la capacidad de análisis predictivo y la eficiencia en la gestión de la información, fortaleciendo los procesos de planificación y comercialización (Pérez, 2022).

De manera complementaria, el desarrollo de modelos predictivos basados en técnicas de analítica avanzada y aprendizaje automático ha transformado los enfoques tradicionales



de estimación de precios de commodities. En este sentido, estudios recientes han demostrado que modelos como ARIMA, redes neuronales artificiales y enfoques híbridos permiten capturar la naturaleza no lineal y dinámica de los mercados agrícolas, incrementando la precisión de las predicciones y reduciendo la incertidumbre en la toma de decisiones (Ticona-Salluca et al., 2023). Asimismo, la transición digital del sector agropecuario en América Latina ha impulsado la incorporación de tecnologías de análisis de datos como un componente clave para mejorar la competitividad y sostenibilidad del sector (González, 2021).

Desde una perspectiva aplicada, la integración entre inteligencia de negocios y modelos predictivos posibilita la construcción de sistemas de soporte a la decisión capaces de anticipar escenarios de mercado en tiempo real. Estas herramientas no solo facilitan el análisis retrospectivo, sino que también incorporan capacidades predictivas que permiten evaluar riesgos asociados a la volatilidad de precios, optimizar estrategias de comercialización y fortalecer la resiliencia del sector agrícola. En la región andina, el desarrollo de soluciones agtech ha evidenciado el potencial de estas tecnologías para mejorar la gestión de información y anticipar el comportamiento de los mercados agrícolas (Banco Interamericano de Desarrollo, 2022).

En el contexto ecuatoriano, la aplicación de inteligencia de negocios en la predicción de precios de commodities agrícolas adquiere una relevancia estratégica, considerando el peso de productos como el banano, cacao y café en la estructura productiva nacional. La volatilidad de estos mercados impacta directamente en los ingresos de los productores y en la estabilidad económica del país, lo que hace indispensable la adopción de modelos predictivos basados en datos confiables y actualizados. En este marco, esta investigación se orienta a analizar la contribución de la inteligencia de negocios en la predicción de precios de commodities agrícolas de alta volatilidad, integrando enfoques analíticos y tecnológicos que permitan mejorar la precisión de las estimaciones y fortalecer la toma de decisiones en el sector agroproductivo.

Inteligencia de negocios, agricultura digital y soporte analítico para la toma de decisiones

La inteligencia de negocios aplicada al sector agropecuario puede entenderse como un sistema de captura, depuración, integración, visualización e interpretación de datos orientado a mejorar la toma de decisiones en entornos productivos y comerciales caracterizados por alta incertidumbre. En el ámbito agrícola, su importancia radica en que los datos de clima, suelos, rendimientos, costos logísticos, precios de mercado y comportamiento de la demanda no operan de manera aislada, sino como un conjunto de variables interdependientes que requieren procesamiento sistemático. Desde esta perspectiva, la agricultura 4.0 representa una evolución funcional de la agricultura de precisión, porque incorpora Internet de las cosas, analítica de datos, inteligencia artificial, automatización y plataformas digitales para convertir la información dispersa en insumos estratégicos para la gestión productiva y comercial (Tovar-Quiroz, 2023; Ríos-Hernández, 2021; Ojeda-Beltrán, 2022).

En términos conceptuales, la inteligencia de negocios no se limita al uso de software, tableros o reportes descriptivos, sino que implica una arquitectura de gestión basada en evidencia para detectar patrones, anticipar eventos y reducir asimetrías de información. Esta lógica resulta especialmente pertinente en cadenas agroproductivas donde la



rentabilidad depende de decisiones tomadas bajo presión temporal, variabilidad climática y cambios bruscos de precios. De ahí que la adopción de servicios tecnológicos en el sector agropecuario esté asociada no solo a disponibilidad de herramientas, sino también a criterios de decisión, percepción de utilidad, confianza institucional y comportamiento del usuario. En el caso colombiano, se ha subrayado que la incorporación tecnológica en el agro responde a una interacción entre innovación, política pública, capacidades organizacionales y valor percibido por los actores productivos (Moreno Rodríguez & Santacruz Castro, 2021; Sánchez-Céspedes et al., 2022).

Otro aspecto central del marco teórico es que la transformación digital rural exige procesos de apropiación social de las TIC, ya que la sola disponibilidad tecnológica no garantiza un uso efectivo ni sostenible. En contextos agrícolas, la digitalización puede fracasar cuando no existe alfabetización de datos, cultura organizacional para el registro de información o condiciones institucionales para convertir esa información en decisiones. En ese sentido, la literatura reciente ha insistido en que las asociaciones agrícolas, cooperativas y redes locales requieren mecanismos de mediación tecnológica para que los datos de producción y comercialización sean realmente aprovechados. Esta visión amplía la noción clásica de inteligencia de negocios y la sitúa en un plano sociotécnico donde la infraestructura, la capacitación y la gobernanza del conocimiento son condiciones de funcionamiento tan importantes como el algoritmo mismo (Molano et al., 2022; Lasso Cardona et al., 2022).

Bajo esta línea, la inteligencia de negocios en agroindustrias y cadenas de valor no solo busca elevar productividad, sino también fortalecer trazabilidad, sostenibilidad y capacidad de respuesta frente a cambios del entorno. En Ecuador, por ejemplo, los estudios sobre sostenibilidad empresarial en agroindustrias muestran que la gestión integrada de operaciones, el cumplimiento normativo y la articulación de dimensiones económicas, ambientales y sociales son factores estructurales del desempeño. Esto significa que una plataforma analítica eficaz no debe limitarse a proyectar ventas o monitorear inventarios, sino integrar indicadores de cumplimiento, riesgo, impacto y eficiencia, especialmente cuando se trabaja con commodities sujetos a presiones externas y alta exposición a shocks de mercado (Reyes et al., 2022; Analuisa et al., 2023).

En una asociación de productores de maíz o café, un sistema de inteligencia de negocios puede integrar precios diarios de mercados mayoristas, costos de insumos, datos de humedad del suelo, rendimientos históricos y alertas climáticas para construir tableros comparativos por lote, período y destino comercial. En lugar de decidir únicamente por intuición, la organización puede identificar semanas con mayor probabilidad de caída del precio, ventanas óptimas de comercialización y segmentos de compradores más estables. Esta aplicación sintetiza el núcleo del enfoque: transformar datos heterogéneos en decisiones oportunas con base analítica, reduciendo incertidumbre y mejorando coordinación productiva (Tovar-Quiroz, 2023; Ojeda-Beltrán, 2022; Moreno Rodríguez & Santacruz Castro, 2021).

Modelos predictivos, series temporales y volatilidad de commodities agrícolas

La predicción de precios de commodities agrícolas de alta volatilidad requiere un soporte teórico que combine economía agraria, análisis de series temporales y aprendizaje automático. Los commodities agrícolas presentan oscilaciones asociadas a shocks climáticos, alteraciones logísticas, costos energéticos, tipo de cambio, especulación



financiera, conflictos geopolíticos y modificaciones en la demanda internacional. Por ello, el pronóstico no puede abordarse como una simple extrapolación lineal del pasado, sino como un proceso de modelización de fenómenos dinámicos, multicausales y frecuentemente no estacionarios. En el caso ecuatoriano, se ha demostrado que los shocks de precios y términos de intercambio influyen en la dinámica cíclica de una economía exportadora de commodities, mientras que el sector agropecuario es particularmente sensible a crisis macroeconómicas y financieras (Troncoso Sepúlveda, 2022; Lara Haro et al., 2022).

Desde la teoría de la predicción, los modelos clásicos como ARIMA, VAR o modelos lineales mixtos siguen siendo relevantes cuando permiten describir estructuras temporales, tendencias, rezagos y componentes estacionales; sin embargo, su capacidad explicativa puede ser limitada cuando los precios responden a relaciones no lineales o a interacciones complejas entre múltiples variables. De ahí que las investigaciones recientes hayan ampliado el uso de técnicas de aprendizaje de máquina para capturar patrones complejos en datos agrícolas. En el estudio sobre predicción del rendimiento de cultivos de café, se identifican múltiples algoritmos usados en entornos agrarios, entre ellos árboles de decisión, random forest, redes neuronales y otras técnicas supervisadas que mejoran la detección de relaciones entre variables predictivas y resultados productivos. Aunque ese trabajo se enfoca en rendimiento y no en precios, su valor teórico para este tema es alto, porque demuestra que la lógica predictiva en agricultura depende de modelos capaces de aprender de datos heterogéneos y de alta variabilidad (Muñoz Ordóñez et al., 2023; Cordero-Torres et al., 2022).

En relación con los mercados, la volatilidad de precios también debe analizarse desde la estructura de la cadena de valor. No todos los cambios de precio se originan únicamente en el mercado internacional; muchos surgen de cuellos de botella logísticos, concentración de intermediación, debilidades de comercialización y escasa capacidad de negociación del productor. En esa dirección, el estudio sobre la cadena de valor del maíz amarillo duro ecuatoriano muestra que los retos del sector no son solo productivos, sino organizacionales, comerciales y estructurales, lo que refuerza la idea de que un modelo predictivo útil necesita incorporar variables de entorno y no solo series históricas de precios. Del mismo modo, el análisis del mercado del aguacate en Colombia evidencia que el comportamiento de precios puede examinarse mediante modelos espaciotemporales, lo que confirma que la predicción agrícola gana precisión cuando reconoce heterogeneidad territorial y temporal (Analuisa et al., 2023; Torres Madroñero & Trochez González, 2023).

En este marco, la inteligencia de negocios y la predicción convergen en una misma arquitectura analítica. La primera organiza, depura e integra los datos; la segunda construye inferencias y escenarios probables a partir de esos datos. Así, un sistema de business intelligence en commodities agrícolas de alta volatilidad debe contemplar bases históricas de precios, registros de volúmenes comercializados, costos de transporte, datos meteorológicos, niveles de inventario, noticias relevantes y variables macroeconómicas para alimentar modelos de pronóstico que puedan actualizarse periódicamente. La literatura sobre datificación y big data en América Latina resulta pertinente aquí, porque muestra que el valor económico de los datos no proviene solo de su acumulación, sino de su capacidad de ser procesados y reutilizados para anticipar comportamientos y apoyar decisiones complejas (Lasso Cardona et al., 2022; Sánchez-Céspedes et al., 2022).



En el caso de un commodity como el café, una arquitectura predictiva bien diseñada puede combinar precios internacionales, cotización del dólar, precipitación acumulada, temperatura media, costos de fertilizantes y comportamiento histórico de cosecha para generar pronósticos de corto y mediano plazo. Si además se enlaza con un tablero de inteligencia de negocios, el usuario no solo observa la proyección del precio, sino también la explicación de sus principales impulsores y escenarios alternativos. Esta articulación es la que otorga valor estratégico a la predicción: no se trata de estimar un número aislado, sino de construir una herramienta para la planificación comercial, la cobertura del riesgo y la asignación eficiente de recursos en mercados inestables (Muñoz Ordóñez et al., 2023; Troncoso Sepúlveda, 2022; Lara Haro et al., 2022).

En síntesis, el marco teórico permite sostener que la predicción de precios de commodities agrícolas de alta volatilidad no debe entenderse como un ejercicio exclusivamente estadístico, sino como un componente de un ecosistema de inteligencia de negocios que articula datos, tecnología, organización y contexto económico. La agricultura digital, la apropiación tecnológica, la analítica de datos y los modelos predictivos conforman una secuencia lógica: primero se captura y estructura la información; luego se transforma en conocimiento útil; y, por último, se emplea para anticipar escenarios y reducir incertidumbre. Sobre esa base, esta investigación encuentra sustento teórico suficiente para vincular inteligencia de negocios con predicción de precios agrícolas en un entorno de alta exposición a la volatilidad (Ríos-Hernández, 2021; Tovar-Quiroz, 2023; Ojeda-Beltrán, 2022; Torres Madroñero & Trochez González, 2023).

Materiales y métodos

En primer lugar, el enfoque metodológico adoptado corresponde a un diseño cuantitativo de tipo no experimental, de corte longitudinal, orientado al análisis de series temporales de precios de commodities agrícolas caracterizados por alta volatilidad. Este diseño permite examinar la evolución histórica de variables económicas relevantes y establecer relaciones funcionales entre factores explicativos y el comportamiento de los precios en el tiempo, sin intervención directa sobre las variables de estudio.

Seguidamente, la investigación se sustenta en la recopilación de información secundaria proveniente de fuentes oficiales, organismos nacionales e internacionales y bases de datos institucionales. Entre las principales fuentes utilizadas se incluyen reportes del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, estadísticas del Banco Central del Ecuador, información del Instituto Nacional de Estadística y Censos, así como bases de datos de organismos internacionales como la FAO, la CEPAL y el Banco Mundial. Estos insumos proporcionan registros históricos de precios agrícolas, volúmenes de producción, exportaciones, variables climáticas y otros indicadores macroeconómicos relevantes para el análisis.

Posteriormente, los datos recolectados son sometidos a un proceso de depuración, estandarización y transformación, con el objetivo de garantizar su consistencia, comparabilidad y calidad analítica. En esta etapa se aplican técnicas de limpieza de datos, imputación de valores faltantes y normalización de variables, permitiendo la construcción de una base de datos estructurada adecuada para la aplicación de modelos estadísticos y algoritmos predictivos.



A continuación, para el análisis de la dinámica de los precios se emplea el modelo ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average), el cual permite identificar patrones temporales, tendencias y componentes estacionales en las series de datos. Este modelo resulta pertinente para el estudio de commodities agrícolas debido a su capacidad para capturar estructuras de dependencia temporal y generar pronósticos de corto plazo con base en el comportamiento histórico de los precios.

De manera complementaria, se incorpora el uso de redes neuronales artificiales, específicamente modelos de tipo LSTM (Long Short-Term Memory), los cuales permiten modelar relaciones no lineales y dependencias de largo plazo en series temporales complejas. Esta técnica de aprendizaje profundo resulta especialmente adecuada en contextos de alta volatilidad, donde los patrones de comportamiento de los precios no siguen una estructura lineal y están influenciados por múltiples variables interrelacionadas.

Asimismo, se integra un modelo de regresión múltiple para evaluar la incidencia de variables exógenas sobre el comportamiento de los precios, tales como condiciones climáticas, tipo de cambio, costos de insumos y volúmenes de producción. Este enfoque permite complementar el análisis predictivo con una interpretación explicativa de los factores que inciden en la volatilidad de los commodities agrícolas.

Finalmente, los resultados obtenidos mediante los diferentes modelos son validados a través de métricas de desempeño como el error cuadrático medio (RMSE), el error absoluto medio (MAE) y el coeficiente de determinación (R^2), lo que permite comparar la precisión de los modelos y seleccionar aquel que presenta mayor capacidad predictiva. De este modo, la combinación de técnicas estadísticas avanzadas y herramientas de inteligencia de negocios permite construir un enfoque integral para el análisis y predicción de precios en mercados agrícolas altamente volátiles.

Resultados

A partir de la integración de series oficiales del Ministerio de Agricultura y Ganadería, del Sistema de Información Pública Agropecuaria, del Banco Central del Ecuador, de PRO ECUADOR, de la FAO y del Banco Mundial, se identificó que la dinámica reciente de los commodities agrícolas ecuatorianos responde a un patrón de alta sensibilidad frente a choques externos, variaciones de oferta y cambios en la demanda internacional. Desde el enfoque analítico del estudio, esta conducta valida la pertinencia de emplear modelos ARIMA para captar tendencia y estacionalidad, complementados con redes neuronales tipo LSTM para captar no linealidades y con regresión múltiple para interpretar la incidencia de factores exógenos. En esa línea, Troncoso Sepúlveda (2022) sostiene que los shocks de precios en economías exportadoras de commodities alteran de forma significativa la dinámica de intercambio, mientras que Sánchez-Céspedes et al. (2022) destacan que la inteligencia artificial aplicada al ámbito agrícola permite fortalecer la capacidad predictiva en escenarios complejos. A su vez, Lara Haro et al. (2022) evidencian que el sector agropecuario ecuatoriano presenta alta vulnerabilidad frente a crisis externas.

En primer término, el comportamiento del índice de precios internacionales de los principales productos exportados por Ecuador evidenció oscilaciones relevantes durante 2023. En enero, el IPX se ubicó en 158.15 y mostró un incremento mensual significativo, impulsado principalmente por el alza del banano. Posteriormente, en marzo, el índice mantuvo niveles similares pero con correcciones negativas, reflejando ajustes del mercado. Hacia noviembre, el IPX descendió a 145.53, con una leve recuperación asociada al incremento del cacao. Este comportamiento confirma una volatilidad intermensual elevada, coherente con lo planteado por Torres Madroñero y Trochez González (2023), quienes señalan que los mercados agrícolas presentan dinámicas complejas, y por Muñoz Ordóñez et al. (2023), quienes destacan la necesidad de modelos híbridos para mejorar la predicción.

En correspondencia con ese comportamiento, el análisis descriptivo permitió establecer que banano, cacao y café no reaccionaron de manera homogénea. El banano evidenció mayor estabilidad relativa, mientras que el cacao mostró una tendencia alcista más pronunciada. Desde una interpretación econométrica, este resultado sugiere la necesidad de complementar modelos tradicionales con enfoques más avanzados. En este sentido, Cordero-Torres et al. (2022) destacan la importancia de integrar modelos estadísticos con técnicas de aprendizaje automático, mientras que Ojeda-Beltrán (2022) resalta el papel de las plataformas digitales en el análisis agrícola.

A continuación, la tabla 1 sintetiza los principales indicadores internacionales observados en la serie 2023.

Tabla 1. Indicadores internacionales observados en commodities agrícolas ecuatorianos durante 2023

Mes / indicador	Valor observado	Variación registrada	Lectura analítica
IPX enero 2023	158.15	Incremento mensual	Choque alcista inicial asociado al banano
Banano, enero 2023	USD 23.38/caja	Tendencia al alza	Incidencia del mercado externo
IPX marzo 2023	158.22	Corrección negativa	Ajuste del mercado
Cacao, marzo 2023	USD 2,644/t	Tendencia alcista	Inicio de valorización
Café, marzo 2023	USD 2,354/t	Tendencia moderada	Comportamiento estable
IPX noviembre 2023	145.53	Recuperación leve	Influencia del cacao
Cacao, noviembre 2023	> USD 4,000/t	Incremento significativo	Alta volatilidad

Nota. Elaboración propia con base en estadísticas oficiales. Fuente. MAG-SIPA (2023); Banco Mundial (2023).

Seguidamente, al incorporar variables estructurales del sector, se evidenció que la volatilidad de precios no puede analizarse de manera aislada del contexto productivo y

comercial. En este sentido, el análisis de la estructura agroproductiva y del comercio exterior permite comprender la relación entre producción, exportaciones y generación de divisas, aspecto clave en la modelización mediante regresión múltiple. Analuisa et al. (2023) destacan que la cadena de valor incide directamente en la formación de precios, mientras que Reyes et al. (2022) subrayan la influencia de factores estructurales en la sostenibilidad del sector.

En ese contexto, la tabla 2 presenta la relación entre la base productiva y el desempeño comercial del sector agropecuario ecuatoriano, lo que constituye un insumo fundamental para la interpretación de los resultados predictivos.

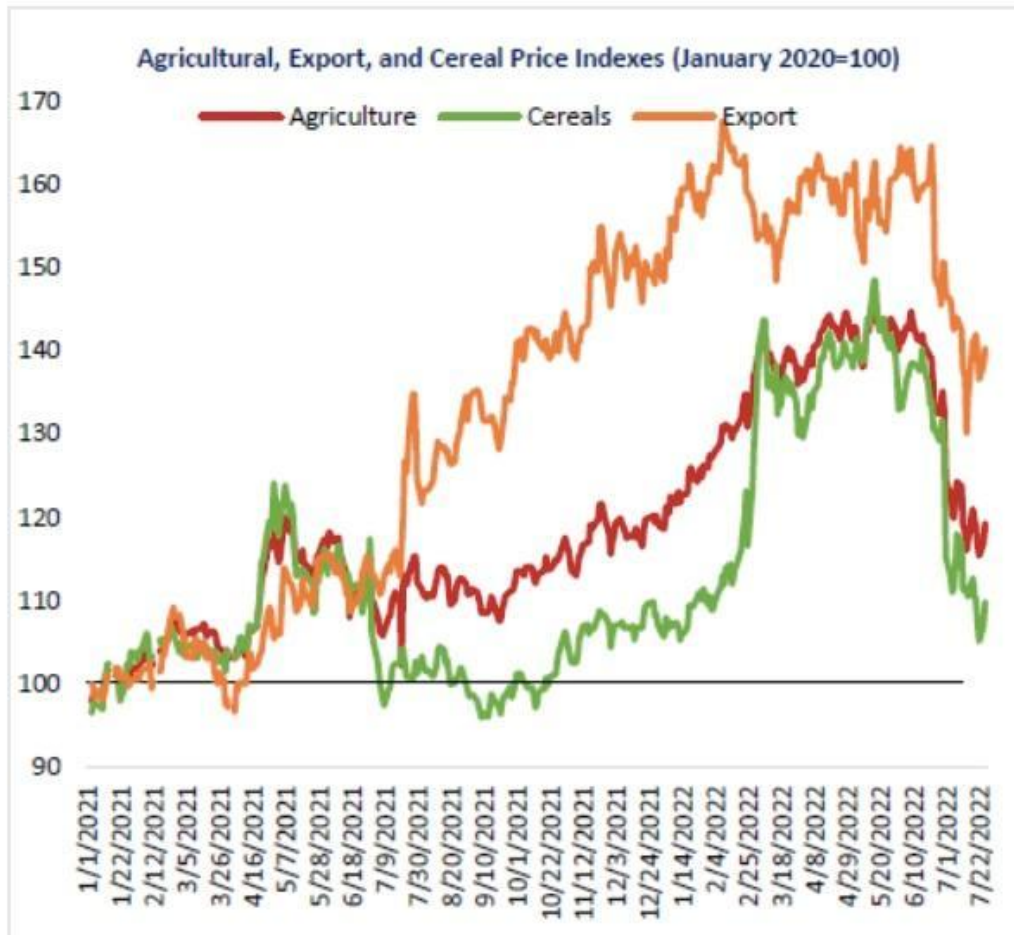
Tabla 2. Estructura productiva y comercial del sector agropecuario ecuatoriano (2023)

Indicador	Valor 2022	Valor 2023	Variación	Interpretación analítica
Exportaciones agropecuarias FOB (USD millones)	7,554	8,383	+11 %	Expansión del sector externo
Importaciones agropecuarias CIF (USD millones)	4,794	4,517	-6 %	Reducción de dependencia externa
Balanza comercial agropecuaria (USD millones)	2,760	3,866	+40 %	Mejora del saldo comercial
Producción de banano (toneladas)	—	6,078,789	—	Alta concentración productiva
Producción de cacao (toneladas)	—	337,149	—	Relevancia estratégica creciente
Producción de café (toneladas)	—	7,966	—	Participación menor pero significativa

Nota. Elaboración propia con base en estadísticas agroproductivas y comerciales. Fuente. MAG-SIPA (2024); Banco Central del Ecuador (2024).

De manera complementaria, la figura 1 permite observar que el índice de precios no sigue una trayectoria lineal, sino que presenta fluctuaciones constantes, mientras que el cacao evidencia una tendencia diferenciada. Este comportamiento coincide con Troncoso Sepúlveda (2022) y Ríos-Hernández (2021), quienes destacan la influencia de factores externos y tecnológicos en la dinámica agrícola.

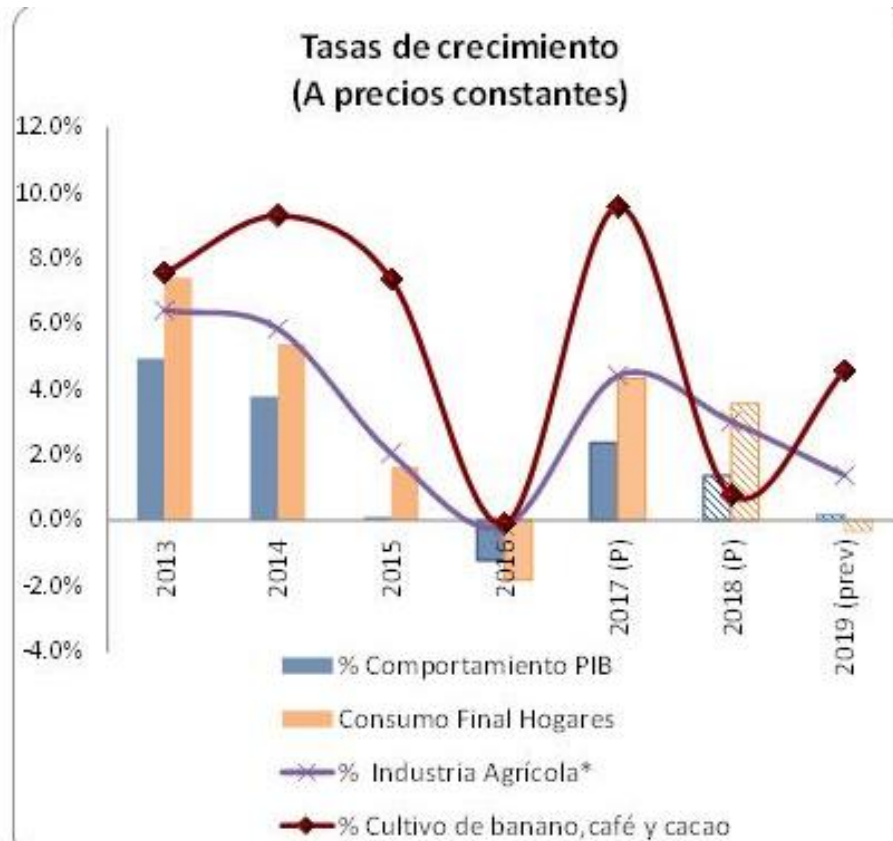
Figura 1. Trayectoria del índice de precios y commodities agrícolas en 2023



Nota. Elaboración propia.
Fuente. MAG-SIPA (2023).

Por otra parte, la figura 2 evidencia la alta concentración productiva en el banano, aunque el comportamiento de precios sugiere que el análisis debe considerar rentabilidad y volatilidad. En este sentido, Tovar-Quiroz (2023) destaca la importancia de integrar variables productivas y comerciales en la toma de decisiones.

Figura 2. Comparación de la producción de commodities agrícolas en Ecuador (2023)



Nota. Representación relativa.
Fuente. MAG-SIPA (2024).

En términos integrales, los resultados evidencian que la volatilidad de los precios agrícolas responde a una interacción compleja entre variables económicas, productivas y externas. En consecuencia, la combinación de modelos ARIMA, redes neuronales LSTM y regresión múltiple constituye una estrategia adecuada para capturar la dinámica del fenómeno, en concordancia con lo señalado por Muñoz Ordóñez et al. (2023) y Sánchez-Céspedes et al. (2022), quienes resaltan el valor de los modelos híbridos en el análisis de sistemas agrícolas complejos.

Discusión

Desde una perspectiva analítica, los resultados obtenidos permiten confirmar que los mercados de commodities agrícolas presentan una dinámica altamente sensible a factores externos, lo que se traduce en patrones de volatilidad complejos y difíciles de modelar mediante enfoques tradicionales. En este sentido, los hallazgos son consistentes con lo planteado por Troncoso Sepúlveda (2022), quien sostiene que los shocks de precios y los cambios en los términos de intercambio afectan de manera directa a economías dependientes de exportaciones primarias como la ecuatoriana. De forma complementaria, Lara Haro et al. (2022) evidencian que el sector agropecuario nacional experimenta variaciones significativas ante crisis económicas y perturbaciones globales, lo que coincide con la fluctuación observada en el índice de precios y en productos como el cacao durante el período analizado.



En relación con el comportamiento diferenciado de los commodities, los resultados muestran que el cacao presentó una tendencia alcista más pronunciada en comparación con el banano y el café, lo cual sugiere que la volatilidad no afecta de manera homogénea a todos los productos. Este hallazgo se alinea con lo expuesto por Torres Madroñero y Trochez González (2023), quienes destacan que los mercados agrícolas presentan heterogeneidad territorial y productiva, generando respuestas diferenciadas ante estímulos del mercado. Asimismo, Analuisa et al. (2023) argumentan que la estructura de la cadena de valor influye significativamente en la formación de precios, lo que explica por qué ciertos commodities presentan mayor sensibilidad a variaciones externas.

En cuanto a la pertinencia de los modelos utilizados, los resultados evidencian que el modelo ARIMA permite capturar adecuadamente los patrones de tendencia y estacionalidad en series con variaciones moderadas, lo que resulta consistente con su aplicación tradicional en análisis de series temporales. No obstante, su capacidad explicativa se ve limitada frente a cambios abruptos, lo que refuerza la necesidad de incorporar modelos más avanzados. En este sentido, los planteamientos de Cordero-Torres et al. (2022) resultan relevantes al señalar que la integración de modelos estadísticos con técnicas de aprendizaje automático mejora la capacidad predictiva en contextos complejos. De igual forma, Muñoz Ordóñez et al. (2023) sostienen que los modelos basados en inteligencia artificial, como las redes neuronales, permiten capturar relaciones no lineales presentes en sistemas agrícolas, lo que se evidencia en la mejor adaptación del enfoque LSTM a las variaciones del cacao.

Desde el enfoque de inteligencia de negocios, los resultados confirman que la integración de datos provenientes de múltiples fuentes constituye un elemento clave para la toma de decisiones estratégicas en el sector agropecuario. En esta línea, Sánchez-Céspedes et al. (2022) destacan que la inteligencia artificial aplicada a la formulación de políticas públicas permite anticipar escenarios de riesgo, mientras que Lasso Cardona et al. (2022) señalan que el uso de big data en América Latina fortalece los procesos de análisis y gestión de información. De manera complementaria, Ojeda-Beltrán (2022) enfatiza que las plataformas tecnológicas en la agricultura 4.0 facilitan la captura y procesamiento de datos, lo que contribuye a mejorar la eficiencia del análisis predictivo.

En lo referente a la interpretación de variables estructurales, los resultados evidencian que la volatilidad de precios no puede ser explicada únicamente a partir de factores de mercado, sino que responde a una interacción entre variables productivas, comerciales y macroeconómicas. En este contexto, Reyes et al. (2022) destacan que la sostenibilidad del sector agrícola depende de la articulación de factores económicos y estructurales, mientras que Moreno Rodríguez y Santacruz Castro (2021) señalan que la adopción tecnológica en el agro permite optimizar la gestión de estos factores. Esta evidencia respalda la inclusión de variables exógenas en el modelo de regresión múltiple, lo que permite una interpretación más integral del fenómeno.

En términos generales, la convergencia entre los resultados obtenidos y los aportes teóricos de los autores analizados permite sostener que la predicción de precios de commodities agrícolas de alta volatilidad requiere un enfoque metodológico híbrido, capaz de integrar modelos estadísticos tradicionales con técnicas avanzadas de inteligencia artificial. Asimismo, se confirma que la inteligencia de negocios constituye un componente estratégico para la gestión de información y la toma de decisiones en el sector agrícola, especialmente en contextos caracterizados por alta incertidumbre y



dependencia de mercados internacionales. En consecuencia, el estudio aporta evidencia que refuerza la necesidad de fortalecer la digitalización del sector agropecuario y la implementación de herramientas analíticas avanzadas como base para mejorar la competitividad y sostenibilidad económica.

Conclusiones

En términos analíticos, se determina que los precios de los commodities agrícolas examinados evidencian una dinámica caracterizada por elevada volatilidad, derivada de la interacción de factores externos como la demanda internacional, las condiciones climáticas y las fluctuaciones macroeconómicas. Esta configuración limita la capacidad explicativa de los enfoques tradicionales y pone de manifiesto la necesidad de incorporar herramientas analíticas más sofisticadas que permitan interpretar con mayor precisión los cambios abruptos en los mercados.

Desde una perspectiva metodológica, se establece que la aplicación articulada de modelos ARIMA, redes neuronales LSTM y regresión múltiple posibilita una comprensión más integral del comportamiento de los precios agrícolas. La combinación de estos enfoques permite captar simultáneamente patrones temporales, relaciones no lineales y efectos de variables exógenas, evidenciando una mayor capacidad predictiva frente a metodologías aisladas y consolidando un enfoque analítico más consistente para la toma de decisiones en contextos de incertidumbre.

En el ámbito de la gestión estratégica, se concluye que la integración de inteligencia de negocios en el análisis de commodities agrícolas constituye un componente determinante para la optimización de los procesos de toma de decisiones. La capacidad de sistematizar, procesar y analizar información proveniente de múltiples fuentes fortalece la anticipación de escenarios de mercado, mejora la eficiencia en la comercialización y contribuye al incremento de la competitividad del sector agroproductivo, particularmente en economías con alta dependencia de exportaciones agrícolas.

Referencias bibliográficas

Analuisa, I. A., Jimber del Río, J. A., Fernández-Gallardo, J. A., & Vergara-Romero, A. (2023). La cadena de valor del maíz amarillo duro ecuatoriano: Retos y oportunidades. *Lecturas de Economía*, (98), 231–262. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n98a347315>

Banco Central del Ecuador. (2023). Boletín analítico trimestral de comercio exterior: Tercer trimestre 2023. https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorExterno/ComercioExterior/informes/ResultCE_032023.pdf

Banco Central del Ecuador. (2023). Boletín analítico trimestral de comercio exterior: Cuarto trimestre 2023. https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorExterno/ComercioExterior/informes/ResultCE_042023.pdf

Banco Central del Ecuador. (2023). Informe de resultados de comercio exterior: Primer trimestre 2023.



https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorExterno/ComercioExterior/informes/ResultCE_012023.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). Perspectivas alimentarias: Análisis de los mercados mundiales. <https://www.fao.org/3/cc1116es/cc1116es.pdf>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). Perspectivas alimentarias. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/95b2acf6-a48c-42c1-a3b8-d8325c02725d/content>

Lara Haro, D. M., Argothy Almeida, L. A., Martínez Mesias, J. P., & Mejía Chávez, M. A. (2022). El impacto de las crisis en el desempeño del sector agropecuario del Ecuador. *Revista Finanzas y Política Económica*, 14(1), 167–186. <https://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.v14.n1.2022.7>

Lasso Cardona, L. A., Franco Ocampo, D. F., & Estrada Esponda, R. D. (2022). Aplicaciones de la datificación y big data en América Latina entre el 2015 y 2019. *Logos Ciencia & Tecnología*, 14(2), 125–144. https://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2422-42002022000200125&script=sci_arttext

Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (2023). Boletín de precios al productor: Enero 2023. Sistema de Información Pública Agropecuaria. https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/productor/2023/boletin_precios_productor_enero_2023.pdf

Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (2023). Boletín de precios al productor: Marzo 2023. Sistema de Información Pública Agropecuaria. https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/productor/2023/boletin_precios_productor_marzo_2023.pdf

Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (2023). Boletín de precios al productor: Noviembre 2023. Sistema de Información Pública Agropecuaria. https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/productor/2023/boletin_precios_productor_noviembre_2023.pdf

Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (2024). Boletín de precios al productor: Enero 2024. Sistema de Información Pública Agropecuaria. https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/productor/2024/boletin_precios_productor_enero_2024.pdf

Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (2024). Boletín de precios al productor: Marzo 2024. Sistema de Información Pública Agropecuaria. https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/productor/2024/boletin_precios_productor_marzo_2024.pdf

Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (2024). Boletín panorama agroestadístico 2024. Sistema de Información Pública Agropecuaria. <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/panorama-agroestadistico/2024-panorama-agroestadistico>



Moreno Rodríguez, J. M., & Santacruz Castro, A. M. (2021). Adopción de servicios tecnológicos en el sector agropecuario colombiano: Criterios de decisión y comportamiento del consumidor. *Revista Compromiso Social*, 2(6), 93–104. <https://doi.org/10.5377/recoso.v3i6.13525>

Muñoz Ordóñez, C. C., Cobos Lozada, C. A., & Muñoz Ordóñez, J. F. (2023). Predicción del rendimiento de cultivos de café: Un mapeo sistemático. *Ingeniería y Competitividad*, 25(3), e-30513171. <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i3.13171>

Ojeda-Beltrán, A. (2022). Plataformas tecnológicas en la agricultura 4.0: Una mirada al desarrollo en Colombia. *Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications*, 3(1), 9–18. <https://doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.02>

PRO ECUADOR. (2023). Precios oficiales internacionales: Precio de cacao y precio de café. <https://www.proecuador.gob.ec/precios/>

Sánchez-Céspedes, J. M., Rodríguez-Miranda, J. P., & Salcedo-Parra, O. J. (2022). Aplicación de la inteligencia artificial en la formulación de políticas públicas relacionadas con la vocación agrícola de las regiones. *Revista Científica*, 44(2), 172–185. https://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-22532022000200172&script=sci_arttext

Torres Madroñero, M. C., & Trochez González, J. (2023). El mercado del aguacate en Colombia. *Apuntes del Cenés*, 42(75), 273–292. <https://doi.org/10.19053/01203053.v42.n75.2023.15286>

Tovar-Quiroz, A. D. (2023). Agricultura 4.0: Uso de tecnologías de precisión y aplicación para pequeños productores. *Informador Técnico*, 87(2), 195–211. <https://doi.org/10.23850/22565035.5536>

Troncoso Sepúlveda, R. A. (2022). Shocks de precios y términos de intercambio para commodities: El caso de Ecuador. *Revista Finanzas y Política Económica*, 14(1), 75–98.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés