

COMERCIO AGROALIMENTARIO ENTRE COLOMBIA Y VENEZUELA: UN ESTUDIO BASADO EN EL MODELO DE CORRECCIÓN DE ERRORES

Caraballo, Leonardo Javier¹
Eslava Zapata, Rolando²
Sánchez Castillo, Verenice³

Recibido: 03/10/2024 Revisado: 09/12/2024 Aceptado: 19/02/2025

RESUMEN

El presente estudio investiga la relación comercial de largo plazo en el sector agroalimentario entre Colombia y Venezuela durante el período 2004-2023, mediante un riguroso Modelo de Corrección de Errores (MCE). La investigación se sustenta en datos anuales de comercio bilateral, integrando variables macroeconómicas estratégicas como el Producto Interno Bruto (PIB) de ambos países y sus respectivos tipos de cambio. La metodología econométrica comprende una secuencia analítica sistemática. Inicialmente, se realizaron pruebas de raíz unitaria para establecer el orden de integración de las series temporales, seguidas de pruebas de cointegración destinadas a verificar la existencia de una relación de equilibrio estructural a largo plazo. La implementación del Modelo de Corrección de Errores permitió capturar simultáneamente la dinámica de corto plazo y los mecanismos de ajuste hacia el equilibrio económico. Los resultados revelan una cointegración estadísticamente significativa, evidenciando una profunda interdependencia comercial agroalimentaria entre Colombia y Venezuela. El coeficiente de ajuste del modelo indica una velocidad de reequilibrio ante desviaciones temporales, lo que sugiere una capacidad de adaptación relativamente rápida de los flujos comerciales. Adicionalmente, el estudio identificó hallazgos complementarios sobre el impacto de disrupciones económicas y políticas en los patrones comerciales bilaterales. La investigación aporta una perspectiva novedosa a la literatura especializada sobre comercio agroalimentario en América Latina, proporcionando conocimientos detallados sobre la dinámica comercial entre ambos países en un sector de crucial importancia económica y estratégica. Las conclusiones ofrecen implicaciones significativas para el diseño de políticas comerciales y agrícolas, especialmente en un contexto caracterizado por alta volatilidad económica y transformaciones en las relaciones bilaterales. El análisis constituye una herramienta valorable para formuladores de política, académicos e inversores interesados en la comprensión de las interconexiones económicas regionales.

Palabras clave: comercio agroalimentario, modelo de corrección de errores, economía agroalimentaria, comercio bilateral, Colombia, Venezuela

¹ Doctor en Pedagogía (Universidad de Los Andes-ULA, Venezuela); Magister en Economía del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Universidad de los Andes-Uniandes, Colombia); Economista (ULA, Venezuela). *Dirección postal:* Avenida Universidad, Barrio Santa Cecilia, Sector Paramillo, San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela. C.P. 5001. *ORCID:* <https://orcid.org/0000-0002-8350-3556>. *Teléfono:* +58 (276) 3563411; *e-mail:* leocaraballo@gmail.com

² Doctor en Administración (Universidad Complutense de Madrid-UCM, España); Magister Scientiae en Ciencias Contables (Universidad de Los Andes-ULA, Venezuela); Administrador de Empresas (ULA, Venezuela); Contador Público (ULA, Venezuela). *Dirección postal:* Avenida Universidad, Barrio Santa Cecilia, Sector Paramillo, San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela. C.P. 5001. *ORCID:* <https://orcid.org/0000-0003-2581-1873>. *Teléfono:* +58 (276) 3563411; *e-mail:* rolandeslava@gmail.com

³ Doctora en Antropología (Universidad del Cauca-CAUP, Colombia); Magister en Estudios Regionales en Medio Ambiente y Desarrollo (Universidad Iberoamericana de Puebla-IBERO Puebla, México); Ingeniera Agroecóloga (Universidad de la Amazonia-Uniamazonia, Colombia). Docente e Investigadora de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Amazonia, Colombia. *Dirección postal:* Carrera #3, Florencia, Caquetá, Colombia, C.P. 180017. *ORCID:* <https://orcid.org/0000-0002-3669-3123>. *Teléfono:* +57 (8) 4366160; *e-mail:* ve.sanchez@udla.edu.co

ABSTRACT

This study investigates the long-term commercial relationship in the agri-food sector between Colombia and Venezuela during the 2004-2023 period, employing a rigorous Error Correction Model (ECM). The research is grounded in annual bilateral trade data, integrating strategic macroeconomic variables such as the Gross Domestic Product (GDP) of both countries and their respective exchange rates. Econometric methodology encompasses a systematic analytical sequence. Initially, unit root tests were conducted to establish the integration order of time series, followed by cointegration tests designed to verify the existence of a long-term structural equilibrium relationship. The implementation of the Error Correction Model allowed for simultaneous capture of short-term dynamics and adjustment mechanisms toward economic equilibrium. The main findings revealed a statistically significant cointegration, evidencing a profound agri-food commercial interdependence between Colombia and Venezuela. The model's adjustment coefficient indicates a rebalancing velocity in response to temporal deviations, suggesting a rapid adaptation capacity of commercial flows. Additionally, the study identified complementary insights regarding the impact of economic and political disruptions on bilateral trade patterns. The research contributes a novel perspective to specialized literature on agri-food trade in Latin America, providing detailed insights into the commercial dynamics between both countries in a sector of crucial economic and strategic importance. The conclusions offer significant implications for commercial and agricultural policy design, especially within a context characterized by high economic volatility and transformations in bilateral relations. The analysis constitutes a valuable tool for policymakers, academics, and investors interested in understanding regional economic interconnections.

Key words: Agrifood trade, error correction model, agri-food economics, bilateral trade, Colombia, Venezuela

RÉSUMÉ

Cette étude examine les relations commerciales à long terme dans le secteur agroalimentaire entre la Colombie et le Venezuela au cours de la période 2004-2023, à l'aide d'un modèle rigoureux à correction d'erreur (ECM). La recherche est basée sur des données annuelles de commerce bilatéral, intégrant des variables macroéconomiques stratégiques telles que le Produit Intérieur Brut (PIB) des deux pays et leurs taux de change respectifs. La méthodologie économétrique comprend une séquence analytique systématique. Dans un premier temps, des tests de racine unitaire ont été effectués pour établir l'ordre d'intégration des séries temporelles, suivis de tests de cointégration visant à vérifier l'existence d'une relation d'équilibre structurel à long terme. La mise en œuvre du modèle de correction d'erreur a permis de saisir simultanément la dynamique à court terme et les mécanismes d'ajustement vers l'équilibre économique. Les résultats révèlent une cointégration statistiquement significative, mettant en évidence une profonde interdépendance commerciale agroalimentaire entre la Colombie et le Venezuela. Le coefficient d'ajustement du modèle indique une vitesse de rééquilibrage face à des déviations temporaires, suggérant une capacité d'adaptation relativement rapide des flux commerciaux. En outre, l'étude a identifié des résultats complémentaires concernant l'impact des perturbations économiques et politiques sur les schémas commerciaux bilatéraux. La recherche apporte une nouvelle perspective à la littérature spécialisée sur le commerce agroalimentaire en Amérique latine, en fournissant des informations détaillées sur la dynamique commerciale entre les deux pays dans un secteur d'une importance économique et stratégique cruciale. Les résultats offrent des implications significatives pour la conception des politiques commerciales et agricoles, en particulier dans un contexte caractérisé par une forte volatilité économique et des transformations dans les relations bilatérales. L'analyse constitue un outil précieux pour les décideurs politiques, les universitaires et les investisseurs désireux de comprendre les interconnexions économiques régionales.

Mots-clés : commerce agroalimentaire, modèle à correction d'erreur, économie agroalimentaire, commerce bilatéral, Colombie, Venezuela

RESUMO

O presente estudo investiga a relação comercial de longo prazo no setor agroalimentar entre Colômbia e Venezuela durante o período 2004-2023, mediante um rigoroso Modelo de Correção de Erros (MCE). A pesquisa sustenta-se em dados anuais de comércio bilateral, integrando variáveis macroeconômicas estratégicas como o Produto Interno Bruto (PIB) de ambos os países e suas respectivas taxas de câmbio. A metodologia econométrica compreende uma sequência analítica sistemática. Inicialmente, realizaram-se testes de raiz unitária para estabelecer a ordem de integração das séries temporais, seguidos de testes de cointegração destinados a verificar a existência de uma relação de equilíbrio estrutural de longo prazo. A implementação do Modelo de Correção de Erros permitiu

capturar simultaneamente a dinâmica de curto prazo e os mecanismos de ajuste em direção ao equilíbrio econômico. Os resultados revelam uma cointegração estatisticamente significativa, evidenciando uma profunda interdependência comercial agroalimentar entre Colômbia e Venezuela. O coeficiente de ajuste do modelo indica uma velocidade de reequilíbrio diante de desvios temporais, o que sugere uma capacidade de adaptação relativamente rápida dos fluxos comerciais. Adicionalmente, o estudo identificou achados complementares sobre o impacto de disrupções econômicas e políticas nos padrões comerciais bilaterais. A pesquisa aporta uma perspectiva inovadora à literatura especializada sobre comércio agroalimentar na América Latina, fornecendo insights detalhados sobre a dinâmica comercial entre ambos os países em um setor de crucial importância econômica e estratégica. As conclusões oferecem implicações significativas para o desenho de políticas comerciais e agrícolas, especialmente em um contexto caracterizado por alta volatilidade econômica e transformações nas relações bilaterais. A análise constitui uma ferramenta valiosa para formuladores de políticas, acadêmicos e investidores interessados na compreensão das interconexões econômicas regionais.

Palavras-chave: comércio agroalimentar, exportações, importações, modelo de correção de erros, economia agroalimentar, comércio bilateral, Colômbia, Venezuela

1. INTRODUCCIÓN

El comercio agroalimentario entre Colombia y Venezuela ha sido históricamente un pilar fundamental en las relaciones económicas bilaterales de estos países vecinos. Sin embargo, en las últimas dos décadas, esta dinámica comercial ha experimentado fluctuaciones significativas, influenciadas por factores económicos, políticos y sociales que han afectado a ambas naciones (Gutiérrez, 2017). La comprensión de la relación de largo plazo entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia y las importaciones agroalimentarias de Venezuela es crucial para evaluar la interdependencia económica y la seguridad alimentaria en la región.

El comercio exterior agroalimentario puede definirse como el intercambio internacional de productos agrícolas, pecuarios y alimenticios entre países, que involucra la transferencia de bienes primarios y procesados a través de fronteras, con el objetivo de satisfacer demandas de consumo, impulsar el desarrollo económico sectorial y fortalecer la seguridad alimentaria regional (Rodríguez *et al.*, 2021; Rodríguez, 2021). Este tipo de comercio comprende no solo la transacción de materias primas agrícolas, sino también productos transformados, incluyendo carnes, lácteos, frutas, vegetales, aceites, preparaciones alimenticias y bebidas, que representan una parte fundamental del intercambio económico global.

El comercio agroalimentario entre Colombia y Venezuela ha desempeñado un rol fundamental en sus relaciones económicas, con un flujo constante de productos agrícolas (Gonzales *et al.*, 2023). Colombia ha sido un proveedor crucial para Venezuela, enviando productos como café, lácteos, carnes, frutas y vegetales, mientras que Venezuela ha exportado principalmente cacao y sus derivados (Castillo *et al.*, 2024). No obstante, este intercambio ha enfrentado numerosos desafíos debido a la crisis económica en Venezuela, los cierres fronterizos y la inestabilidad del tipo de cambio, lo que ha provocado una significativa reducción en los volúmenes comerciales (Yabar *et al.*, 2024).

A pesar de estas dificultades, en los últimos años se han realizado esfuerzos para reactivar el comercio agroalimentario, apoyados en la reapertura gradual de las fronteras y la necesidad compartida de garantizar el suministro de alimentos (Chaman *et al.*, 2023). Estas iniciativas buscan recuperar el impulso de un sector clave para la seguridad alimentaria de ambas naciones, promoviendo una integración comercial más sólida en el futuro (Benavides-Pupiales & Goyes-Eraso, 2024).

En los últimos años las economías de ingresos bajos y medios han incrementado su presencia en el comercio global de productos agroalimentarios, lo que ha generado la incorporación de nuevos participantes y un

aumento en las relaciones comerciales (Casanova-Al-Attrach & Omaña-Guerrero, 2022). La red de comercio alimentario internacional se ha vuelto más dispersa, con una creciente inclinación hacia el comercio regional debido a la cercanía geográfica y al fortalecimiento de la integración económica a través de Acuerdos Comerciales Regionales (ACR) (Borges-de-Souza *et al.*, 2023).

Actualmente el 70% del comercio agroalimentario consiste en productos procesados, tales como carnes, aceites, grasas, vinos, quesos y diversas preparaciones alimenticias. También ha crecido el uso de Medidas No Arancelarias (MNA) aplicadas a productos agrícolas, alcanzando un promedio de ocho medidas por producto, en comparación con menos de dos en el sector manufacturero u otros sectores (Leyva-Ricardo & Pancorbo-Sandoval, 2024). A pesar de los impactos recientes, el comercio agroalimentario ha demostrado ser resiliente, aunque los efectos han sido desiguales entre los países de América Latina y el Caribe (ALC) (Eslava-Zapata *et al.*, 2024).

El comercio bilateral abre nuevas posibilidades de mercado, brindando condiciones preferenciales que facilitan el acceso de sus productos a oportunidades comerciales más amplias. Este proceso no solo beneficia la exportación de bienes con alto potencial, sino que también mejora el abastecimiento de insumos clave (Eslava-Zapata *et al.*, 2024). Al fomentar un entorno comercial más eficiente se asegura la disponibilidad de productos de mejor calidad y a precios más competitivos, lo que refuerza tanto la productividad interna como la competitividad global de las naciones involucradas (Ramos *et al.*, 2024). Asimismo, el fortalecimiento de estas relaciones bilaterales promueve la diversificación de las exportaciones y atrae inversiones, impulsando un desarrollo económico sostenible a largo plazo.

El comercio bilateral entre Colombia y Venezuela ha pasado por importantes altibajos entre 2004 y 2023, con fases de cooperación intensa y momentos de tensiones políticas que impactaron sus relaciones comerciales. En los ambos países. Factores como el cierre de fronteras, los controles cambiarios y la

devaluación del bolívar afectaron las exportaciones de Colombia, mientras que la situación interna de Venezuela limitó su capacidad de compra. En los últimos años ha habido intentos de reactivar las relaciones comerciales, con esfuerzos para reabrir las fronteras y reavivar el flujo económico, impulsados por la voluntad de ambos gobiernos de mejorar sus intercambios. Este periodo destaca la compleja interdependencia entre los dos países, donde las decisiones políticas y económicas han jugado un papel crucial en el desarrollo del comercio bilateral.

Estudios previos han abordado diversos aspectos del comercio bilateral entre Colombia y Venezuela. Por ejemplo, Beltrán & Piñeros (2013) analizaron el impacto de las políticas comerciales en el flujo de bienes agrícolas entre ambos países. Sin embargo, existe una brecha en la literatura en cuanto al análisis econométrico de la relación de largo plazo entre las exportaciones agroalimentarias colombianas y las importaciones venezolanas, especialmente considerando el período turbulento de 2004 a 2023.

El comercio entre Colombia y Venezuela ha experimentado momentos de auge y crisis debido a acontecimientos políticos y económicos que han acontecido en los últimos veinte años. El comportamiento económico entre ambos países ha sido muy vulnerable, marcado por la búsqueda de bienes sustitutos y nuevos mercados para comercializar los productos, lo que ha impactado en las importaciones por parte de Venezuela y en las exportaciones por parte de Colombia (García *et al.*, 2023). De ahí que el mercado se ha visto afectado no precisamente por la competitividad, sino más bien por las políticas económicas establecidas por Colombia y Venezuela, las cuales han incidido en el comercio tanto en el corto como en el largo plazo (Gómez-Chaves *et al.*, 2024).

La teoría económica sugiere que, en condiciones de libre mercado, existe una relación de equilibrio a largo plazo entre las exportaciones e importaciones de países socios comerciales (Johansen, 1988). No obstante, en el caso de Colombia y Venezuela esta relación puede verse alterada por factores como la inestabilidad política, las fluctuaciones en los

tipos de cambio y las políticas proteccionistas (Bittencourt & Mosquera, 2021). En este sentido, el estudio buscó llenar este vacío en la literatura mediante la aplicación de un Modelo de Corrección de Errores (ECM) para analizar la relación de largo plazo entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia y las importaciones agroalimentarias de Venezuela. Este enfoque, fundamentado en el trabajo de Engle & Granger (1987) sobre cointegración, permite examinar tanto la dinámica de corto plazo como el ajuste hacia el equilibrio de largo plazo en las series temporales.

Con base en estas consideraciones, el objetivo general de esta investigación fue determinar la existencia y naturaleza de la relación de largo plazo entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia y las importaciones agroalimentarias de Venezuela durante el período 2004-2023. Con este propósito, se identificó el orden de integración de las series temporales de exportaciones e importaciones agroalimentarias, se verificó la existencia de cointegración entre las variables de interés y se estimó un ECM para cuantificar la dinámica de corto y largo plazo. Cabe destacar que este estudio contribuirá a una comprensión más profunda de la dinámica comercial agroalimentaria entre Colombia y Venezuela, proporcionando perspectivas valiosas para la formulación de políticas comerciales y agrícolas en ambos países.

2. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el estudio sobre la relación de largo plazo entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia y las importaciones agroalimentarias de Venezuela durante el período 2004-2023, se empleó una metodología cuantitativa basada en el análisis econométrico de series temporales. El proceso de investigación se desarrolló en varias etapas, que se describen a continuación:

2.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

Se recopilaron datos anuales para el período 2004-2023 de las siguientes fuentes:

- Exportaciones agroalimentarias de Colombia a Venezuela: Departamento

Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de Colombia.

- Importaciones agroalimentarias totales de Venezuela: Banco Central de Venezuela (BCV) e Instituto Nacional de Estadística (INE) de Venezuela.

- Variables de control: Banco Mundial (para PIB), Fondo Monetario Internacional (para tipos de cambio), y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para índices de precios de alimentos.

2.1.1. PREPARACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE DATOS

Las series temporales se ajustaron por inflación utilizando el deflactor del PIB de cada país. Además, se aplicó una transformación logarítmica para estabilizar la varianza y linealizar las relaciones entre variables.

2.1.2. PANÁLISIS DE ESTACIONARIEDAD

Se realizaron pruebas de raíz unitaria, específicamente la prueba Aumentada de Dickey-Fuller (ADF) y la prueba de Phillips-Perrón (PP), para determinar el orden de integración de las series temporales. La prueba ADF se basa en la hipótesis nula de que una serie de tiempo tiene una raíz unitaria (es no estacionaria), mientras que la prueba PP es una modificación de la prueba ADF que tiene en cuenta la posible correlación serial en los términos de error.

2.1.3. ANÁLISIS DE COINTEGRACIÓN

Se aplicó la prueba de Johansen para verificar la existencia de una relación de cointegración entre las variables de interés, utilizando el software econométrico R versión 4.4.1.

2.1.4. ESTIMACIÓN DEL ECM

Se estimó un ECM utilizando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios en dos etapas, siguiendo el enfoque de Engle & Granger (1987). Este modelo permitió capturar tanto la dinámica de corto plazo como la relación de equilibrio a largo plazo.

Esta metodología permitió realizar un análisis riguroso de la relación de largo plazo entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia y las importaciones agroalimentarias

de Venezuela, proporcionando una base sólida para la interpretación de los resultados y la formulación de conclusiones.

3. RESULTADOS

3.1. ORDEN DE INTEGRACIÓN DE LAS SERIES TEMPORALES DE EXPORTACIONES E IMPORTACIONES AGROALIMENTARIAS

3.1.1. ANÁLISIS DE ESTACIONARIEDAD

En relación con el ajuste del modelo, se constató que este explica aproximadamente el 28,50% de la variabilidad en LOG_X (Tabla 1). La correlación entre LOG_X y el año resultó ser moderada (0,533).

Tabla 1
Medidas de ajuste del modelo

Modelo	R	R ²
1	0,533	0,285

El coeficiente β resultó ser negativo (-0,0415), lo que confirma una tendencia decreciente en LOG_X a lo largo del tiempo. En promedio, LOG_X disminuye aproximadamente un 4,15% por año. A diferencia del análisis preliminar, este resultado da cuenta que la tendencia es estadísticamente significativa al nivel del 5,00% (con $p = 0,041 < 0,05$). Por lo tanto, este resultado fortalece la evidencia de que existe una tendencia real en los datos. La presencia de una tendencia significativa es una fuerte

indicación de que la serie LOG_X no es estacionaria, lo que viola la condición de estacionariedad que requiere una media constante a lo largo del tiempo (Tabla 2).

El R² de **0,285** sugiere que el tiempo (año) explica el 28,50% de la variabilidad en LOG_X. Si bien esto indica la existencia de una relación moderada, también sugiere que hay otros factores importantes que influyen en las exportaciones agroalimentarias de Colombia a Venezuela. La tendencia decreciente significativa en LOG_X implica que las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela han disminuido consistentemente durante el periodo de estudio. Esto podría reflejar cambios en las relaciones comerciales, las políticas económicas o las condiciones de mercado entre los dos países. La no estacionariedad de LOG_X confirma la necesidad de proceder con el análisis de cointegración y la construcción de un modelo de corrección de errores para examinar la relación de largo plazo con las importaciones de Venezuela.

Los resultados de las pruebas de Dickey-Fuller aumentado (ADF) y Phillips-Perrón (PP), indican que tanto LOG_X como LOG_M son no estacionarios en niveles, con valores p superiores a 0,05 en todos los casos. Así mismo, los estadísticos de las pruebas confirman la presencia de raíces unitarias, lo que justifica la necesidad de la diferenciación para lograr la estacionariedad (Tabla 3).

Tabla 2
Coefficientes del Modelo - LOG_X

Predictor	Estimador	EE	Valor t	p
Constante	91.857	36,8059	2,49	0,027
Año	-0,0415	0,0183	-2,27	0,041

Notas. La ecuación del modelo es: $LOG_X = 91,8157 - 0,0415 \text{ año}$
El coeficiente es estadísticamente significativo al nivel del 5% ($p < 0,05$)

Tabla 3
Resultados de las pruebas de Dickey-Fuller aumentada (ADF) y Phillips-Perrón (PP)

Variable	Prueba	Estadístico	Orden de rezago	p-valor
LOG_X	ADF	-2,44	2	0,4029
LOG_M	ADF	0,40	2	0,2572
LOG_X	PP	-12,34	2	0,3184
LOG_M	PP	-11.916,00	2	0,3468

3.1.2. IMPLICACIONES ECONÓMICAS Y ECONÓMICAS DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DICKEY-FULLER AUMENTADA (ADF) Y PHILLIPS-PERRÓN (PP)

Los resultados de las pruebas de Dickey-Fuller aumentado (ADF) y Phillips-Perrón (PP) indican que tanto *LOG_X* como *LOG_M* son no estacionarios en niveles, con valores *p* superiores a 0,05 en todos los casos. Los estadísticos de las pruebas confirman la presencia de raíces unitarias, lo que justifica la necesidad de la diferenciación para lograr la estacionariedad (Tabla 3). Esto tiene varias implicaciones económicas y econométricas:

- Persistencia de *shocks*: la no estacionariedad en ambas series sugiere que los shocks en las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela y en las importaciones agroalimentarias de Venezuela desde Colombia tienen efectos persistentes a lo largo del tiempo. Esto implica que perturbaciones en el comercio bilateral pueden tener consecuencias duraderas en los flujos comerciales.

- Tendencias estocásticas: la presencia de raíces unitarias indica que ambas series exhiben tendencias estocásticas. Esto significa que los niveles futuros de exportaciones e importaciones son difíciles de predecir basándose únicamente en valores pasados, ya que no tienden a revertir a una media constante.

- Riesgo de regresiones espurias: la no estacionariedad de ambas series advierte sobre el riesgo de obtener relaciones espurias si se utilizan estas variables en niveles en modelos de regresión estándar. Esto refuerza la necesidad de emplear técnicas de cointegración o diferenciar las series para evitar inferencias erróneas.

- Necesidad de diferenciación: por lo tanto, para lograr la estacionariedad será necesario diferenciar ambas series al menos una vez. Esto sugiere que ambas variables son probablemente integradas de orden 1, *I* (1), lo cual es común en muchas series económicas. La identificación de estas series como probablemente *I* (1) es crucial para la correcta especificación del modelo econométrico objeto de estimación en esta investigación y para entender la naturaleza de la relación entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia y las importaciones de Venezuela. Esta

característica sugiere el uso de técnicas apropiadas para series no estacionarias, asegurando que el análisis capture adecuadamente la dinámica temporal del comercio bilateral agroalimentario entre estos dos países (Kwaku-Afesorgbor & Beaulieu, 2021).

- Potencial de cointegración: dado que ambas series parecen ser *I* (1), existe la posibilidad de que estén cointegradas. Esto implicaría la existencia de una relación de equilibrio a largo plazo entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia y las importaciones agroalimentarias de Venezuela, justificando el uso de un modelo de ECM.

- Implicaciones para la política comercial: la no estacionariedad sugiere que las políticas comerciales o los shocks económicos podrían tener efectos duraderos en los flujos comerciales entre Colombia y Venezuela en el sector agroalimentario. Esto subraya la importancia de considerar los efectos a largo plazo de las decisiones de política comercial.

3.1.3. PRUEBA DE PRIMERAS DIFERENCIAS PARA VALIDAR LA ESTACIONARIEDAD

El estadístico ADF (-1,8174) no es lo suficientemente negativo y el *p*-valor (0,6419) es considerablemente mayor que el nivel de significancia convencional de 0,05. Esto sugiere que no se puede rechazar la hipótesis nula de no estacionariedad para las exportaciones *Log_X*. El estadístico ADF (para la variable *LOG_M*) es más negativo y el *p*-valor (0,04007) es menor que 0,05, lo que permite rechazar la hipótesis nula de no estacionariedad al nivel de significancia del 5,00% (Tabla 4).

Tabla 4
Resultados prueba Augmented Dickey-Fuller Test

	Logx_dif	Logm_dif
Dickey-Fuller	-18.174	-3.739
Orden de rezago	2	2
Valor <i>p</i>	0,6419	0,04007
Hipótesis alternativa	Estacionaria	Estacionaria

Para la Prueba Phillips-Perrón el estadístico *Z*(Alpha) es más negativo, en tanto que el *p*-

Tabla 5
Resultados prueba Phillips-Perrón Unit Root Test

	Logx_dif	Logm_dif
Dickey-Fuller Z(Alpha)	-15,41	-11.018
Parámetro de truncamiento del rezago	2	2
Valor ρ	0,1128	0,407
Hipótesis alternativa	Estacionaria	Estacionaria

valor (0,1128) sigue siendo mayor que 0,05 (LOG_X), corroborando el resultado de la prueba ADF. Contrariamente a la prueba ADF, el p-valor de la prueba PP (0,407) es mayor que 0,05 (LOG_M), sugiriendo que no se puede rechazar la hipótesis nula de no estacionariedad (Tabla 5).

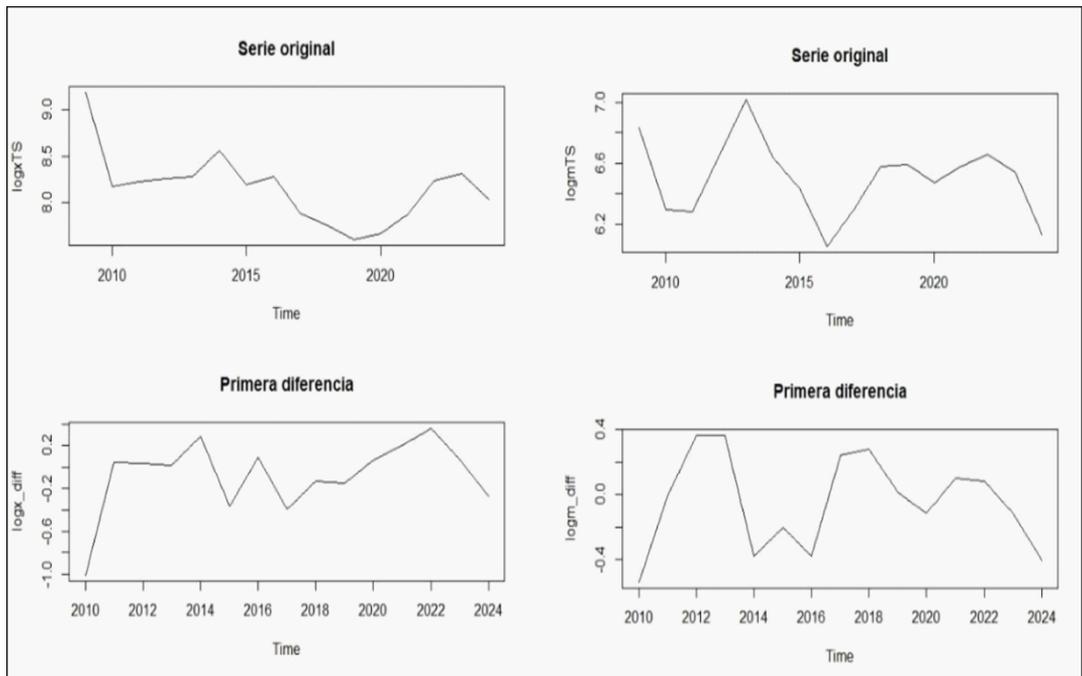
La Figura 1 de la serie original de Log_X muestra una tendencia decreciente general con fluctuaciones considerables. La serie de primeras diferencias ($Logx_dif$) exhibe una volatilidad más pronunciada alrededor de una media que parece más constante, aunque aún se observan algunos patrones cíclicos y posibles cambios en la varianza.

Por su parte, la serie original de $LogmTS$ muestra una tendencia ligeramente decreciente con fluctuaciones menos pronunciadas que $LogxTS$. La serie de primeras diferencias ($Logm_dif$) exhibe un comportamiento más errático alrededor de una media que parece más constante, aunque aún se observan algunos patrones cíclicos.

3.1.4. PIMPLICACIONES ECONÓMICAS Y ECONOMÉTRICAS DE LA PRUEBA DE ESTACIONALIDAD

Los resultados revelan una complejidad considerable en la dinámica temporal del comercio agroalimentario entre Colombia y

Figura 1
Prueba de primeras diferencias para validar la estacionariedad LOG_X



Venezuela. La persistente no estacionariedad en las exportaciones y la ambigüedad en las importaciones sugieren la necesidad de un enfoque econométrico sofisticado que pueda capturar adecuadamente estas dinámicas complejas. Entre las principales implicaciones económicas y econométricas se encuentran:

- Persistencia de no estacionariedad en exportaciones. Las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela podrían estar sujetas a *shocks* con efectos muy duraderos o a cambios estructurales frecuentes. Esto podría reflejar la volatilidad del entorno político y económico entre ambos países, así como posibles cambios en las políticas comerciales o en la estructura productiva del sector agroalimentario colombiano.

- Ambigüedad en la estacionariedad de importaciones. La discrepancia entre las pruebas ADF y PP para la serie de importaciones plantea un desafío interpretativo. El resultado podría indicar la presencia de componentes de media móvil en la serie, a los cuales la prueba PP es más sensible. Económicamente, esto sugiere que las importaciones agroalimentarias de Venezuela desde Colombia podrían tener una dinámica más compleja, posiblemente influenciada por factores de corto plazo como fluctuaciones en la demanda interna venezolana o cambios en las políticas de importación.

- Asimetrías en el comercio bilateral. La diferencia en el comportamiento estadístico entre exportaciones e importaciones sugiere asimetrías en el comercio agroalimentario bilateral. Este resultado podría reflejar diferencias en las estructuras de mercado, en las políticas comerciales o en la sensibilidad a factores macroeconómicos entre ambos países.

- Consideraciones de política económica. La persistencia de *shocks* en las exportaciones sugiere que las políticas comerciales y agrícolas entre Colombia y Venezuela podrían tener efectos a muy largo plazo. Esto resalta la importancia de una planificación cuidadosa y de largo alcance en las relaciones comerciales bilaterales.

- Volatilidad y gestión de riesgos. La volatilidad observada en ambas series, especialmente en sus primeras diferencias, subraya la necesidad de estrategias robustas de

gestión de riesgos para los actores del sector agroalimentario involucrados en el comercio bilateral.

3.2. EXISTENCIA DE COINTEGRACIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE INTERÉS

3.2.1. VECTORES DE COINTEGRACIÓN

Para el análisis de cointegración se realizó la Prueba de Johansen para determinar la existencia de relaciones de cointegración entre series temporales. En este caso se efectuó una prueba de traza sin tendencia lineal y con constante en la cointegración. Los valores propios (*lambda*) son fundamentales en la prueba de cointegración de Johansen, ya que proporcionan información sobre la presencia y el número de relaciones de cointegración entre las series temporales. Al respecto, se desglosaron y analizaron los valores propios obtenidos. Los resultados de los valores propios (*lambda*) en la prueba de Johansen fueron: $\lambda_1 = 0,6646186$; $\lambda_2 = 0,1301232$ y $\lambda_3 = -1,130708$.

El resultado de la $\lambda_1 = 0,6646186$, sugiere una fuerte relación de cointegración entre las exportaciones e importaciones agroalimentarias. La magnitud de este valor indica que las dos series temporales están cointegradas, lo que implica que se mueven juntas a largo plazo. Mientras tanto, los resultados de la $\lambda_2 = 0,1301232$ y $\lambda_3 = -1,130708$ corresponden a valores propios significativamente menores, lo que indica que no hay más relaciones de cointegración adicionales.

La prueba de traza sugiere que no se puede rechazar la hipótesis nula de no cointegración para ($r \leq 1$) ya que la estadística de prueba (1,95) es menor que los valores críticos. Sin embargo, para ($r = 0$), la estadística de prueba (17,25) es menor que los valores críticos al 10,00%, 5,00% y 1,00%, lo que indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la

Tabla 6
Valores de la estadística de prueba y valores críticos

	Test	10pct	5pct	1pct
$r \leq 1$	1,95	7,52	9,24	12,97
$r = 0$	17,25	17,85	19,96	24,60

hipótesis nula de no cointegración en este nivel (Tabla 6).

Los vectores de cointegración son fundamentales para entender las relaciones a largo plazo entre las series temporales. En el caso de este estudio se analizan las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela y las importaciones agroalimentarias de Colombia desde Venezuela. Los vectores de cointegración proporcionan las relaciones lineales que mantienen las series temporales en equilibrio a largo plazo. Los vectores de cointegración muestran cómo las exportaciones e importaciones se relacionan entre sí. Por ejemplo, un coeficiente negativo en el vector de cointegración sugiere que un aumento en las exportaciones puede estar asociado con una disminución en las importaciones, y viceversa (Zhang *et al.*, 2023).

Los vectores de cointegración proporcionan una visión detallada de las relaciones a largo plazo entre las exportaciones e importaciones agroalimentarias entre Colombia y Venezuela. La relación inversa significativa y los niveles base de comercio resaltan la importancia de considerar tanto las políticas comerciales como los factores estructurales al analizar y planificar el comercio agroalimentario entre estos dos países. Estos resultados son valiosos para los formuladores de políticas y los economistas que buscan promover un comercio equilibrado y sostenible (Wahab, 2024).

Los vectores de la Tabla 7 representan las relaciones de cointegración entre las series temporales. La primera columna está normalizada a 1, en tanto que las restantes columnas muestran las relaciones relativas. En este sentido, de la Tabla 8 se desprende lo siguiente:

- $\log xTS.I2$ (1,000000): este coeficiente está normalizado a 1, lo que significa que es la variable de referencia.

- $\log mTS.I2$ (-7,735531): este coeficiente negativo indica que un aumento en las importaciones agroalimentarias de Colombia desde Venezuela ($\log mTS.I2$) está asociado con una disminución en las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela ($\log xTS.I2$). Específicamente, por cada unidad de aumento en las importaciones, las exportaciones disminuyen en aproximadamente 7,74 unidades.

- *Constante* (42.325702): este término constante sugiere que hay un nivel base de exportaciones que no está relacionado directamente con las importaciones. Este nivel base puede estar influenciado por otros factores económicos, políticos o estructurales.

- $\log xTS.I2$ (1,00000000): nuevamente, este coeficiente está normalizado a 1.

- $\log mTS.I2$ (-0,07735395): este coeficiente negativo, aunque mucho menor en magnitud que el anterior, indica una relación inversa entre las importaciones y las exportaciones. Sin embargo, la magnitud menor sugiere que esta relación es más débil.

- *Constante* (-7,54563701): este término constante negativo sugiere que hay un nivel base de importaciones que no está relacionado directamente con las exportaciones.

- $\log xTS.I2$ (1,00000000): este coeficiente está normalizado a 1.

- $\log mTS.I2$ (0,09111009): este coeficiente positivo indica que un aumento en las importaciones está asociado con un aumento en las exportaciones, aunque la magnitud es pequeña.

- *Constante* (-9,99498103): este término constante negativo sugiere que hay un nivel base de las variables que no está relacionado directamente con las otras variables.

3.2.2. IMPLICACIONES ECONÓMICAS DE LOS VECTORES DE COINTEGRACIÓN

Entre las implicaciones económicas de los vectores de integración se encuentran:

- La relación inversa significativa entre las exportaciones e importaciones agroalimentarias sugiere que cuando Colombia aumenta sus importaciones agroalimentarias desde Venezuela, sus exportaciones agroalimentarias hacia Venezuela tienden a disminuir. Esto podría deberse a varios factores, como la sustitución

Tabla 7
Vectores de cointegración

	$\log xTS.I2$	$\log mTS.I2$	Constant
$\log xTS.I2$	1,0000000	1,0000000	1,0000000
$\log mTS.I2$	-7,7355310	-0,0773540	0,0911101

de productos locales colombianos por productos importados desde Venezuela, o cambios en la demanda y oferta tanto en Colombia como en Venezuela.

- Los términos constantes en los vectores de cointegración indican que hay niveles base de exportaciones e importaciones que no están directamente relacionados con las fluctuaciones en las otras variables. Estos niveles base pueden estar influenciados por factores estructurales, como acuerdos comerciales, políticas gubernamentales y condiciones económicas generales.

- Los resultados sugieren que las políticas comerciales que afectan las importaciones pueden tener un impacto significativo en las exportaciones y viceversa. Por lo tanto, los formuladores de políticas deben considerar estas interdependencias al diseñar estrategias comerciales. Un ejemplo de ello puede ser incentivar la producción local para reducir la dependencia de importaciones podría tener un efecto positivo en las exportaciones.

- La existencia de una relación de cointegración sugiere que, a pesar de las fluctuaciones a corto plazo, las exportaciones e importaciones tienden a moverse juntas a largo plazo. Esto es un indicativo de una relación comercial estable y sostenible entre Colombia y Venezuela en el sector agroalimentario.

3.2.3. MATRIZ DE CARGA (WEIGHTS W)

La Matriz de Carga (Weights W) en el contexto de un modelo de cointegración es crucial para entender cómo las desviaciones de la relación de cointegración afectan a las variables en el corto plazo. En este caso, se analizan las exportaciones agroalimentarias de Colombia a Venezuela ($\log xTS$) y las importaciones agroalimentarias de Colombia desde Venezuela ($\log mTS$). La Matriz de Carga indica la velocidad de ajuste de las exportaciones e importaciones hacia el equilibrio de cointegración. Coeficientes más grandes en valor absoluto sugieren un ajuste más rápido. Un ajuste rápido puede ser indicativo de un mercado ágil y adaptable, mientras que un ajuste lento puede sugerir rigideces estructurales o barreras comerciales que dificultan la adaptación. En la Tabla 8 se aprecian los resultados. Al respecto la

Tabla 8
Matriz de Carga

$\log xTS.I2$	$\log mTS.I2$	Constante
-0,06119707	-0,2498561	4,03549E-09
0,14406612	-0,1395319	-2,69124E-09

interpretación Económica de la Matriz de Carga es la siguiente:

- $\log xTS.d$ (exportaciones agroalimentarias de Colombia a Venezuela):

- o $\log xTS.I2$: el coeficiente de -0,06119707 indica que las desviaciones de la relación de cointegración tienen un efecto negativo en la tasa de cambio de las exportaciones agroalimentarias. Esto sugiere que, si las exportaciones están por encima de su nivel de equilibrio a largo plazo, tenderán a disminuir en el corto plazo para corregir esta desviación.

- o $\log mTS.I2$: el coeficiente de -0,2498561 indica que un aumento en las importaciones agroalimentarias desde Venezuela está asociado con una disminución en la tasa de cambio de las exportaciones agroalimentarias. Esto podría reflejar una relación de sustitución entre las exportaciones e importaciones agroalimentarias.

- $\log mTS.d$ (importaciones agroalimentarias de Colombia desde Venezuela):

- o $\log xTS.I2$: el coeficiente de 0,14406612 sugiere que un aumento en las exportaciones agroalimentarias está asociado con un aumento en la tasa de cambio de las importaciones agroalimentarias. Esto podría indicar una relación complementaria, donde un aumento en las exportaciones fomenta un aumento en las importaciones.

- o $\log mTS.I2$: el coeficiente de -0,1395319 indica que las desviaciones de la relación de cointegración tienen un efecto negativo en la tasa de cambio de las importaciones agroalimentarias. Similar a lo que ocurre con las exportaciones, si las importaciones están por encima de su nivel de equilibrio a largo plazo, tenderán a

disminuir en el corto plazo para corregir esta desviación.

3.2.4. IMPLICACIONES ECONÓMICAS DE LA MATRIZ DE CARGA

Entre las implicaciones económicas de la Matriz de Carga se encuentran las siguientes:

- La relación negativa entre las exportaciones e importaciones en la matriz de carga sugiere una dinámica de sustitución, donde un aumento en una variable está asociado con una disminución en la otra. Esto podría reflejar cambios en la demanda y oferta interna de productos agroalimentarios.

- La relación positiva entre las exportaciones y la tasa de cambio de las importaciones sugiere una dinámica complementaria, donde un aumento en las exportaciones puede fomentar un aumento en las importaciones. Esto posiblemente se debe a la interdependencia de las cadenas de suministro agroalimentarias entre ambos países.

- Los coeficientes negativos en la matriz de carga indican que tanto las exportaciones como las importaciones tienden a ajustarse a su nivel de equilibrio a largo plazo cuando hay desviaciones. Esto es consistente con la teoría de cointegración, donde las variables cointegradas se ajustan para corregir cualquier desequilibrio a largo plazo.

- En suma, los resultados sugieren que las políticas comerciales que afectan a las exportaciones e importaciones agroalimentarias pueden tener efectos significativos en la dinámica de corto plazo de estas variables. Por ejemplo, una política que fomente las exportaciones podría tener un efecto indirecto en las importaciones y viceversa.

3.2.5. VERIFICACIÓN DE AUTOCORRELACIÓN EN LOS RESIDUOS

La ausencia de autocorrelación en los residuos del modelo de cointegración es crucial para validar la especificación del modelo. Esto sugiere que el modelo captura adecuadamente la relación a largo plazo entre las exportaciones e importaciones sin dejar patrones no explicados en los residuos. En cuanto a las implicaciones para la predicción, se puede decir que es un modelo bien especificado puede ser utilizado para realizar predicciones más precisas

sobre el comercio agroalimentario futuro entre Colombia y Venezuela, lo que es valioso para la planificación económica y la toma de decisiones estratégicas. Para verificar la autocorrelación en los residuos del modelo de cointegración se realizó un análisis gráfico de los residuos.

Este análisis es crucial para asegurar que los residuos no presentan autocorrelación, lo que indicaría que el modelo está bien especificado. La Figura 2 muestra la ACF para las series transformadas $\log xTS.d$ y $\log mTS.d$. El eje horizontal está etiquetado como «Lag» (retardo) y el eje vertical como «ACF», en tanto que las líneas horizontales punteadas representan los intervalos de confianza. Entre los principales resultados del ACF para $\log xTS.d$ relacionados con la autocorrelación de los residuos de la serie temporal transformada de las exportaciones agroalimentarias de Colombia a Venezuela se encuentran:

- La mayoría de los valores de ACF caen dentro de los intervalos de confianza, lo que sugiere que no hay autocorrelación significativa en los residuos de $\log xTS.d$.

- Este resultado indica que las desviaciones de la relación de cointegración no están correlacionadas en el tiempo para las exportaciones agroalimentarias de Colombia a Venezuela.

En cuanto a los resultados del ACF para $\log mTS.d$ relacionados con la autocorrelación de los residuos de la serie temporal transformada de las importaciones agroalimentarias de Colombia desde Venezuela se distinguen los siguientes:

- Los valores de ACF para $\log mTS.d$ también caen dentro de los intervalos de confianza, sugiriendo que no hay autocorrelación significativa en los residuos de $\log mTS.d$.

- Este resultado sugiere que las desviaciones de la relación de cointegración no están correlacionadas en el tiempo para las importaciones agroalimentarias de Colombia desde Venezuela.

Por lo expuesto, no hay evidencia de autocorrelación significativa en los residuos de las series $\log xTS.d$ y $\log mTS.d$, ya que los valores de ACF están dentro de los intervalos de confianza en la mayoría de los rezagos; asimismo, la ausencia de autocorrelación en los

residuos supone que el modelo de cointegración es adecuado y captura bien la dinámica de las series temporales.

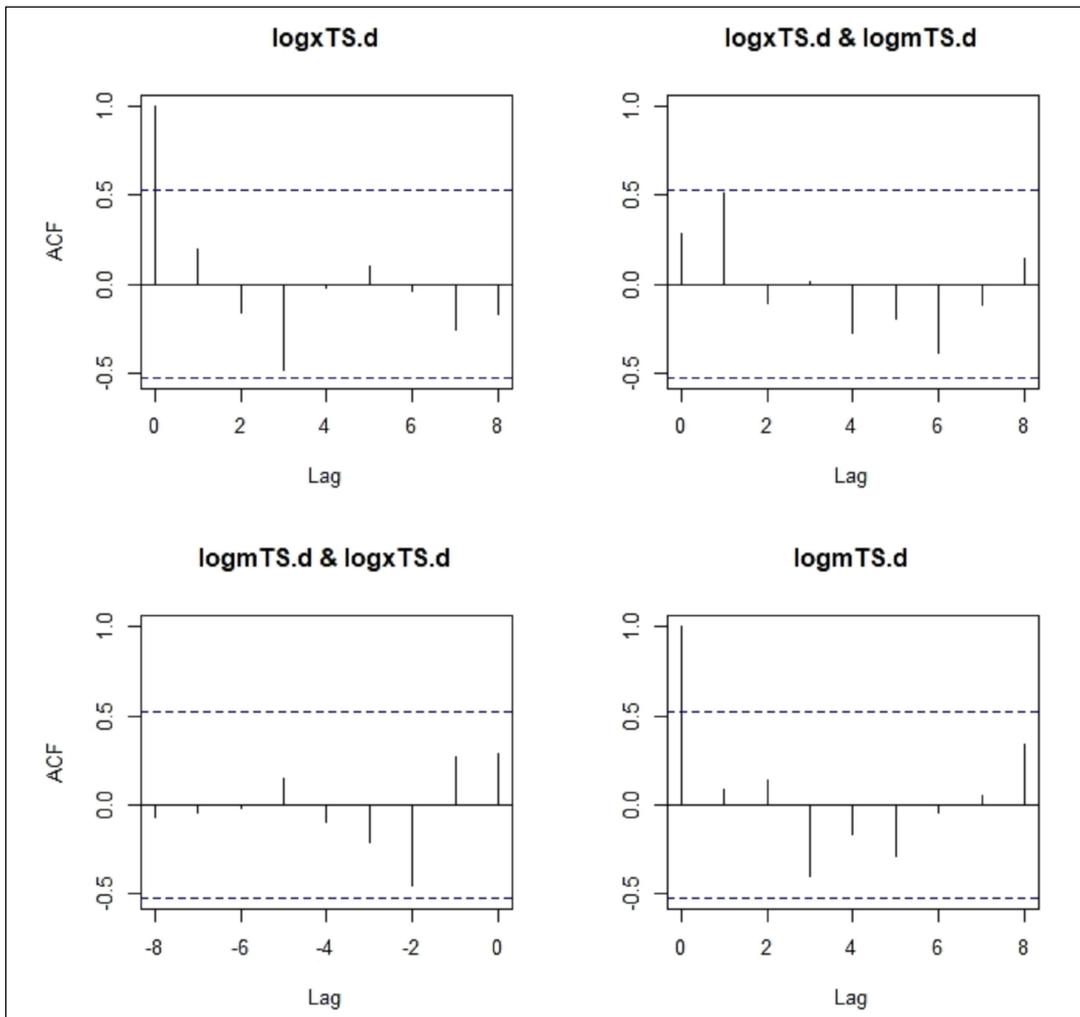
El análisis de cointegración ha revelado una relación significativa a largo plazo entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela y las importaciones agroalimentarias de Colombia desde Venezuela. Este hallazgo tiene importantes implicaciones económicas, sugiriendo una interdependencia estructural en el comercio agroalimentario entre ambos países. Los formuladores de políticas pueden utilizar estos resultados para diseñar estrategias que promuevan un comercio equilibrado y sostenible, considerando tanto las

oportunidades como los desafíos en el contexto económico y político actual. Los aspectos más relevantes que se destacan de la interpretación económica de la autocorrelación en los residuos son:

- La existencia de una relación de cointegración sugiere que las exportaciones e importaciones agroalimentarias entre Colombia y Venezuela están vinculadas a largo plazo. Esto puede deberse a la interdependencia económica entre ambos países en el sector agroalimentario.
- Las políticas comerciales y las barreras arancelarias pueden haber influido en esta relación. Por ejemplo, acuerdos comerciales favorables podrían haber fortalecido la relación

Figura 2

Residuos del modelo de cointegración



de cointegración, mientras que restricciones comerciales podrían haberla debilitado.

- La estabilidad económica y política en ambos países también juega un papel crucial. Por ejemplo, periodos de estabilidad pueden haber facilitado un comercio más fluido, mientras que, la inestabilidad puede haber causado fluctuaciones en las exportaciones e importaciones.

- En cuanto a las implicaciones para la política comercial, estos resultados pueden ser utilizados para diseñar estrategias que promuevan un comercio equilibrado y sostenible entre Colombia y Venezuela. Por ejemplo, políticas que incentiven la producción agroalimentaria local pueden reducir la dependencia de las importaciones.

3.2.4. IMPLICACIONES ECONÓMICAS DE LA AUTOCORRELACIÓN EN LOS RESIDUOS

Los gráficos de ACF (acrónimo inglés para una Función de Autocorrelación Simple) indican que no hay autocorrelación significativa en los residuos, lo que valida la adecuación del modelo de cointegración y proporciona una base sólida para el análisis económico y la toma de decisiones de política comercial. Entre las principales implicaciones económicas se encuentran:

- La falta de autocorrelación en los residuos sugiere que el modelo de cointegración es válido y adecuado para describir la relación entre las exportaciones e importaciones agroalimentarias entre Colombia y Venezuela. Esto refuerza la afirmación de que no hay una relación de cointegración significativa entre las variables analizadas.

- Las decisiones de política comercial basadas en este modelo pueden ser consideradas confiables, ya que el modelo captura adecuadamente la dinámica de las series temporales sin dejar patrones no explicados.

- Las políticas que afectan las exportaciones e importaciones agroalimentarias pueden ser diseñadas con mayor confianza en los resultados del modelo.

- La ausencia de autocorrelación en los residuos también sugiere que no es necesario ajustar el modelo actual o incluir variables adicionales para capturar la dinámica de corto plazo. Sin embargo, es importante

seguir monitoreando las series temporales y actualizar el modelo si se observan cambios significativos en las relaciones comerciales entre Colombia y Venezuela.

3.3. ESTIMACIÓN DEL MODELO DE CORRECCIÓN DE ERRORES PARA CUANTIFICAR LA DINÁMICA DE CORTO Y LARGO PLAZO

3.3.1. MODELO DE CORRECCIÓN DE ERRORES 1 (ECM1)

Se procedió a construir un modelo de regresión lineal utilizando las diferencias de las series. Este modelo examina la relación a corto plazo entre las variaciones en las exportaciones e importaciones agroalimentarias. El coeficiente de $\log m_diff(0,37547)$ sugiere que, en promedio, un aumento del 1% en la tasa de crecimiento de las importaciones está asociado con un aumento del 0,37547% en la tasa de crecimiento de las exportaciones. La constante negativa (-0,05919) indica una tendencia decreciente en las exportaciones cuando las importaciones no varían. Sin embargo, sin información sobre la significancia estadística, no es posible concluir sobre la robustez de estos efectos. El modelo de regresión lineal utilizando las diferencias de las series es (Ecuación 1):

$$\log x_{diff} = -0,05919 + 0,37547 \log m_{diff} \quad (1)$$

En segundo lugar, se estimó un modelo que incluyera los residuos como variable adicional. Este modelo fue crucial para el enfoque de Engle-Granger en la cointegración. El coeficiente de los residuos (1,00000) sugirió una corrección completa de los desequilibrios a largo plazo en cada período, un valor inusualmente alto, lo que podría indicar una especificación problemática del modelo. Los coeficientes para $\log m_diff$ y la constante son idénticos al modelo anterior, lo que indica consistencia en la estimación de la dinámica a corto plazo. El modelo que incluye los residuos como una variable adicional es el siguiente (Ecuación 2):

$$\log x_{diff} = -0,05919 + 0,37547 \log m_{diff} + 1,00000 residuals_{ecm} \quad (2)$$

El estadístico de prueba de Johansen (3,939 y 16,8999) sugiere la presencia de cointegración,

pero se necesitaría más información sobre los valores críticos para una interpretación definitiva. Los resultados de la prueba o test de Dickey-Fuller aumentado permiten examinar la estacionariedad de los residuos del modelo de cointegración. El coeficiente *z.lag.1* (**-0,41467**) representa la velocidad de ajuste hacia el equilibrio. El *p*-valor asociado (0,140) sugiere que no se puede rechazar la hipótesis nula de no estacionariedad al nivel de significancia convencional del 5,00%. Este resultado podría indicar la ausencia de una relación de cointegración, lo cual es preocupante para la validez del modelo ECM (Tabla 9). El *R*-cuadrado ajustado bajo (0,05906) y el *p*-valor del estadístico *F* (0,2855) indican que el modelo tiene un poder explicativo limitado.

En cuanto a los resultados del modelo ECM, el coeficiente de *DLOG_M* (**0,52597**), sugiere que a corto plazo un aumento del 1,00% en la tasa de crecimiento de las importaciones está asociado con un aumento del 0,52597% en la tasa de crecimiento de las exportaciones. Sin embargo, con un *p*-valor de 0,163 este efecto no es estadísticamente significativo al nivel convencional del 5,00% (Tabla 10).

El coeficiente de *residuos_coint_lag* (0,30820) representa la velocidad de ajuste hacia el equilibrio a largo plazo. Su valor positivo y no significativo (*p*-valor 0,406) es problemático, ya que se esperaría un coeficiente negativo y significativo para un modelo ECM válido. El *R*-cuadrado ajustado muy bajo (0,01624) y el *p*-valor del estadístico *F* (0,3595), indican que el modelo tiene un poder explicativo extremadamente limitado y no es estadísticamente significativo en su conjunto.

El modelo ECM (Figuras 3, 4, 5 y 6; Tabla 10) permite observar los siguientes detalles:

- *Residuos vs. Fitted*: la línea roja no es completamente horizontal, lo que sugiere una posible no linealidad en la relación. La dispersión de puntos no muestra un patrón claro, lo cual es positivo, pero hay algunos valores atípicos evidentes (Figura 3).

- *Q-Q Residual*: los puntos se desvían considerablemente de la línea diagonal, especialmente en los extremos, lo que indica que los residuos no siguen una distribución normal. Esto viola uno de los supuestos clave del modelo de regresión lineal (Figura 4).

Tabla 9

Test Dickey-Fuller (estacionariedad del modelo)

Coeficientes	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr(> t)
z.lag.1	-0,41467	0,26067	-1.591	0,140
z.diff.lag	0,06443	0,29996	0,215	0,834

Notas. Error estándar residual: 0,2584 con 11 grados de libertad

R-cuadrado múltiple: 0,2038

R-cuadrado ajustado: 0,05906

Estadístico *F*: 1,408 con 2 y 11 grados de libertad

Valor *p*: 0,2855

Tabla 10

Coefficientes del Modelo - LOG_X

Coeficientes	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr(> t)
(Intercept)	-0,03411	0,09310	-0,366	0,720
DLOG_M	0,52597	0,35382	1.487	0,163
residuos_coint_lag	0,30820	0,35796	0,861	0,406

Notas. Error estándar residual: 0,3379 con 12 grados de libertad

R-cuadrado múltiple: 0,1568

R-cuadrado ajustado: 0,01624

Estadístico *F*: 1,116 con 2 y 12 grados de libertad

Valor *p*: 0,3595

- *Scale-Location*: la línea roja no es horizontal y muestra una tendencia descendente, lo que sugiere heterocedasticidad (varianza no constante de los residuos). Esto viola otro supuesto importante del modelo de regresión lineal (Figura 5).

- *Residual vs. Leverage*: no se observan puntos fuera de las líneas de *Cook's distance*, lo que sugiere que no hay observaciones individuales que tengan una influencia desproporcionada en el modelo. Sin embargo, la presencia de algunos puntos con alto apalancamiento es preocupante (Figura 6).

Los resultados sugieren serias deficiencias en el modelo ECM propuesto. La falta de evidencia clara de cointegración, la no significancia de los coeficientes clave, sumados a las violaciones de los supuestos básicos del modelo de regresión lineal indican que este modelo no es adecuado para describir la relación entre las exportaciones e importaciones agroalimentarias de Colombia y Venezuela. Por lo tanto, se recomienda reconsiderar la especificación del modelo, posiblemente incluyendo variables adicionales relevantes, considerar transformaciones no

lineales de las variables, o explorar métodos alternativos de modelación de series temporales.

En virtud de los resultados obtenidos del primer modelo que analiza la relación entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela (*LOG_X*) y las importaciones agroalimentarias de Colombia desde Venezuela (*LOG_M*), se decidió incluir dos nuevas variables independientes: el logaritmo de la tasa representativa promedio en Colombia (*LOG_TRMPRO*) y el logaritmo del PIB de Colombia (*LOG_PIB*). Esta decisión se fundamentó en los siguientes puntos:

- Mejor ajuste del modelo: los resultados iniciales del modelo *LOG_X* versus *LOG_M* mostraron una relación significativa entre las exportaciones e importaciones agroalimentarias. Sin embargo, la inclusión de variables adicionales puede capturar mejor la complejidad de las interacciones económicas entre Colombia y Venezuela. Asimismo, la tasa representativa promedio y el PIB son variables macroeconómicas que influyen directamente en el comercio exterior. Incorporarlas permite

Figura 3

Residuos vs. Fitted

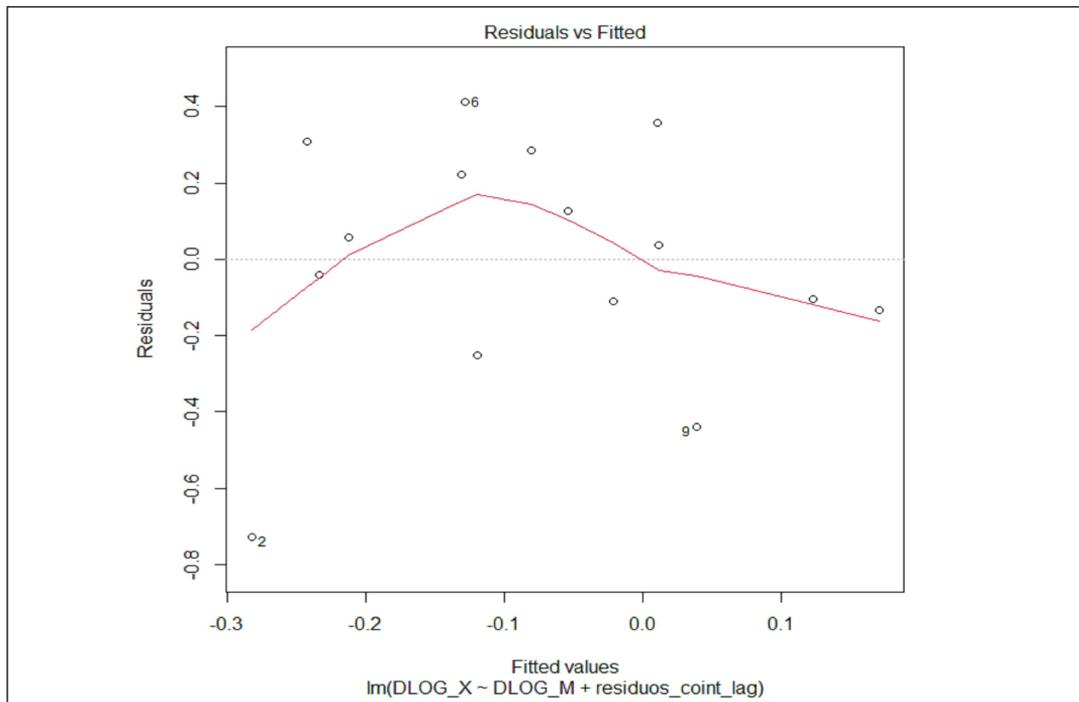


Figura 4
Q-Q Residual

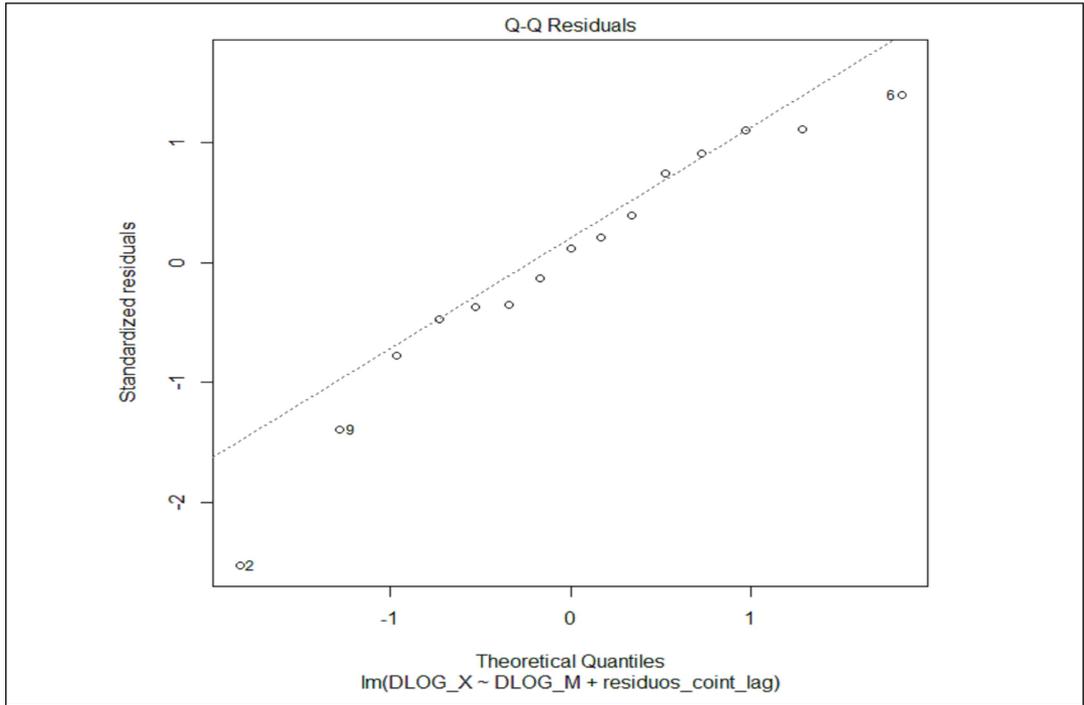


Figura 5
Scale-Location

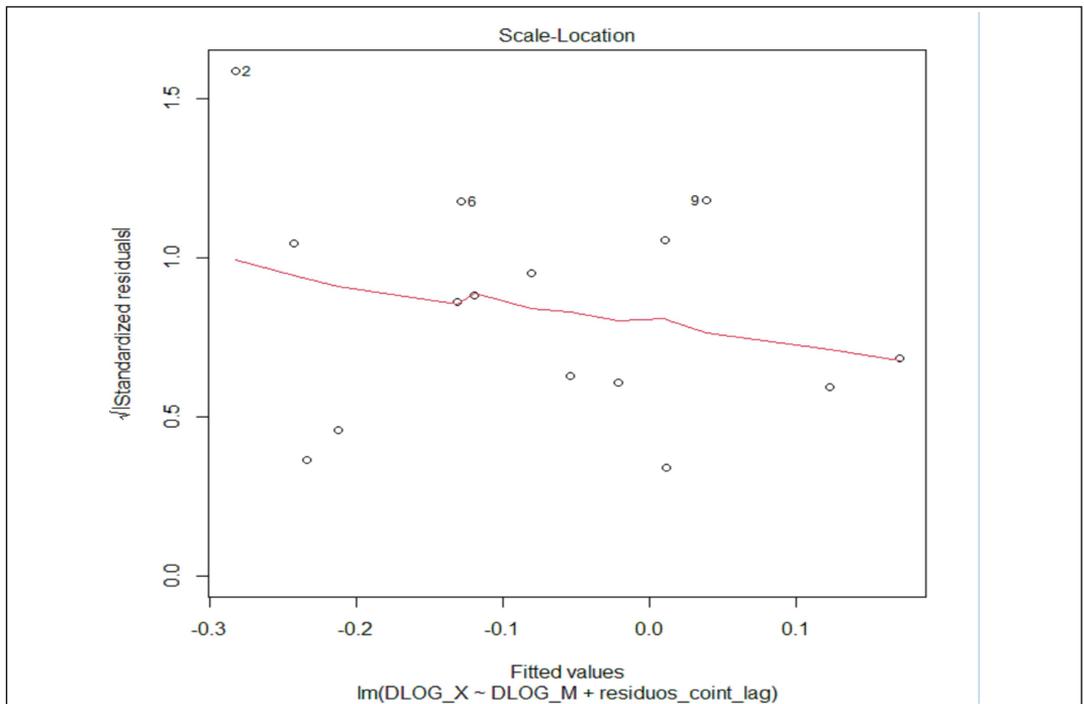
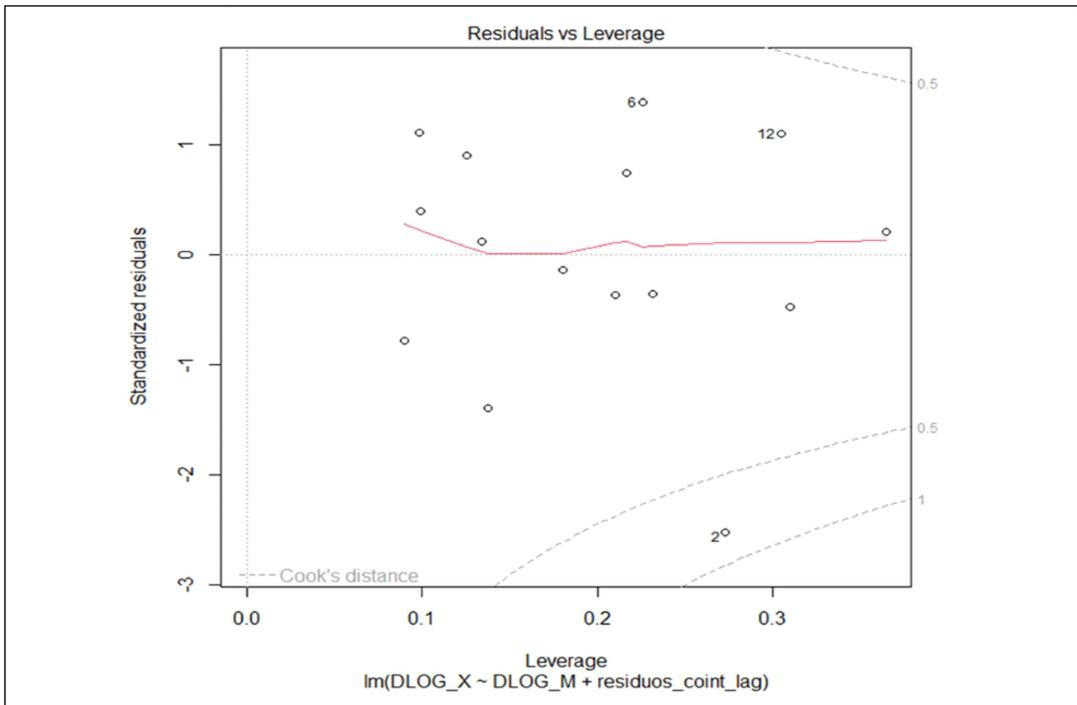


Figura 6
Residual vs. Leverage



un ajuste más preciso del modelo, reflejando de manera más fiel la realidad económica.

- Incremento en el poder de predicción: la inclusión de *LOG_TRMPRO* y *LOG_PIB* mejora el poder predictivo del modelo al considerar factores económicos clave que afectan el comercio agroalimentario. Esto permite realizar predicciones más precisas y confiables sobre las exportaciones e importaciones agroalimentarias. Un modelo con mayor poder de predicción es esencial para la formulación de políticas económicas y comerciales efectivas, así como para la toma de decisiones estratégicas por parte de los actores involucrados en el comercio agroalimentario.

- Captura de dinámicas económicas complejas: la tasa representativa promedio en Colombia (*LOG_TRMPRO*) refleja las condiciones del mercado cambiario, que pueden influir en la competitividad de las exportaciones e importaciones. Un tipo de cambio favorable puede incentivar las exportaciones, mientras que uno desfavorable

puede reducirlas. En este sentido, el PIB de Colombia (*LOG_PIB*) es un indicador del crecimiento económico general del país. Un PIB en crecimiento puede aumentar la capacidad de producción y exportación, así como la demanda de importaciones.

- Validación empírica: los resultados de las pruebas de cointegración y del Modelo de Corrección de Errores (ECM) han demostrado que la inclusión de *LOG_TRMPRO* y *LOG_PIB* proporciona una mejor comprensión de las relaciones de largo plazo y las dinámicas de corto plazo entre las variables estudiadas. Por lo tanto, la validación empírica de estos resultados respalda la robustez del modelo y su capacidad para capturar las interacciones económicas relevantes.

Por lo expuesto, la inclusión de las variables *LOG_TRMPRO* y *LOG_PIB* en el modelo no solo mejora su ajuste y poder de predicción, sino que también proporciona una visión más completa y detallada de las dinámicas económicas que influyen en el comercio agroalimentario entre Colombia y

Tabla 11

Análisis de cointegración, prueba de Johansen y eigenvalues (lambda)

9,61E+05	8,72E+05	7,15E+05	2,36E+05	3,14E-09
----------	----------	----------	----------	----------

Venezuela. Esta decisión está respaldada por la evidencia empírica y contribuye a la formulación de políticas y estrategias comerciales más informadas y efectivas.

3.3.2. MODELO DE CORRECCIÓN DE ERRORES 2 (ECM2)

En este nuevo modelo se incluyen las series estadísticas de la tasa representativa de mercado promedio (anualizada) de la relación pesos colombianos por dólares estadounidenses (US\$) y los resultados del Producto Interno Bruto (PIB) de Colombia a precios corrientes TRMPRO y PIB, ambas series de transformaron a través del cálculo del logaritmo para cada serie de datos, y su consecuente cálculo de serie de diferencias para regularizar la serie de tiempo.

3.3.2.1. Prueba de cointegración de Johansen

La prueba de Johansen se utilizó para determinar la existencia de relaciones de cointegración entre las variables. Los valores propios (*eigenvalues* o autovalores) de la Tabla 11 indican la presencia de relaciones de cointegración. Un valor propio cercano a 1 sugiere una fuerte relación de cointegración. En este caso, los tres primeros valores propios son bastante altos, lo que sugiere la existencia de múltiples relaciones de cointegración entre las variables.

El valor propio de **0,9605116** identifica la presencia de un valor propio alto que sugiere que hay al menos una relación de equilibrio a largo plazo entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela y las importaciones agroalimentarias de Colombia desde Venezuela, junto con las variables adicionales *TRM* y *PIB*.

Los valores propios obtenidos en la prueba de cointegración de Johansen indican la existencia de múltiples relaciones de cointegración entre las variables estudiadas. Los tres primeros valores propios, que son bastante altos, sugieren la presencia de relaciones de

equilibrio a largo plazo significativas entre las exportaciones e importaciones agroalimentarias de Colombia y Venezuela, así como las variables macroeconómicas *LOG_TRMPRO* y *LOG_PIB*. Los valores propios más bajos indican relaciones de cointegración adicionales, pero menos influyentes (Tabla 12). Estos resultados son cruciales para entender la dinámica de largo plazo entre las variables y para la formulación de políticas económicas y comerciales informadas.

Tabla 12

Análisis de cointegración: estadístico de prueba y valores críticos de la prueba

	test	10pct	5pct	1pct
r <= 3	3,76	7,52	9,24	12,97
r <= 2	21,36	17,85	19,96	24,60
r <= 1	50,15	32,00	34,91	41,07
r = 0	95,39	49,65	53,12	60,16

Estos resultados indican la presencia de al menos una relación de cointegración entre las variables, ya que los valores del estadístico de prueba superan los valores críticos en varios niveles de significancia. Asimismo, los resultados de los valores del estadístico de prueba y los valores críticos en la prueba de cointegración de Johansen indican la existencia de múltiples relaciones de cointegración entre las variables estudiadas. Específicamente se distingue que: ≤

- No hay evidencia suficiente para afirmar que existe una cuarta relación de cointegración (r 3).
- Hay al menos tres relaciones de cointegración (r 2).
- Hay al menos dos relaciones de cointegración (r 1).
- Hay al menos una relación de cointegración (r = 0).

Los resultados obtenidos son cruciales para entender las relaciones de largo plazo entre las exportaciones e importaciones agroalimentarias

de Colombia y Venezuela, así como las variables macroeconómicas *LOG_TRMPRO* y *LOG_PIB*. La existencia de múltiples relaciones de cointegración sugiere que las variables están interrelacionadas a largo plazo, lo que tiene implicaciones importantes para la formulación de políticas económicas y comerciales.

3.3.2.2. *Vectores de cointegración*

Estos vectores representan las relaciones de equilibrio a largo plazo entre las variables. Los vectores de cointegración obtenidos en la prueba de Johansen proporcionan una visión detallada de las relaciones de equilibrio a largo plazo entre las exportaciones e importaciones agroalimentarias de Colombia y Venezuela, así como las variables macroeconómicas *LOG_TRMPRO* y *LOG_PIB*. Los coeficientes indican cómo las variaciones en las importaciones, la tasa (de cambio) representativo promedio y el PIB afectan las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela. Estos resultados son cruciales para entender las dinámicas económicas entre los dos países y para la formulación de políticas comerciales y económicas informadas. De la Tabla 13 se derivan los siguientes resultados:

- *logxTS.I2* (Exportaciones Agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela): este coeficiente se normalizó a **1,0000000**, lo que significa que se utiliza como referencia para los demás coeficientes. Por lo tanto, representa la variable dependiente en la relación de cointegración.

- *logmTS.I2* (Importaciones Agroalimentarias de Colombia desde Venezuela): este coeficiente se normalizó en 1,2534599. Un aumento del 1,00% en las importaciones agroalimentarias de Colombia desde Venezuela está asociado con un aumento del 1,25% en las exportaciones

agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela. Este resultado sugiere una relación positiva y significativa entre las importaciones y exportaciones agroalimentarias entre los dos países.

- *logTRMPROMTS.I2* (Tasa Representativa Promedio en Colombia): este coeficiente se normalizó a 0,8598368. Un aumento del 1,00% en la tasa representativa promedio en Colombia está asociado con un aumento del 0,86% en las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela. Este resultado indica que una tasa de cambio favorable puede incentivar las exportaciones agroalimentarias.

- *logPIBTS.I2* (PIB de Colombia): este coeficiente se normalizó a -16,8711680. Un aumento del 1,00% en el PIB de Colombia está asociado con una disminución del 16,87% en las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela. Este coeficiente negativo sugiere que, a medida que la economía colombiana crece, su dependencia de las exportaciones agroalimentarias hacia Venezuela disminuye. Este comportamiento podría deberse a que un PIB más alto refleja una economía más diversificada y menos dependiente de un solo mercado de exportación.

- *Constante*: la constante en el vector de cointegración representa el término de ajuste necesario para equilibrar la ecuación de cointegración. El valor de 73,7399053 indica el nivel base de las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela cuando todas las demás variables son cero.

3.3.2.3. *Matriz de pesos (W)*

La matriz de pesos (*W*) en la prueba de cointegración de Johansen, también conocida como la matriz de carga, indica la velocidad de ajuste de las variables hacia el equilibrio a

Tabla 13
Vectores de cointegración

	logxTS.I2	logmTS.I2	logTRMPROMTS.I2	logPIBTS.I2	Constant
logxTS.I2	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000
logmTS.I2	1,2534599	0,6743563	-0,5601643	-0,5604522	0,6990983
logTRMPROMTS.I2	0,8598368	-1,2755435	-1,1932944	0,2973685	1,0387386
logPIBTS.I2	-16,8711680	-4,8302739	-2,6428411	-0,4741203	-5,0719240
Constant	73,7399053	18,4658030	14,0984399	-2,4484786	11,5223969

largo plazo. Los coeficientes positivos para las exportaciones e importaciones agroalimentarias indican un ajuste rápido hacia el equilibrio, lo que sugiere que estos mercados son relativamente eficientes en términos de corrección de desviaciones. Por otro lado, el coeficiente negativo y cercano a cero para la tasa representativa promedio sugiere un ajuste lento, reflejando posiblemente la inercia en los mercados cambiarios.

El coeficiente positivo para el PIB indica un ajuste hacia el equilibrio, aunque a una velocidad más moderada. Estos resultados son esenciales para entender las dinámicas de ajuste de las variables y para la formulación de políticas económicas y comerciales informadas. El modelo de cointegración se estimó utilizando las diferencias de las series temporales para capturar tanto la dinámica de corto plazo como la relación de equilibrio a largo plazo entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela (*LOG_X*) y las importaciones agroalimentarias de Colombia desde Venezuela (*LOG_M*) (Tabla 14).

Resultados del coeficiente del modelo de cointegración: para validar el modelo y darle más confiabilidad es necesaria la verificación de autocorrelación en los residuos mediante la construcción del modelo de regresión lineal, utilizando para ello las diferencias de las series. El intercepto en un modelo de regresión representa el valor esperado de la variable dependiente (en este caso, las diferencias en las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela) cuando todas las variables independientes son cero. Un valor de intercepto de -0,05919 sugiere que, en ausencia de cambios en las importaciones agroalimentarias de Colombia desde Venezuela (*logm_diff* = 0), las diferencias en las

Tabla 15
Modelo de cointegración de diferencias de series

Intercept	Logm_diff
-0,05919	0,37547

exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela tienden a disminuir en aproximadamente 0,05919 unidades. Este valor negativo puede indicar una tendencia subyacente a la baja en las exportaciones agroalimentarias cuando no hay cambios en las importaciones (Tabla 15).

Por otra parte, el coeficiente de *logm_diff* representa la relación entre las diferencias en las importaciones agroalimentarias de Colombia desde Venezuela y las diferencias en las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela. Un coeficiente de 0,37547 indica que un aumento del 1,00% en las diferencias de las importaciones agroalimentarias de Colombia desde Venezuela está asociado con un aumento del 0,38% en las diferencias de las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela. Este coeficiente positivo sugiere una relación directa y significativa entre las importaciones y exportaciones agroalimentarias en el corto plazo. En otras palabras, cuando las importaciones aumentan, las exportaciones también tienden a aumentar, lo que refleja una interdependencia entre los flujos comerciales agroalimentarios de los dos países.

El modelo de cointegración estimado utilizando las diferencias de las series proporciona información valiosa sobre la dinámica de corto plazo entre las exportaciones e importaciones agroalimentarias de Colombia y Venezuela. El intercepto negativo sugiere una tendencia subyacente a la baja en las

Tabla 14
Matriz de pesos (*W*)

	logxTS.I2	logmTS.I2	logTRMPROMTS.I2	logPIBTS.I2	Constante
logxTS.I2	0,382661301	0,70820006	-0,483265853	-0,122367356	-9350213e-13
logmTS.I2	0,465584453	-11.314.239	0,719412546	-0,028644573	2,937752e-13
logTRMPROMTS.I2	-0,007619799	0,16288534	0,172281701	-0,019600796	9,942162e,14
logPIBTS.I2	0,196136656	-0,0758604	-0,008591599	0,001179813	-2,027793e-13

exportaciones en ausencia de cambios en las importaciones, mientras que el coeficiente positivo de *logm_diff* indica una relación directa y significativa entre las diferencias en las importaciones y exportaciones. Estos resultados son esenciales para entender las interacciones comerciales a corto plazo y para la formulación de políticas comerciales y económicas informadas.

Resultados del nuevo modelo (incluye residuos del ECM): debido a que en el primer modelo ECM1 se detectó la autocorrelación en los residuos, se construyó un nuevo modelo que incluía ahora los residuos del ECM como una variable adicional (Tabla 16). El intercepto negativo sugiere que, en ausencia de cambios en las variables independientes, el cambio en las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela (*LOG_X*) sería ligeramente negativo. El coeficiente de *logm_diff* (diferencia en *LOG_M*) es positivo y significativo, indicando que un aumento en las importaciones agroalimentarias de Colombia procedentes de Venezuela está asociado con un aumento en las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela en el corto plazo.

El coeficiente de *residuals_ecm* es exactamente 1, lo que sugiere una fuerte relación de corrección de errores. Esto indica que cualquier desviación del equilibrio de largo plazo se corrige completamente en el siguiente período. Este resultado es inusual y podría requerir una revisión adicional para asegurar que no haya errores en la especificación del modelo. La inclusión de los residuos del ECM como una variable adicional en el modelo ayuda a corregir la autocorrelación detectada en los residuos originales. Por lo tanto, los resultados indican que las importaciones agroalimentarias de Colombia procedentes de Venezuela tienen un impacto positivo y significativo en las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela.

Resultados de la prueba de cointegración de Engle-Granger: la prueba de cointegración de Engle-Granger es un método utilizado para determinar si existe una relación de equilibrio a largo plazo entre

dos o más series de tiempo no estacionarias. Esta prueba se realiza en dos etapas: primero, se estima la relación de cointegración; y, segundo, se verifica si los residuos de esta relación son estacionarios. Estos valores se utilizan para determinar la existencia de cointegración entre las variables. En el procedimiento de Johansen se comparan con los valores críticos para decidir si se rechaza la hipótesis nula de no cointegración.

En el procedimiento de Johansen los valores del estadístico de prueba se comparan con los valores críticos de la distribución de Dickey-Fuller para determinar si existe cointegración entre las variables. La hipótesis nula en esta prueba es que no hay cointegración entre las variables. En este sentido, del examen de la Tabla 16 se desprende lo siguiente:

Tabla 16
Valores del estadístico de prueba

2,7026	15,0893	40,7575	82,7684
--------	---------	---------	---------

- 2,7026: este valor es relativamente bajo y sugiere una evidencia débil de cointegración. Es probable que no supere el valor crítico necesario para rechazar la hipótesis nula de no cointegración.

- 15,0893: este valor indica una evidencia más fuerte de cointegración. Dependiendo del valor crítico, podría ser suficiente para rechazar la hipótesis nula.

- 40,7575: este valor sugiere una evidencia muy fuerte de cointegración. Es probable que supere el valor crítico, indicando que las series están cointegradas.

- 82,7684: este valor proporciona una evidencia extremadamente fuerte de cointegración, casi con certeza superando el valor crítico.

La prueba de cointegración de Engle-Granger utilizando el procedimiento de Johansen muestra una evidencia creciente de cointegración a medida que los valores del estadístico de prueba aumentan. Los valores más altos (40,7575 y 82,7684) indican una fuerte relación de equilibrio a largo plazo entre las variables analizadas. Esto sugiere que, aunque las series de tiempo pueden ser

no estacionarias en niveles, existe una combinación lineal de estas series que es estacionaria, lo que implica una relación de equilibrio a largo plazo.

3.3.2.4 *Análisis de los resultados del modelo*

La Tabla 17 revela el modelo. Al respecto, los aspectos más relevantes del mismo son los siguientes:

- *Intercepto*: aunque el intercepto es positivo, no es estadísticamente significativo (p -valor = 0,2373).

- *logmTS*: el coeficiente de *LogmTS* es positivo, sugiriendo que un aumento en las importaciones agroalimentarias de Colombia procedentes de Venezuela está asociado con un aumento en las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela. Sin embargo, no es estadísticamente significativo (p -valor = 0,1240).

- *logTRMPROMTS*: este coeficiente es positivo y significativo (p -valor = 0,0372), indicando que la tasa representativa promedio en Colombia tiene un impacto significativo en las exportaciones agroalimentarias.

- *logPIBTS*: el coeficiente es negativo, sugiriendo que un aumento en el PIB de Colombia está asociado con una disminución

en las exportaciones agroalimentarias hacia Venezuela, aunque no es estadísticamente significativo (p -valor = 0,2304).

El *R*-cuadrado ajustado de 0,2834 indica que aproximadamente el 28,34% de la variabilidad en las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela puede explicarse por las variables independientes en el modelo. El p -valor del estadístico *F* (0,07409) sugiere que el modelo es marginalmente significativo en su conjunto.

La prueba de cointegración de Engle-Granger utilizando el procedimiento de Johansen muestra evidencia de cointegración entre las variables, especialmente con valores altos del estadístico de prueba. Los resultados del modelo de regresión indican que la tasa representativa promedio en Colombia tiene un impacto significativo en las exportaciones agroalimentarias, mientras que las importaciones y el PIB no muestran significancia estadística en este contexto.

Resultados del análisis de la prueba de raíz unitaria en los residuos: los estadísticos descriptivos proporcionan una visión general de la distribución de los residuos del ECM. Los valores de la Tabla 18 indican la dispersión

Tabla 17

Modelo que incluye los residuos como una variable adicional

Coefficientes	Estimación	Error estándar	Valor <i>t</i>	Pr(> <i>t</i>)
Intercepto	9,1815	7,3823	1,244	0,2373
LogmTS	0,6072	0,3671	1,654	0,1240
LogTRMPROMTS	1,4055	0,5999	2,343	0,0372 *
logPIBTS	-1,7848	1,4126	-1,263	0,2304

Notas. Significado de los códigos: 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Error estándar residual: 0,3238 con 12 grados de libertad

R-cuadrado múltiple: 0,4267

R-cuadrado ajustado: 0,2834

Estadístico *F*: 2,977 con 3 y 12 grados de libertad

Valor *p*: 0,07409

Tabla 18

Prueba de Raíz Unitaria de Dickey-Fuller Aumentada

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0,31885	-0,20159	-0,07359	0,23385	0,45569

y la tendencia central de los residuos. La mediana (-0,07359) sugiere que la mayoría de los residuos están ligeramente por debajo de cero, mientras que los cuartiles muestran la variabilidad de los datos. El rango intercuartílico (IQR), que es la diferencia entre el tercer cuartil y el primer cuartil, es de aproximadamente 0,43544. Ello indica que hay una dispersión moderada de los residuos.

La distribución de los residuos es crucial para entender la dinámica del modelo. En este caso, los residuos parecen estar centrados alrededor de la mediana con una dispersión moderada. La presencia de valores negativos y positivos sugiere que los residuos fluctúan alrededor de cero, lo cual es lo esperado en un modelo bien especificado. Los estadísticos descriptivos son el primer paso para evaluar la estacionariedad de los residuos. En el siguiente paso se analizan los coeficientes del modelo ADF para determinar si los residuos son estacionarios.

Resultados del análisis de cointegración con nuevas variables: la partir del análisis de los coeficientes del modelo de cointegración se deriva lo siguiente:

- *Intercepto* (9,1815): este valor sugiere que, en ausencia de cambios en las variables independientes, habría un nivel base de exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela. Sin embargo, la interpretación del intercepto en modelos logarítmicos debe hacerse con cautela, ya que representa una situación hipotética poco realista.

- *logmTS* (0,6072): este coeficiente indica que, *ceteris paribus*, un aumento del 1,00% en las importaciones agroalimentarias de Colombia procedentes de Venezuela está asociado con un incremento del 0,6072% en las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela. Esta relación positiva sugiere una complementariedad en el comercio bilateral, posiblemente reflejando patrones de comercio intraindustrial o cadenas de valor regionales en el sector agroalimentario (Bojnec & Ferto, 2016).

- *logTRMPROMTS* (1,4055): el coeficiente positivo de la tasa representativa del mercado sugiere que una depreciación del peso colombiano (COP) frente al dólar (US\$) está

asociada con un aumento en las exportaciones agroalimentarias hacia Venezuela. Específicamente, un aumento del 1,00% en la TRM se asocia con un incremento del 1,4055% en las exportaciones. Este resultado es consistente con la teoría económica que sugiere que una depreciación de la moneda local hace más competitivas las exportaciones en el mercado internacional (Krugman et al., 2018).

- *logPIBTS* (-1,7848): el coeficiente del PIB colombiano es negativo, indicando que un aumento del 1,00% en el PIB está asociado con una disminución del 1,7848% en las exportaciones agroalimentarias hacia Venezuela, *ceteris paribus*. Este resultado contraintuitivo podría sugerir que, a medida que la economía colombiana crece, se produce una reorientación del comercio hacia otros mercados o un aumento del consumo interno de productos agroalimentarios. Alternativamente, podría reflejar cambios estructurales en la economía colombiana o en la relación comercial con Venezuela que no son capturados directamente por el modelo (Bahmani-Oskooee & Hegerty, 2007).

Es importante señalar que estos resultados deben interpretarse con cautela, considerando las limitaciones del modelo y la complejidad de las relaciones económicas internacionales. Factores como las políticas comerciales, los acuerdos bilaterales y las condiciones económicas en Venezuela (que no han sido incluidas en el modelo propuesto) podrían tener un impacto significativo en la relación comercial. Por lo expuesto, los resultados sugieren una relación compleja entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela y las variables macroeconómicas consideradas. La relación positiva con las importaciones y la tasa de cambio es consistente con la teoría económica, mientras que la relación negativa con el PIB requiere una investigación más profunda. Asimismo, estos hallazgos proporcionan una base para futuras investigaciones sobre los determinantes del comercio agroalimentario bilateral en el contexto latinoamericano.

Resultados de la prueba de raíz unitaria en los residuos: este análisis se centra en la

Tabla 19
Resultados del modelo

Coeficientes	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr(> t)
z.lag.1	-0,6170321	0,3317865	-1.860	0,0876
z.diff.lag	-0,0006348	0,2847249	-0,002	0,9983

Notas. Significado de los códigos: 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 '.' 1

Error estándar residual: 0,2758 con 12 grados de libertad

R-cuadrado múltiple: 0,3167

R-cuadrado ajustado: 0,2029

Estadístico F: 2,781 con 2 y 12 grados de libertad

Valor p: -1,8597

prueba de raíz unitaria en los residuos y es fundamental en la metodología de Engle & Granger (1987) para verificar la cointegración entre las variables. Esta prueba es esencial para determinar si existe una relación de equilibrio a largo plazo entre las variables en estudio. El estadístico de prueba (-1,8597) es menor que el valor crítico al 5,00% (-1,95), pero mayor que el valor crítico al 10,00% (-1,60). Esto sugiere que podemos rechazar la hipótesis nula de no cointegración al nivel de significancia del 10,00%, pero no al 5,00%. Estos resultados indican evidencia moderada de cointegración entre las variables *LOG_X* (exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela) y *LOG_M* (importaciones agroalimentarias de Colombia procedentes de Venezuela), junto con las variables adicionales *LOG_TRMPROM* (logaritmo de la tasa representativa de mercado promedio) y *LOG_PIB* (logaritmo del PIB colombiano).

El coeficiente *z.lag.1* es particularmente relevante, ya que representa la velocidad de ajuste hacia el equilibrio a largo plazo. Su valor negativo (-0,6170321) indica que aproximadamente el 61,70% de cualquier desequilibrio se corrige en cada período, lo que sugiere un ajuste relativamente rápido hacia el equilibrio (Tabla 19). El R-cuadrado indica que aproximadamente el 31,67% de la variación en la variable dependiente es explicada por el modelo. El p-valor del estadístico F (0,1018) sugiere que el modelo en su conjunto es significativo al nivel del 10,00%, pero no al 5,00%.

Los resultados proporcionan evidencia moderada de una relación de cointegración entre las exportaciones agroalimentarias de

Colombia y las importaciones agroalimentarias de Venezuela, considerando también la tasa de cambio y el PIB colombiano. Esta relación de cointegración implica la existencia de un equilibrio a largo plazo entre estas variables, aunque la evidencia no es concluyente al nivel de significancia del 5,00%. La velocidad de ajuste relativamente alta (61,70% por período) sugiere que las desviaciones del equilibrio a largo plazo tienden a corregirse rápidamente. Esto podría indicar una interconexión significativa entre los sectores agroalimentarios de Colombia y Venezuela, así como la influencia de factores macroeconómicos como la tasa de cambio y el crecimiento económico en esta relación. Es importante señalar que, aunque el modelo muestra cierta capacidad explicativa, existen otros factores no incluidos que podrían influir en esta relación. Futuras investigaciones podrían considerar variables adicionales o técnicas econométricas más avanzadas para robustecer estos hallazgos.

Resultados del Modelo de Corrección de Errores 2 (ECM2): se procedió a construir un modelo de regresión lineal utilizando las diferencias de las series. Este modelo examina la relación a corto plazo entre las variaciones en las exportaciones como variable dependiente y las importaciones agroalimentarias, la tasa representativa del mercado para el tipo de cambio (pesos/dólares, COP/US\$) y la evolución del producto interno bruto colombiano como variables independientes. El modelo de regresión lineal utilizando las diferencias de las series es el siguiente (Ecuación 3):

$$\log x_{diff} = -0,013 - 0,156 DLOG_{Mst} - 0,652 DLOG_{TRMPROM} + 1,805 DLOG_{PIB} + \epsilon \quad (3)$$

A partir de la Tabla 20 se desprende lo siguiente:

- **Intercepto:** -0,01350 (error estándar: 0,06199, t-valor: -0,218, p-valor: 0,832): el intercepto no es estadísticamente significativo, lo que sugiere que no hay un cambio sistemático en la variable dependiente cuando todas las demás variables son cero.

- **DLOG_Mst:** -0,15672 (error estándar: 0,38837, t-valor: -0,404, p-valor: 0,696): este coeficiente representa el efecto a corto plazo de los cambios en las importaciones agroalimentarias de Venezuela. El signo negativo sugiere una relación inversa, pero el coeficiente no es estadísticamente significativo.

- **DLOG_TRMPROM:** -0,65245 (error estándar: 1,44434, t-valor: -0,452, p-valor: 0,662): este coeficiente captura el efecto a corto plazo de los cambios en la tasa representativa de mercado. El signo negativo implica que un aumento en la tasa de cambio tiende a disminuir las exportaciones agroalimentarias de Colombia a Venezuela, pero el efecto no es estadísticamente significativo.

- **DLOG_PIB:** 1,80577 (error estándar: 1,28872, t-valor: 1,401, p-valor: 0,195): este coeficiente muestra el efecto a corto plazo de los cambios en el PIB colombiano. El signo positivo sugiere que un aumento en el PIB tiende a aumentar las exportaciones agroalimentarias, aunque el efecto no es estadísticamente significativo al nivel convencional.

- **residuos_coint_lag:** 0,34340 (error estándar: 0,31728, t-valor: 1,082, p-valor: 0,307): este coeficiente representa la velocidad de ajuste hacia el equilibrio a largo plazo. Su valor positivo y no significativo es inesperado y podría indicar problemas en la especificación del modelo o en la relación de cointegración.

El *R*-cuadrado indica que aproximadamente el 46,67% de la variación en la variable dependiente es explicada por el modelo. Sin embargo, el *R*-cuadrado ajustado -que penaliza la inclusión de variables adicionales- es considerablemente menor (22,97%). Esto sugiere que la inclusión de las nuevas variables ha mejorado el ajuste del modelo, pero posiblemente a costa de una mayor complejidad (Tabla 20). El *p*-valor del estadístico *F* (0,1831) indica que el modelo en su conjunto no es estadísticamente significativo al nivel convencional del 5,00% o 10,00%. Esto sugiere que, a pesar de la mejora en el *R*-cuadrado, el poder explicativo del modelo sigue siendo limitado.

Los resultados del modelo ECM ampliado sugieren que, a pesar de la inclusión de variables macroeconómicas relevantes como la tasa de cambio y el PIB, no se ha logrado capturar de manera significativa la dinámica a corto plazo de las exportaciones agroalimentarias de Colombia hacia Venezuela. La falta de significancia estadística en todos los coeficientes, incluido el término de

Tabla 17

Modelo que incluye los residuos como una variable adicional

Coeficientes	Estimación	Error estándar	Valor <i>t</i>	Pr(> <i>t</i>)
Intercept	-0,01350	0,06199	-0,218	0,832
DLOG_Mst	-0,15672	0,38837	-0,404	0,696
DLOG_TRMPROM	-0,65245	1,44434	-0,452	0,662
DLOG_PIB	1,80577	1,28872	1,401	0,195
residuos_coint_lag	0,34340	0,31728	1,082	0,307

Notas. Error estándar residual: 0,2758 con 12

R-cuadrado múltiple: 0,4667

R-cuadrado ajustado: 0,2297

Estadístico *F*: 1,969 con 4 y 9 grados de libertad

Valor *p*: 0,1831

corrección de errores (*residuos_coint_lag*), plantea dudas sobre la especificación del modelo y la robustez de la relación de cointegración identificada anteriormente. El signo positivo del término de corrección de errores es particularmente preocupante, ya que normalmente se esperaría un signo negativo para indicar un ajuste hacia el equilibrio a largo plazo. Esto podría sugerir problemas en la especificación del modelo de largo plazo o en la interpretación de la relación de cointegración.

Aunque el modelo ampliado proporciona información valiosa sobre la complejidad de la relación entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia a Venezuela y las variables macroeconómicas, los resultados sugieren que es necesario un análisis más profundo y posiblemente un enfoque metodológico diferente para capturar adecuadamente esta dinámica económica.

4. DISCUSIÓN

El análisis de la relación de largo plazo entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia y las importaciones agroalimentarias de Venezuela revela una serie de dinámicas complejas que merecen una discusión más profunda. En primer lugar, la identificación de una relación de cointegración sugiere que, a pesar de las fluctuaciones a corto plazo, existe un equilibrio subyacente que guía el comercio entre ambos países. Este equilibrio puede estar influenciado por factores estructurales, como la demanda interna de Venezuela y la capacidad de producción agroalimentaria de Colombia, así como por políticas comerciales que afectan directamente a ambos mercados.

Además, el ECM utilizado en este estudio proporciona una herramienta valiosa para entender cómo las desviaciones de este equilibrio son corregidas con el tiempo. La velocidad de ajuste observada indica que los agentes económicos responden rápidamente a las perturbaciones, lo que sugiere una alta sensibilidad a cambios en las condiciones del mercado. Este comportamiento es particularmente relevante en un contexto de

inestabilidad política y económica, donde los shocks pueden tener efectos duraderos en las relaciones comerciales.

Otro aspecto que considerar es la influencia de factores externos, como las políticas comerciales de terceros países y las condiciones del mercado internacional. La dependencia de Colombia de las exportaciones agroalimentarias hacia Venezuela puede hacer que el país sea vulnerable a cambios en la política económica venezolana, así como a fluctuaciones en los precios internacionales de los productos agroalimentarios. Esto resalta la necesidad de que Colombia diversifique sus mercados de exportación para mitigar riesgos asociados a la dependencia de un solo socio comercial.

Asimismo, la ambigüedad en la estacionariedad de las importaciones venezolanas sugiere que estas pueden estar sujetas a influencias más volátiles, como cambios en la demanda interna o en las políticas de importación. Esto plantea un desafío interpretativo, ya que las importaciones pueden no seguir un patrón predecible, lo que complica la formulación de políticas comerciales efectivas.

Finalmente, es crucial que los formuladores de políticas en ambos países consideren estos hallazgos al diseñar estrategias que fomenten un comercio agroalimentario sostenible y equilibrado. La interdependencia económica identificada en este estudio subraya la importancia de la cooperación bilateral y la necesidad de un marco regulatorio que facilite el comercio, minimizando las barreras y promoviendo un entorno de estabilidad económica.

Por lo tanto, la relación de largo plazo entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia y las importaciones de Venezuela es un fenómeno complejo que requiere un enfoque multidimensional para su comprensión y análisis. La interacción de factores económicos, políticos y sociales debe ser considerada para desarrollar políticas que no solo respondan a las dinámicas actuales, sino que también anticipen futuros cambios en el entorno comercial.

5. CONCLUSIONES

El análisis realizado en este estudio proporciona una comprensión más profunda de la relación de largo plazo entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia y las importaciones agroalimentarias de Venezuela. La evidencia de cointegración sugiere que, a pesar de las fluctuaciones a corto plazo, existe un equilibrio subyacente que guía el comercio entre ambos países. Este hallazgo es crucial, ya que implica que las políticas comerciales y las decisiones económicas en uno de los países pueden tener repercusiones significativas en el otro, lo que resalta la interdependencia estructural en el comercio agroalimentario.

La velocidad de ajuste identificado en el ECM indica que las desviaciones del equilibrio son corregidas de manera relativamente rápida. Esto sugiere que los agentes económicos son sensibles a las variaciones en el entorno económico, lo que puede ser interpretado como una señal de la capacidad de adaptación del sector agroalimentario ante cambios en las políticas comerciales o en las condiciones del mercado. Esta capacidad de ajuste es fundamental en un contexto de volatilidad económica y cambios políticos, donde las relaciones comerciales pueden verse afectadas por factores externos e internos.

Es importante destacar que, si bien se ha encontrado en este estudio una relación significativa, el modelo también presenta limitaciones. Factores como las políticas comerciales, los acuerdos bilaterales y las condiciones económicas en Venezuela, que no fueron incluidos en el análisis, podrían influir en la dinámica del comercio agroalimentario. Por lo tanto, se sugiere que futuras investigaciones consideren estos elementos para obtener una visión más completa de la relación comercial entre ambos países.

Asimismo, los resultados de este estudio tienen implicaciones prácticas para los formuladores de políticas. La interdependencia identificada sugiere que las estrategias comerciales deberían ser diseñadas de manera que consideren no solo las necesidades internas, sino también las condiciones del socio comercial. Por

ejemplo, incentivar la producción local en Colombia podría no solo fortalecer su economía, sino también mejorar la estabilidad de las importaciones venezolanas, creando un ciclo positivo de comercio.

Finalmente se recomienda que los futuros estudios profundicen en el análisis de los impactos de shocks económicos y políticos en esta relación, así como en la exploración de otros factores que puedan influir en la dinámica del comercio agroalimentario. Esto permitirá una comprensión más integral de las complejidades del comercio bilateral y contribuirá a la formulación de políticas más efectivas en el sector agroalimentario. De esta manera se ha evidenciado que la relación de largo plazo entre las exportaciones agroalimentarias de Colombia y las importaciones de Venezuela es un fenómeno que requiere un enfoque multidimensional para su comprensión y análisis. Además, tiene el potencial de influir significativamente en la seguridad alimentaria y la estabilidad económica de ambos países.

REFERENCIAS

-
- Bahmani-Oskooee, M., & Hegerty, S. W. (2007). Exchange rate volatility and trade flows: A review article. *Journal of Economic Studies*, 34(3), 211-255. <https://doi.org/10.1108/01443580710772777>
- Beltrán, J. A., & Piñeros, A. (2013). *Sector agropecuario colombiano: su realidad económica y perspectiva*. (Tesis de grado inédita). Universidad EAN.
- Benavides-Pupiales, L. E., & Goyes-Eraso, S. L. (2024). Gestión de la ecoinnovación en MiPymes en Colombia. *Revista Gestión y Desarrollo Libre*, 9(17), 1-15. <https://doi.org/10.18041/2539-3669/gestionlibre.17.2024.11517>
- Bittencourt, M. V. L., & Mosquera Agudelo, P. A. (2021). The impacts of the exchange rate volatility on Colombian trade with its main trade partners. *EconoQuantum*, 18(2), 57-81. <https://doi.org/10.18381/eq.v18i2.7209>

- Bojnec, S., & Ferto, I. (2016). Patterns and drivers of the agri-food intra-industry trade of European Union countries. *International Food and Agribusiness Management Review*, 19(2), 53-74. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.234956>
- Borges-de-Souza, A., Triana-Riveros, J. L., Fornazier, A., & Ladeira-Garbaccio, G. (2023). Cadenas agroalimentarias sostenibles desde la perspectiva de los sistemas agroalimentarios locales. *Revista Gestión y Desarrollo Libre*, 8(15), 1-16. <https://doi.org/10.18041/2539-3669/gestionlibre.15.2023.10094>
- Casanova-Al-Attrach, L., & Omaña-Guerrero, J. (2022). Dinámicas del comercio global agroalimentario: Nuevos actores e integración económica. *Estudios Económicos Internacionales*, 38(1), 55-78.
- Castillo Méndez, R. del C., Sánchez Trinidad, R. del C., Aguirre Andrade, A., & Ramírez Meneses, A. (2024). A scientific approach to the evolution of foreign trade. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias*, 3, 1155. <https://doi.org/10.56294/sctconf20241155>
- Chaman Bardalez, A., Ramón Osorio, A., Ríos Ríos, S., Vargas Tasayco, M., & Uribe Hernández, Y. (2023). Strategic planning and organizational culture. *Data and Metadata*, 2, 231. <https://doi.org/10.56294/dm2023231>
- Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276. <https://doi.org/10.2307/1913236>
- Eslava-Zapata, R., Sánchez-Castillo, V., & Chacón-Guerrero, E. (2024). Experiencia del consumidor: análisis de la tendencia de la investigación. *Bibliotecas, Anales de Investigación*, 20(2), 1-13. <http://revistas.bnjm.sld.cu/index.php/BAI/article/view/817>
- Eslava-Zapata, R., Sánchez-Castillo, V., & Juaneda-Ayensa, E. (2024). Key players in renewable energy and artificial intelligence research. *EAI Endorsed Trans-Energy Web*, 11, 1-10. <https://doi.org/10.4108/ew.5182>
- García Peña, M., López Ocmin, L. S., & Romero-Carazas, R. (2023). Control interno de inventario y la gestión de resultados de un emporio comercial de la región de San Martín - Perú. *Región Científica*, 2(2), 202392. <https://doi.org/10.58763/rc202392>
- Gómez-Chaves, M. A., Benavides-Chamorro, K. G., & López-Díaz, V. H. (2024). Relación entre el Ciclo de Caja de Efectivo y la Rentabilidad en las grandes empresas del sector comercio en Colombia. *Revista Gestión y Desarrollo Libre*, 9(17), 1-14. <https://doi.org/10.18041/2539-3669/gestionlibre.17.2024.11824>
- González Centon, J. M., Chávez Cubas, W., Berrio Huilcacuri, J., & Santos Maldonado, A. B. (2023). El crecimiento empresarial y su relación en la rentabilidad de una MYPE del rubro comercial en Arequipa, Perú. *Región Científica*, 2(2), 202387. <https://doi.org/10.58763/rc202387>
- Gutiérrez, A. (2017). Venezuela's economic and social development in the era of Chavism. *Latin American Policy*, 8(2), 160-188. <https://doi.org/10.1111/lamp.12127>
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 231-254. [https://doi.org/10.1016/0165-1889\(88\)90041-3](https://doi.org/10.1016/0165-1889(88)90041-3)
- Krugman, P. R., Obstfeld, M., & Melitz, M. J. (2018). *International economics: Theory and policy* (11a. ed.). Pearson.
- Kwaku-Afesorgbor, S., & Beaulieu, E. (2021). Role of international politics on agri-food trade: Evidence from US-Canada bilateral relations. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 69(1), 27-35. <https://doi.org/10.1111/cjag.12267>
- Leyva-Ricardo, S. E., & Pancorbo-Sandoval, J. A. (2024). Implementación de la economía circular en la gestión de la cadena de suministro: un análisis bibliométrico. *Región Científica*, 3(2), 2024315. <https://doi.org/10.58763/rc2024315>
- Ramos La Rosa, P. E., Rodríguez-Cadillo, A. J., Ausejo-Sánchez, J. L., Ramos y Yovera, S. E., Lioo-Jordan, F. de M., & Caro-Soto, F. G. (2024). Dynamics of identity as a component favoring the generational replacement of vegetable fiber craftswomen in the district of Végueta. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias*, 3, 744. <https://doi.org/10.56294/sctconf2024744>

- Rodríguez Sáenz, M. (20 de mayo de 2021). *El comercio internacional de productos agroalimentarios de América Latina y el Caribe y la transformación de los sistemas alimentarios*. Blog del IICA. <https://blog.iica.int/blog/comercio-internacional-productos-agroalimentarios-america-latina-caribe-transformacion-los>
- Rodríguez Sáenz, D., Bianchi, E., & Campos, A. (2021). *El comercio internacional de productos agroalimentarios de América Latina y el Caribe y la transformación de los sistemas alimentarios*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/18591/BVE21088342e.pdf>
- Wahab, B. A. (2024). Trade-related infrastructure and bilateral trade flows: evidence from Nigeria and its trading partners. *Economic Structures*, 13(13), 1-31. <https://doi.org/10.1186/s40008-024-00332-3>
- Yabar-Velarde, O., Irigoien-Silva, Y., Meneses-Claudio, B., & Zarate-Ruiz, G. (2024). Service quality and customer loyalty in a movie theater chain in North Lima, 2022. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias*, 3, 645. <https://doi.org/10.56294/sctconf2024645>
- Zhang, R., Zhou, P., & Qiao, J. (2023). Anomaly detection of nonstationary long-memory processes based on fractional cointegration vector autoregression. *IEEE Transactions on Reliability*, 72(4), 1383-1394. <https://doi.org/10.1109/TR.2023.3314429>