UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Facultad de Ciencias de la Administración

Carrera de Economía

Análisis de los determinantes de las exportaciones del café ecuatoriano con sus principales socios comerciales mediante un modelo de gravedad

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de Economista

Autora:
Ana Isabel Galarza Martínez

Director:
Luis Bernardo Tonon Ordoñez

Cuenca – Ecuador

Año

2026

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a mi madre, quien ha sido mi mayor inspiración y el pilar fundamental en cada etapa de mi vida. Su amor, fortaleza y apoyo incondicional me dieron la motivación necesaria para no rendirme y alcanzar esta meta.

A mis amigas, quienes han sido alegría y luz durante estos cuatro duros años de carrera. Gracias por cada palabra de ánimo, cada risa compartida y por hacer más llevadero este camino.

A todas las personas que me apoyaron, directa o indirectamente, para que pudiera cumplir una meta más en mi vida. Este logro también es parte de ustedes.

Y finalmente, me la dedico a mí misma, por no rendirme en los momentos difíciles, por aprender a secar mis lágrimas y levantarme con más fuerza cada vez que fue necesario. Porque detrás de este trabajo hay esfuerzo, perseverancia y crecimiento personal.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en cada paso, a mis tutores por su apoyo en el este proceso y a mis padres, quien a lo largo de toda mi carrera me brindaron respaldo emocional y económico, acompañándome en cada etapa de este proceso académico. Su esfuerzo, confianza y motivación fueron fundamentales para la culminación de esta meta.

Agradezco también a mis familiares, quienes formaron parte de mi crecimiento personal y académico, brindándome ánimo y apoyo constante durante estos años.

De manera especial, agradezco a mi perrito Pololo, por su compañía y por ser ese apoyo silencioso que siempre estuvo presente, recordándome que no estaba sola en los momentos más difíciles.

Índice de Contenidos

Dedicatoria i
Agradecimientos ii
Índice de Contenidos iii
Índice de Tablas iv
Índice de Ecuaciones v
Índice de Anexos vi
Resumen y Abstract vii

1. Introducción 1
2. Marco Teórico y Estado del Arte 3
3. Métodos 12
4. Resultados 18
5. Discusión 20
6. Conclusiones 24
7. Referencias 26
8. Anexos 32

Índice de Tablas

Tabla 1 13
Tabla 2 18

Índice de ecuaciones

Ecuación 1.....3
Ecuación 2.....14

Índice de Anexos

Anexo A: Estimación y selección del modelo final 32

Anexo B 1: Modelo de efectos aleatorios con errores estándar robustos de Walhus 35

Anexo C 1: Estimación del modelo atreves de métodos dinámicos (Error en la estimación por la distancia que tiene varianza cero) 36

Anexo D 1Modelo de efectos fijos con PIB sectorial y costos de comercio.....36

RESUMEN

La presente investigación analiza los factores determinantes de las exportaciones de café ecuatoriano hacia sus principales socios comerciales. Metodológicamente, se estimó un modelo econométrico con datos de panel desbalanceados, utilizando efectos aleatorios y mínimos cuadrados generalizados para evaluar la relación entre el Producto Interno Bruto del país exportador y de los países importadores, la distancia geográfica y variables estructurales adicionales. Los resultados evidencian que el PIB de los países importadores influye positiva y significativamente en las exportaciones, mientras que la distancia geográfica actúa como un factor restrictivo. En contraste con la teoría tradicional, el PIB del país exportador presentó un coeficiente negativo. Se concluyó que el modelo mantiene su validez explicativa para el sector cafetero, aunque revela particularidades estructurales dentro del comercio exterior ecuatoriano actual.

Palabras clave: Café, Comercio internacional, Exportaciones, Modelos económicos, Relaciones internacionales.

ABSTRACT

This study analyzes the determinants of Ecuadorian coffee exports to its main trading partners. Methodologically, an econometric model was estimated using unbalanced panel data, employing random effects and generalized least squares to assess the relationship between the Gross Domestic Product (GDP) of the exporting country and that of the importing countries, geographical distance, and additional structural variables. The results show that the GDP of importing countries has a positive and significant influence on exports, while geographic distance acts as a restrictive factor. In contrast to traditional theory, the exporting country's GDP exhibited a negative coefficient. It was concluded that the model retains its explanatory validity for the coffee sector, although it reveals structural peculiarities within Ecuador's current foreign trade.

Keywords: Coffee, International trade, Exports, Economic models, International relationships.

LUIS BERNARDO TONON ORDOÑEZ

Firmado digitalmente por LUIS BERNARDO TONON ORDOÑEZ
Fecha: 2026.04.20 22:33:01 -05'00'

1. Introducción

El café ha formado parte del comercio agrícola internacional y ha sido objeto de diversos estudios que analizan su comportamiento en los mercados internacionales. Investigaciones como las de Vo et al. (2024), Phung y Nguyen (2022) y Tadesse y Abafita (2021) demostraron que las exportaciones de café dependen principalmente del tamaño económico de los países importadores y la distancia geográfica. Para el caso ecuatoriano, estudios como los de Jaya (2018) y Vázquez y Tonon (2021) evidenciaron que las exportaciones agrícolas del país responden en gran medida a estas variables estructurales. En complemento, (Jiménez et al., 2023) establecieron que el las exportaciones de café hasta el 2023 representaron un 0,7% de PIB nacional. No obstante, el comportamiento específico del café ecuatoriano necesita un análisis específico que permita comprender los factores que influyen en sus flujos comerciales hacia los principales socios internacionales.

A pesar de que el modelo de gravedad se ha implementado internacionalmente desde Tinbergen (1962), la evidencia empírica demuestra que los resultados pueden cambiar según el sector analizado y las características económicas de cada país; el modelo de gravedad es considerado una aproximación empírica cercana a la realidad del comercio internacional, ya que no solo explica el comercio, sino que también permite analizar como factores como la migración, idioma común, inversión extranjera y flujos de capital influyen en las relaciones comerciales entre países y en la formulación de políticas comerciales y acuerdos internacionales. En las exportaciones agrícolas, factores como el Producto Interno Bruto (PIB) de los socios comerciales y la distancia son consistentes, aunque no siempre otras variables presentan el mismo resultado. En este contexto, el objetivo general de esta investigación fue analizar los factores determinantes de las exportaciones de café ecuatoriano hacia sus principales socios comerciales mediante la aplicación de un modelo de gravedad. Asimismo, dentro de la economía internacional, el comercio presenta un rol esencial en el desarrollo de la economía nacional, la creación de riqueza y el intercambio cultural, procesos que se reflejan directamente en los flujos comerciales entre países (Morland et al. 2020); y también las exportaciones son uno de los pilares fundamentales del desarrollo económico de un país, al representar una fuente clave de ingresos y crecimiento productivo.

Para la investigación, se realizó una revisión bibliográfica sobre el modelo de gravedad y su evolución teórica, basándose en aportes como los de Bergstrand (1985) y Baier & Bergstrand (2004), así como estudios recientes aplicados a las exportaciones agrícolas y de café. Consecutivamente, se estimó un modelo econométrico con datos de panel desbalanceados que permitió evaluar la relación entre el tamaño económico de los países, la distancia geográfica y las exportaciones de café ecuatoriano. Además, se utilizaron variables adicionales como el idioma común, país dolarizado y otras condiciones estructurales, cuyo impacto en el comercio internacional ha sido discutido en investigaciones como las de Loja (2023), mostrando que no siempre estas variables explican de manera eficiente los flujos comerciales.

La investigación está estructurada de la siguiente manera: en primer lugar, se presentó la revisión de literatura sobre el modelo de gravedad y su aplicación en el comercio internacional de café; en segundo lugar, se describió la metodología y los datos utilizados para la investigación; posteriormente, se presentaron y analizaron los resultados obtenidos; y finalmente, se desarrolló la discusión y la conclusión del estudio.

9. Marco Teórico

El Modelo de gravedad creado por Isaac Newton, fue introducido a la ciencia económica por Tinberg en (1962) para explicar los flujos comerciales bilaterales entre países. El modelo se ha establecido como una herramienta de gran utilidad para estimar el comercio de bienes y a la vez examinar los factores explicativos e implicaciones comerciales y políticas sobre los mismos (Kepaptsoglo et al. 2010).

De manera complementaria, el modelo de gravedad según Yoto et al. (2016) y

la World Trade Organization (WTO) resulta intuitivo. Utilizando la comparación con la Ley de Gravitación Universal, el modelo explica que el comercio internacional, entendido como la fuerza gravitacional, entre dos países es directamente proporcional al producto de sus tamaños económicos (masas) e inversamente proporcional a las fricciones comerciales representada como la distancia entre ellos.

En la economía internacional, el modelo de gravedad establece que los flujos comerciales entre dos países son directamente proporcionales al tamaño de las economías e inversamente proporcional a la distancia existente entre esos países, por lo tanto, Krugman et al. (2023) mostraron matemáticamente a este modelo, como se muestra en la ecuación 1:

Ecuación 1

Modelo de gravedad económico

$$T_{ij} = \frac{A * PIB_{ij} * PIB_j}{D_{ij}} \quad (1)$$

Donde A es una constante, Tij representa el flujo comercial entre el país "i" y el país "j", Yi es el PIB del país "i", Y_j es el PIB del país "j", y Dij es la distancia entre los dos países

Tal como afirmaron Baldwin y Taglioni (2006), el uso del modelo se difundió por tres razones: en primer lugar, porque los flujos de comercio internacional son un elemento clave en todo tipo de relaciones económicas; en segundo lugar, porque los investigadores pueden obtener fácilmente a los datos para su estimación; y, finalmente, por la aceptación que ha generado el modelo tras su aplicación en varios artículos de alto impacto.

En este sentido, dentro del modelo de gravedad, el PIB del país exportador viene a ser una variable *proxy* de la capacidad productiva, mientras que el PIB del país importador representa una *proxy* del poder adquisitivo o demanda potencial (Dascal et al.

2002). De esta manera, las exportaciones de un país hacia un mercado extranjero tienden a aumentarán cuando la renta del país importador es mayor, o también, cuando un aumento de la renta del país extranjero provoca un crecimiento en sus importaciones (Blanchard et al., 2012). Además, dentro del conjunto de variables utilizadas en un modelo de gravedad, el PIB se utiliza como un indicador representativo del tamaño de una economía (De Benedictis y Taglioni,2010). Desde el punto de vista del país exportador, esta variable refleja su nivel de producción y la oferta de bienes disponibles, mientras que, desde el enfoque del país importador, el PIB se convierte en una variable *proxy* del ingreso o renta nacional que muestra su poder de compra y demanda potencial (Tonon et al. 2023). Y cuando se aplica un modelo de gravedad a nivel de productos específicos, es conveniente utilizar el PIB sectorial de acuerdo con la categoría a la cual pertenezca la mercancía de estudio (Anderson, 2011).

Otra variable fundamental dentro del modelo de gravedad es la distancia, la cual se utiliza como un *proxy* de los costos del comercio. En general, diversos estudios han utilizado esta variable, junto con otros factores culturales y comerciales, como sustituta de los costos incorporados en el comercio entre países (Grant y Lambert, 2005). En relación con los acuerdos comerciales, Baier y Bergstran (2004), estudiaron los factores económicos que influyen en los tratados de libre comercio, por medio de un modelo cualitativo, demostraron que la distancia geográfica, el PIB nacional y las diferencias en las dotaciones de factores son elementos clave que orientan los acuerdos comerciales entre países.

En un modelo de gravedad ampliado, además de las variables tradicionales como el tamaño de la economía y la distancia, es pertinente considerar ciertos factores estructurales y macroeconómicos que pueden influir en los flujos comerciales y que no siempre se toman en cuenta como variables continuas para un modelo de gravedad convencional. Por esta razón, se ha decidido colocar a la variable “dolarización” dentro de esta investigación.

La dolarización fue uno de los cambios económicos más importantes y fuertes por el cual atravesó Ecuador. Sin embargo, ayudó a poner un fin a la inflación y devaluación. Según Cruz et al. (2025) un país dolarizado presenta estabilidad de precios y frena el ajuste ante shocks externos. De manera complementaria, Connolly (2025), explicó que Ecuador durante el período de dolarización presentó una disminución de la inflación y un mayor crecimiento económico. Asimismo, Urdaneta Montiel et al. (2024), utilizaron

series de tiempo para evaluar el crecimiento económico y el control de la inflación, logrando comprobar resultados positivos en ambos aspectos

De manera adicional, se prevé incluir la variable idioma común, expresada como una variable dicotómica (dummy), la cual toma el valor de 1 si Ecuador comparte el mismo idioma oficial con el país importador y 0 en caso contrario. La justificación de esta variable se relaciona con los planteamientos de Krugman et al., (2023) en las condiciones institucionales y culturales que favorecen los flujos comerciales, porque compartir idioma reduce costos de información, facilita la negociación y promueve la integración de mercados al igual que abre nuevas posibilidades de mercado.

Sobre el impacto de la pandemia de COVID-19, el café demostró el café demostró ser un sector estable frente a la crisis sanitaria, pues el consumo se mantuvo en los hogares, aunque se redujera en cafeterías o restaurantes. Sí bien hubo dificultades logísticas y aumentos en los costos de transporte, la demanda internacional se mantuvo estable, e incluso creció en ciertos segmentos, ya que el consumo migró de cafeterías y restaurantes al hogar (Jadán et al., 2024). En Ecuador, las exportaciones de café no mostraron un crecimiento explosivo, pero tampoco se desplomaron, lo que evidencia que este producto puede sostenerse aún en contextos de crisis global.

10. Estado del Arte

A partir de los fundamentos teóricos, varios estudios han aplicado el modelo de gravedad en distintos contextos con el fin de verificar su capacidad explicativa y adaptabilidad a diferentes escenarios del comercio internacional.

La primera vez que se aplicó el modelo de gravedad a la economía fue gracias a Tinbergen (1962) quien lo utilizó en el ámbito del comercio internacional. En su análisis, identificó que los flujos comerciales a nivel global dependen principalmente del tamaño económico de los países, medido a través del producto interno bruto (PIB) y de la distancia geográfica que los separa. Posteriormente, las investigaciones de Pöyhönen (1963) y Pullianen (1963) incorporaron nuevas variables al modelo, lo que permitió mejorar sus estimaciones; estas variables incluyeron factores cuantitativos como la población, los precios, los aranceles y el tipo de cambio; así como variables dicotómicas vinculadas con aspectos culturales, geográficos, acuerdos comerciales y políticas comerciales, entre otros (Bubáková, 2013).

A pesar de su simpleza y utilidad empírica, el modelo de gravedad pasó por cuestionamientos dentro de la comunidad científica por la ausencia de un sustento teórico

sólido. En este sentido, Anderson (1979) aportó los primeros fundamentos teóricos al relacionar el modelo de gravedad con los gastos comerciales, apoyándose en lo supuesto de Armington (1969).

A partir de la década de los 80's, el modelo de gravedad pasó de tener escasos fundamentos teóricos a consolidarse como una herramienta ampliamente aceptada en la economía internacional. Posteriormente, Bergstrand (1985), fortaleció el modelo de gravedad al añadir los precios relativos y la diferencia de dotación de factores para explicar el comercio bilateral. Asimismo, su formulación logarítmica del modelo permitió medir con mayor veracidad la relación entre el PIB y la distancia geográfica existente entre ellos.

En el siglo XXI, el modelo de gravedad se ha consolidado como una de las principales herramientas empíricas en la economía internacional. Aunque en sus inicios carecía de fundamentos micro y macroeconómicos, Anderson et al. (2003) presentaron una evidencia teórica al vincularlo con las funciones de gasto de preferencias homotéticas. Y de forma complementaria, Baier y Bergstrand (2004) demostraron que el comercio bilateral no depende solo del ingreso y distancia, sino también de la diferenciación de productos, la dotación de factores y los precios relativos.

Más adelante, Krugman et al. (2023), en su versión más actualizada, ampliaron el modelo de gravedad al introducir los rendimientos crecientes y la diferenciación de productos, sentando las bases de la nueva teórica del comercio internacional. En esta perspectiva, se planteó que los países con mayor tamaño económico y cercanía geográfica tienden a comerciar más que aquellos con menor desarrollo o mayores distancias.

Además, Mulabdic y Yasar (2021) utilizaron el modelo de gravedad para estimar el potencial exportador entre países, ampliando su aplicación más allá del análisis de los flujos comerciales. Estos autores aplicaron un enfoque econométrico basado en el modelo estructural de gravedad para identificar brechas entre el comercio efectivo y potencial, permitiendo tomar en cuenta oportunidades no explotadas en los mercados internacionales. Los resultados mostraron que variables como el PIB de los países socios y la distancia geográfica fueron factores determinantes significativos del comercio, aunque el análisis del potencial exportador dio una idea adicional para la creación de políticas comerciales y estrategias de diversificación. De esta manera, este estudio refuerza la utilidad del modelo de gravedad como herramienta explicativa y prospectiva del comercio internacional. De manera similar, Coşkuner y Sogah., (2023) realizaron una ampliación del modelo de gravedad tradicional al incorporar variables asociadas a efectos

de red y factores macroeconómicos. A través de un análisis empírico, mostraron que, además del PIB y la distancia geográfica, variables como el tipo de cambio y las relaciones económicas entre países influyen directamente en los flujos de exportación. Los resultados confirmaron que el desempeño exportador responde a múltiples dimensiones económicas.

De manera complementaria, Moustaf et al. (2023) utilizaron el modelo de gravedad para analizar los factores determinantes del comercio y estimar el potencial comercial de Egipto. El estudio aplicó datos de panel y distintas especificaciones econométricas, añadiendo variables tradicionales como el PIB del país exportador e importador y la distancia geográfica, junto con variables asociadas a acuerdos comerciales. Los resultados confirmaron que el tamaño económico de los países importadores mantuvo una relación positiva, mientras que la distancia mantiene una relación negativa pero significativa con las exportaciones de Egipto y evidenciando que el modelo de gravedad no solo permitió evaluar el comportamiento del comercio, sino también sus posibilidades de crecimiento futuro.

Ahora bien, se ha propuesto extensiones al modelo de gravedad incorporando características productivas adicionales; como Tiits et al. (2024) quienes analizaron la relación entre la complejidad de los productos y los flujos comerciales internacionales mediante un modelo de gravedad, encontrando que los países tienden a exportar con mayor intensidad aquellos bienes que guardan mayor relación con su estructura productiva existente. Los resultados indicaron que, además de las variables económicas tradicionales, la complejidad productiva y la cercanía tecnológica influyeron de manera significativa en el patrón de exportaciones, reforzando la flexibilidad del modelo de gravedad para incorporar nuevos determinantes del comercio.

De manera complementaria, Tonon et al. (2019), aplicaron un análisis de elasticidad-renta al estudio de los flujos comerciales bilaterales, lo que permitió identificar cómo las variaciones del ingreso en los países socios afectan sobre la demanda de productos ecuatorianos. Los resultados mostraron que los bienes tradicionales de exportación presentaron una alta sensibilidad frente al crecimiento económico de los socios comerciales, lo cual confirmó la vulnerabilidad de la economía ecuatoriana al depender de productos que están ligados al ciclo económico externo.

Finalemente, Leitão (2024) realizó una revisión sistemática de estudios empíricos que aplican el modelo de gravedad al comercio y a las exportaciones, destacando que variables como el PIB de los socios, la distancia geográfica, el idioma común y la

pertenencia a acuerdos comerciales fueron factores determinantes consistentes de los flujos comerciales. El autor señaló que, pese a las diversas extensiones metodológicas del modelo, su estructura básica mantiene una elevada capacidad explicativa para identificar los factores que influyen en las exportaciones.

De forma similar, Albornoz y Tonon (2020) aplicaron un modelo de gravedad para analizar el comercio entre Ecuador y la Unión Europea, tomando en cuenta el PIB y la distancia geográfica como principales variables. Los autores concluyeron mientras mayor es la distancia entre Ecuador y sus socios, menor tiende a ser la intensidad de los flujos comerciales.

Asimismo, Vázquez y Tonon (2021) centraron su análisis en las exportaciones de cacao, tomando el PIB y la distancia geográfica entre Ecuador y sus socios comerciales y utilizando datos de panel con un enfoque de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) con efectos fijos. Los resultados fueron consistentes con los hallazgos previos de Albornoz y Tonon (2020) , al demostrar que el PIB tuvo una relación positiva con los flujos comerciales, mientras que la distancia actuó como un factor restrictivo. En conjunto, los estudios reafirmaron la validez del modelo de gravedad para explicar las exportaciones ecuatorianas y la importancia de sus factores estructurales externos.

Además, Jaya (2018), quien a su vez aplicó un modelo de gravedad para analizar la evolución del comercio internacional del Ecuador desde 1990 hasta 2015, encontró que el PIB mantuvo una relación positiva con el comercio, mientras que la distancia presento una relación negativa; reafirmando la teórica mediante un estudio con variables como el PIB, la distancia geográfica y factores estructurales del comercio internacional, utilizando datos de panel y técnicas de regresión econométricas.

Finalmente, Loja (2023) amplió dicho análisis del modelo de gravedad al incorporar variables de control que trasciende los factores netamente económicos, como la dolarización, el idioma común y la existencia de fronteras comunes. El estudio utilizó datos de panel y comparó distintos métodos econométricos, entre ellos el modelo con efectos fijos y aleatorios; con el objetivo de capturar las diferencias no observadas entre países como la influencia de factores estructurales constantes en el tiempo. Los resultados mostraron que, si bien las variables tradicionales del modelo de gravedad, como el PIB y la distancia geográfica explican el comportamiento de los flujos comerciales; las condiciones estructurales y culturales también influyen en la orientación del comercio exterior ecuatoriano, ya que facilitaron la comercialización con determinados mercados

y ayudaron a explicar por qué algunos países se consolidaron como destinos prioritarios de las exportaciones del país.

En el contexto latinoamericano, Rivadeneira et al. (2024) aplicaron el modelo de gravedad para analizar las exportaciones de República Dominicana hacia sus principales socios comerciales. Este estudio usó datos de panel e incorporó variables tradicionales como PIB de los países importadores y la distancia geográfica. Los resultados mostraron que el tamaño del mercado importador influyó positivamente en la intensidad de las exportaciones, mientras que la distancia continuando influenciando negativa pero significativamente a las exportaciones.

En este contexto, Natale et al. (2015) aplicaron el modelo de gravedad para estudiar las exportaciones mundiales de mariscos y carne, considerando distintos niveles de desagregación de cada producto. En su investigación incorporaron variables como la producción primaria, el consumo, la población, los ingresos, el producto interno bruto, los acuerdos comerciales y la distancia geográfica entre países. Los resultados mostraron que el comercio de mariscos se orienta hacia países con menores costos de mano de obra, mientras que, en el caso de la carne, la disponibilidad de producción primaria es un factor clave, con mayor atracción hacia mercados de altos ingresos. En conjunto, estos estudios confirmaron la pertinencia del modelo de gravedad para analizar el comportamiento de las exportaciones de alimentos.

Posteriormente, Ayuda et al. (2022) estimaron un modelo de gravedad para examinar el comportamiento de las exportaciones agroalimentarias de quince países latinoamericanos hacia sus principales socios comerciales durante el período 1994–2019. Los resultados evidenciaron que el PIB de los países compradores, la integración comercial regional y la baja de los costos comerciales influyeron positivamente en los flujos exportadores, mientras que la distancia geográfica sigue actuando como una barrera al momento de comerciar. En el mismo contexto del análisis regional, Balogh y Borges, (2022) aplicaron un modelo de gravedad con estimación PPML para identificar los determinantes del comercio agrícola en América Latina y el Caribe. Sus hallazgos confirmaron que el tamaño del mercado destino, la existencia de acuerdos comerciales y las similitudes culturales, como el idioma común, etc. Favorecen las exportaciones, mientras que la distancia geográfica disminuye significativamente los flujos comerciales

De manera similar, Priyadarshani et al. (2024) emplearon un modelo de gravedad para Identificar los determinantes de las exportaciones agrícolas de Sri Lanka hacia sus principales mercados internacionales. Los autores demostraron que el tamaño económico

de los países socios y la distancia geográfica influyeron significativamente en los flujos de exportación, mientras que algunas barreras no arancelarias, como las medidas sanitarias, también jugaron un papel importante en el comercio agrícola. Este estudio afirmó que el modelo de gravedad es una herramienta adecuada para identificar los factores que inciden en las exportaciones de este sector.

Asimismo, Xia et al. (2025) aplicaron un modelo de gravedad para evaluar los determinantes de las exportaciones de productos pesqueros de Pakistán hacia sus principales mercados internacionales, encontrando que el PIB del país importador y la distancia geográfica influyeron significativamente en los flujos comerciales, mientras que la presencia de acuerdos comerciales favoreció el comercio exterior.

En comparación con América Latina, Sanchez et al., (2016) estudiaron la oferta exportadora de café en Brasil, Colombia y Perú durante el período 2000-2013, mostrando que las condiciones económicas de los países importadores, reflejadas en sus ingresos, robustecieron los flujos comerciales, mientras que un aumento de los precios internacionales del café estimuló las exportaciones. No obstante, la distancia geográfica se mantuvo como un factor restrictivo común al comercio internacional de café. Conjuntamente, estos estudios confirmaron la validez del modelo de gravedad para analizar el comercio de café y resaltaron la importancia de factores económicos, geográficos, culturales e institucionales para las exportaciones.

Dentro del grupo de estudios que analizaron específicamente el comercio internacional de café, Abafita y Tadesse, (2021) desarrollaron un análisis empírico utilizando el modelo de gravedad con información bilateral de exportaciones. El objetivo del estudio fue identificar los elementos que explican las variaciones en los flujos exportadores de café entre los principales países productores y sus mercados de destino. Los resultados obtenidos indicaron que el tamaño de las economías, tanto del país exportador como del importador, desempeño un papel relevante en la explicación del comercio de café, mientras que la distancia geográfica siguió funcionando como una restricción significativa. Adicionalmente, el estudio puso en evidencia la influencia de factores estructurales y contextuales, como las características demográficas, el comportamiento del tipo de cambio y ciertas variables culturales, lo que refuerzó la idea de que las exportaciones de café no dependen únicamente de variables económicas tradicionales.

Asimismo, Nguyen (2022) empleó un modelo de gravedad con frontera estocástica para analizar las exportaciones de productos agrícolas, entre ellos el café,

hacia diferentes socios comerciales. El enfoque permitió identificar los factores que influyen tanto en el nivel observado de las exportaciones como en su potencial no aprovechado. Los resultados confirmaron que las variables relacionadas con el tamaño económico de los países involucrados incidieron positivamente en los flujos exportadores, mientras que la distancia geográfica redujo de manera significativa el comercio. Este tipo de evidencia refuerza la utilidad del modelo de gravedad para evaluar el desempeño exportador de productos agrícolas y para identificar los determinantes estructurales que condicionan su inserción en los mercados internacionales.

Desde esta perspectiva, Benavidez (2022) también aplicó el modelo de gravedad para examinar las exportaciones de café orgánico procedente de países centroamericanos hacia el mercado internacional, con especial atención al caso de Estados Unidos. El análisis incorporó, además de las variables convencionales del modelo, elementos vinculados a la diferenciación del producto, tales como los precios y la condición de certificación orgánica. Los resultados surgieron que el nivel de ingreso del país importador constituyó un factor relevante para la expansión de este tipo de exportaciones, mientras que la distancia continúo limitando los flujos comerciales. Asimismo, el estudio matizó que aspectos asociados a la calidad y al valor agregado del producto pueden aumentar las exportaciones, lo que sugirió que el modelo de gravedad permitió tomar en cuenta no solo factores económicos y geográficos, sino también características específicas del bien exportado.

También, Phung y Nguyen (2022) examinaron las exportaciones de café de Vietnam durante el período 2007–2020. Tomando en cuenta variables económicas tradicionales, junto con los precios internacionales del café y la apertura comercial. Sus resultados evidenciaron que el nivel de ingreso del país importador favorece los flujos de exportación, mientras que la distancia geográfica continúa representando una limitante importante.

De manera adicional, Mohamed et al. (2025) ampliaron el enfoque tradicional del modelo de gravedad al añadir técnicas de aprendizaje para analizar los determinantes de los flujos de comercio internacional, en este caso entre Egipto y países del bloque BRICS. El estudio comparó estimaciones econométricas, como modelos de efectos fijos y aleatorios. Los resultados afirmaron que variables tradicionales del modelo como la distancia y el PIB de los países socios continuaron siendo determinantes significativos de los flujos comerciales. Además, la inclusión de técnicas de aprendizajes computarizadas permitió captar relaciones no lineales y patrones más difíciles en los datos, evidenciando

que el modelo de gravedad pudo adaptarse a nuevos resultados y metodologías para fortalecer el análisis del comercio internacional.

Finalmente: Vo et al. (2024) para Vietnam, analizaron los determinantes de las exportaciones de café mediante un modelo de gravedad con enfoque espacial, encontrando que el PIB del país importador, la población, los acuerdos comerciales y la distancia geográfica influyen de manera significativa en los flujos de exportación. También, evidenciaron que variables como los impuestos, las barreras no arancelarias y las variaciones del tipo de cambio real afectaron negativamente las exportaciones de café.

Métodos

El análisis se realizó bajo un enfoque cuantitativo y correlacional, con el objetivo de identificar la relación entre las exportaciones de café ecuatoriano y diferentes variables económicas, aplicadas a un modelo de gravedad del comercio internacional. Se trabajó bajo un panel de datos desbalanceado, debido a la naturaleza y falta de disponibilidad de información a lo largo del periodo de estudio. Las unidades de corte transversal estuvieron conformadas por los principales países destino de las exportaciones de café ecuatoriano: Alemania, Japón, Estados Unidos, Chile, Canadá y Francia, ya que son los países a los cuales el Ecuador ha exportado más café durante el periodo analizado y son los países con mayor información de las exportaciones de café. Se trabajó durante el periodo 1990-2024. La información sobre las exportaciones se obtuvo de las páginas web del Banco Central del Ecuador (2025); los datos de producto interno bruto nominal (PIB) de cada país se recolectaron del Banco Mundial (2025), mientras que las distancias geográficas desde Quito a las otras capitales se calcularon a partir de la información proporcionada en Geodatos (2025). Además, se utilizó R-studio como paquete para el procesamiento de los datos. Este enfoque permitió analizar el grado de asociación entre las variables incluidas en el modelo de gravedad, de acuerdo a la metodología de tipo correlacional (Fernández y Baptista, 2014).

Las variables que fueron incluidas en el modelo de gravedad se presentan en la tabla 1:

Tabla 1

Variables del modelo de gravedad

Variable	Nomenclatura	Concepto	Relación esperada	Fuente
Exportaciones de café en grano.	X_{ijt}	Valor de las exportaciones de café ecuatoriano hacia el país de destino "*j"* en el período "*t*", medido en dólares.	Positiva (+)	(Banco Central del Ecuador, 2025)
Producto Interno Bruto del país destino, nominal.	PIB_{jt}	Valor del producto interno bruto (PIB**)** del país de destino "*j"* en el período "*t*", utilizado como aproximación del tamaño económico y la capacidad de demanda del país importador.	Positiva (+)	(Banco Mundial, 2025)
Producto interno bruto del país exportador, nominal.	PIB_j	Valor del producto interno bruto (PIB**)** del país de exportador "*j"* en el período "*t*", utilizado como aproximación del tamaño económico y la capacidad de demanda del país importador.	Positiva (+)	(Banco Mundial, 2025)
Distancia geográfica.	D_{ij}	Distancia geográfica, medida en kilómetros, entre la capital del Ecuador (Quito) y la capital del país de destino (Berlín, Tokio, Washington D.C., Santiago de chile, Ottawa y París). Esta variable se emplea como un indicador de los costos de transporte y comercio entre países.	Negativa (-)	(Geodatos, 2025)
Idioma común.	I_{ij}	Variable *dummy* que toma el valor de 1 si el Ecuador y el país de destino comparten un idioma común, y 0 en caso contrario. Esta variable busca capturar facilidades en la comunicación y menores costos en el comercio.	Positiva (+) o Negativa (-)	(Anderson y Van Wincoop, 2003)
País dolarizado.	DOL_j	Variable *dummy* que toma el valor de 1 si el país el destino utiliza el dólar estadounidense como moneda oficial, y 0 en caso contrario. Esta variable permite	Positiva (+) o Negativa (-)	(Krugman et al. 2023)

		analizar el efecto de la dolarización sobre las exportaciones ecuatorianas.		
Pandemia.	Pa	Variable *dummy* que toma el valor de 1 durante los años de pandemia y toma el valor de 0 los años que ocurrió la pandemia. Esta variable permite analizar el efecto de la pandemia en las exportaciones e café.	Negative (-)	(Barbero et al. 2021)

Con las variables descritas en la Tabla 1, se elaboró la base de datos y con el fin de no perder información relevante y al no existir valores de cero, se decidió mantener dichas observaciones y trabajar con un panel desbalanceado. En cuanto al tratamiento de los datos, se tomaron las exportaciones en valores "FOB" los cuales son clasificados por distintos códigos arancelarios, en este caso se utilizó el código 0901 dentro de Banco Central del Ecuador; mientras que los demás valores del PIB, se tomaron del Banco Mundial, y la distancia geográfica, obtenidos de Geodatos, no requirieron tratamiento adicional. De la misma manera, se incorporaron variables *dummy* para capturar el idioma común, el uso del dólar como moneda oficial y el impacto de la pandemia.

Especificación del modelo de gravedad

En este estudio se utilizó la forma logarítmica del modelo de gravedad, debido a que permitió una interpretación más sencilla como elasticidades y específica de los coeficientes y facilitó el tratamiento de los datos (Bergstrand, 1985).

En función de lo expuesto anteriormente, el modelo de gravedad utilizado en este estudio se expresó en su forma logarítmica, tal como se observa en la ecuación 2:

Ecuación 2

Modelo de gravedad en su forma logarítmica

$$In\ X_{ijt} = \alpha + \beta_1 \text{ In } PIB_{ij} + \beta_2 \text{ In } PIB_j + \beta_3 \text{ In } D_{ij} - \beta_4\ In\ I_{ij} + \beta_5\ In\ DOL_j + \beta_6\ In\ Pa + \varepsilon_{ij}$$

Donde los β_1, β_2, β_3 representaron las elasticidades de los flujos comerciales con respecto al PIB y distancia; X_{ijt} representaron las exportaciones de café ecuatoriano hacia el país *j* en el período *t;* PIB_{ij} era el PIB del país destino, utilizado como *proxy* del tamaño

económico; D_{ij} representaba la distancia geográfica entre las capitales del Ecuador y los países destino; I_{ij} variable *dummy* que indicó la presencia de un idioma común; DOL_j identificaba si el país de destino utilizaba el dólar estadounidense como moneda oficial de comercio; variable dummy que indicó los años de pandemia; y ε_{ij} correspondió al término de error del modelo.

Sin embargo, el uso de los modelos estocásticos en datos de panel suele generar estimaciones sesgadas si existe continuidad en las exportaciones o cuando variables explicativas teóricamente están relacionadas con el término de error. En el contexto del comercio internacional, es muy común que las exportaciones tengan dependencia temporal, es decir, que las exportaciones actuales dependan de las exportaciones pasadas; esto generó problemas de endogeneidad, autocorrelación y heterogeneidad.

Para la estimación del modelo de gravedad con datos de panel balanceados y desbalanceados, varios estudios como Ristanović y Tošović-Stevanović (2022) y Magezi y Okan (2023), utilizaron el enfoque de efectos aleatorios (MDGF), ya que permitieron incorporar variables que no varían en el tiempo como la distancia geográfica, y las que si varían como las exportaciones. Asimismo, Demirci y Sevüktekin (2022) y Assanvo y Soon (2025) estimaron un modelo de gravedad bajo el enfoque de efectos aleatorios para evaluar las exportaciones y desviaciones del comercio, destacando que efectos fijos permitió un tratamiento adecuado de la heterogeneidad no observada entre países en modelos estimados con datos de panel.

En la estimación de modelos de datos de panel existen diversos métodos que van desde modelos estáticos hasta modelos dinámicos. La elección del estimador óptimo depende fundamentalmente de la estructura de los datos, en particular de la relación entre la sección temporal y la sección transversal. Cuando el número de periodos de tiempo es mayor que el número de unidades transversales (T > N), la literatura econométrica señala que los estimadores dinámicos tienden a perder eficiencia, por lo que su manejo no resulta lo más adecuado bajo este tipo de estructura de panel (Baltagi, 2021).

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, en la presente investigación se seleccionó por la estimación de un modelo estático de datos de panel. Esta decisión se fundamentó en que los modelos estáticos corregidos por heterocedasticidad y autocorrelación proporcionan estimaciones más estables y eficientes, lo que permitió identificar adecuadamente los efectos de las variables especificadas sobre las exportaciones del bien en análisis (Wooldridge, 2012). Un modelo estático resulta eficaz

para capturar relaciones de equilibrio de largo plazo entre variables que presentan variaciones leves de un período a otro, como la producción de los países involucrados en el flujo, o que permanecen constantes en el tiempo, como la distancia (Hsiao, 2022).

Dentro de los estimadores estáticos, el modelo puede estimarse mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO) o a través de estimadores específicos para datos de panel, siendo estos efectos fijos o de efectos aleatorios. En ausencia de heterogeneidad no observada entre las secciones transversales, el estimador de efectos aleatorios resulta el más adecuado, condición que puede ser verificada mediante el test de Breusch Pagan para efectos individuales (Baltagi, 2021).

Específicamente, en los modelos de datos de panel, la estimación puede realizarse mediante modelos de efectos fijos o de efectos aleatorios. Un modelo de efectos fijos incorpora un término constante específico para cada país importador de café, lo que permite capturar la heterogeneidad no observada asociada a cada unidad transversal, en este caso, el país a través del intercepto. De manera diferencial el modelo de efectos aleatorios asume que los países importadores presentan características estructurales similares u homogéneas, de modo que las diferencias no observadas entre ellos se incorporan en el término de error (Wooldridge, 2010).

Para determinar qué modelo usar, se usó el test de Hausman en donde la hipótesis nula contrastó la ausencia de correlación entre los efectos individuales no observados y las variables independientes; Por ende, efectos aleatorios prevaleció sobre efectos fijos (Baltagi, 2021). En función de los resultados obtenidos, en la presente investigación se optó por un modelo de datos de panel con efectos aleatorios.

Para avalar la robustez y eficacia de la estimación, el modelo se debe contrastar con los supuestos econométricos, específicamente validando el mismo para multicolinealidad, heterocedasticidad y autocorrelación. En primera instancia, se evaluó la multicolinealidad por medio del Factor de Inflación de la Varianza (VIF), estadístico que permitió definir la correlación entre las variables explicativas (Gareth et al., 2021). Para la heterocedasticidad se contrastó mediante el test de Breusch Pagan y la autocorrelación mediante el test de Wooldridge (Baltagi, 2021); (Wooldridge, 2012).

De acuerdo con las contrastaciones previamente realizadas, se identificó la presencia de multicolinealidad (ver anexo 1), por lo que se procedió a eliminar las variables con mayor grado de colinealidad, con excepción de la distancia, la cual se mantuvo en el modelo por razones teóricas del modelo de gravedad.

No se detectó heterocedasticidad; sin embargo, se demostró la presencia de autocorrelación serial (ver Anexo 1), en consecuencia, para corregir la misma, el modelo final se estimó mediante el método de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS), considerado un estimador óptimo para paneles con un componente temporal amplio, dado que incorpora una matriz de varianzas–covarianzas que permitió corregir la dependencia temporal de los errores (Baltagi, 2021; Wooldridge, 2012).

4. Resultados

En relación con la estimación realizada, se presentan los principales resultados obtenidos a partir del análisis econométrico. Inicialmente, se muestran los estadísticos descriptivos de las variables incluidas en el modelo, los cuales permitieron observar su comportamiento promedio, nivel de dispersión y significancia. Consecutivamente, se muestran los resultados de la estimación del modelo de gravedad con datos de panel desbalanceados, haciendo énfasis en la interpretación del signo y significancia estadística.

De acuerdo a todos los modelos estimados, contrastaciones y pruebas econométricas que se muestran en el anexo 1, y el modelo resultante se exhibe en la tabla 2, en la cual se comparó a los coeficientes con un nivel de significancia del 0.05%, para verificar su significancia en el modelo y se evidenció su R^2.

Tabla 2

Estimación de los determinantes de las exportaciones del café ecuatoriano mediante efectos aleatorios con mínimos cuadrados generalizados.

Variable	Estimación	P-valor
Intercepto	25.89401	0.0000
In PIB_{ij}	0.53731	0.0000
In PIB_i	-1.11017	0.0000
In D_{ij}	-1.54295	0.0000
R^2	0.23434	

Las exportaciones de café de Ecuador hacia los principales países disminuyen en 1,11% por cada 1% que aumente el PIB, ceteris paribus; mientras por cada 1% que crezcan el PIB de los países importadores las exportaciones se incrementan en un 0,54%, ceteri paribus. Por el lado de la distancia el factor limitante de flujo comercial es estudio, por cada 1% que aumente la misma entre las capitales, se ven reducidas en un 1,54%. ceteris paribus.

La explicación de las variables independientes a la dependiente es de un 23,43%. Del mismo modo, de manera individual los coeficientes resultan ser significativos, presentando el signo correcto en el PIB de los importadores y en la distancia, mientras el PIB de Ecuador muestra el signo contrario.

El signo negativo del PIB de Ecuador muestra una elasticidad de oferta inversa respecto al crecimiento de la producción nacional. Aunque este resultado contrasta con la teoría del modelo de gravedad, puede explicarse por factores estructurales de la economía ecuatoriana. En particular, el incremento del ingreso puede generar un efecto de absorción interna, en el cual aumenta el consumo doméstico y se reducen los excedentes exportables (Krugman et al., 2023). Además, el crecimiento económico no necesariamente impulsa al sector cafetalero, ya que los recursos productivos tienden a reasignarse hacia sectores más dinámicos y rentables, limitando la expansión de la oferta exportable de café(Todaro & Smith, 2012).

Por otro lado, este resultado también refleja una baja competitividad estructural del sector cafetalero en el mercado internacional. Según la teoría del comercio con empresas heterogéneas, en presencia de costos de comercio solo las firmas más productivas participan en exportaciones, mientras que las menos eficientes se orientan al mercado interno (Melitz, 2003); (Krugman et al., 2023). En este sentido, el efecto negativo del PIB sugiere que el crecimiento económico del país no ha estado acompañado por mejoras en productividad y tecnificación del sector, lo que restringe su inserción internacional, consistente con la evidencia empírica del modelo de gravedad en economías en desarrollo (Yotov et al., 2016).

Por el lado del PIB de los importadores muestra una demanda inelástica del café ecuatoriano, por ende, el producto es un bien de consumo básico. Los productos agrícolas resultan ser inelásticos al nivel de renta de los países demandantes del bien (Canavari y Cantore, 2010).

Finalmente, el coeficiente de la distancia resulta el de mayor influencia en las exportaciones de café indicando una elasticidad mayor a uno, por esto, se evidencia que los costos de transporte se establecen con el principal determinante condicional para el sector cafetero de Ecuador orientado hacia el exterior. De acuerdo a Krugman et al., (2023) las investigaciones establecen que la distancia disminuye el nivel de comercio entre un 0,7% a un 1% los flujos comerciales.

Para garantizar la validez econométrica del modelo estimado, se aplicaron varias pruebas de diagnóstico. En primer lugar, se aplicó el teste de Breusch-Pagan Lm, con el cual se validó la inexistencia de efectos individuales (p-valor < 0.05), confirmando la pertinencia del modelo de datos de panel frente a un modelo agrupado. En segundo lugar, se realizó el test de Husman el cual mostró que no existen diferencias sistemáticas entre los estimadores, por lo que el modelo de efectos aleatorios resultó consistente para los

tipos de datos. En cuanto a la multicolinealidad, el facto de inflación de la varianza (VIF) mostró valores mayores a 10 en las variables, indicando presencia de colinealidad, la cual fue corregida para el modelo final.

Además, la prueba de heterocedasticidad de Breusch-Pagan no fue significativa al 5%, indicando una varianza constante de los errores. Sin embargo, la prueba de Wooldridge mostró evidencia de autocorrelación serial ($p < 0.05$), por lo cual se utilizaron estimadores robustos para asegurar inferencias válidas. El test de Wald confirmó que el modelo seleccionado es adecuado y econométricamente consistente para analizar los factores determinantes de las exportaciones de café ecuatoriano.

5. Discusión

Los datos obtenidos permitieron evidenciar el efecto causal e influencia de variables como el PIB del país exportador, el PIB de los países importadores, la distancia geográfica que los separa y distintas variables *dummy* que no resultaron significativas por lo que no se utilizaron; en las exportaciones de café ecuatoriano.

Desde la perspectiva empírica, los resultados obtenidos por medio de la estimación con datos de panel desbalanceados evidenciaron que las variables tradicionales del modelo de gravedad explicaron de manera significativa los flujos comerciales de café ecuatoriano. Estos hallazgos son consistentes con la literatura que han aplicado este enfoque al análisis del comercio agrícola, particularmente en estudios como los de Jaya (2018) y Vo et al. (2024), quienes confirmaron que el tamaño del mercado y la distancia geográfica son determinantes importantes de los flujos de exportación.

En relación al PIB de los países importadores, el coeficiente positivo y significativo confirma las teorías centrales del modelo de gravedad, donde el tamaño económico del mercado importador aumenta los flujos comerciales. Este resultado se alinea con la formulación teórica de Anderson (1979) y con las extensiones realizadas por Bergstrand (1985), quienes sostuvieron que a mayores niveles de ingreso implicaron una mayor capacidad de demanda de bienes importados. Del mismo modo, coincide con la evidencia empírica explicada por Jaya (2018) para el caso ecuatoriano y por como Tadesse y Abafita (2021) en el comercio internacional de café, donde el tamaño del mercado importador constituyese un determinante clave en la expansión de las exportaciones. Además, este hallazgo se respalda con lo señalado por Tonon et al. (2019), quienes destacan la sensibilidad de los bienes tradicionales y no tradicionales frente al ingreso de los países destino.

En cuanto a la distancia geográfica, el coeficiente negativo y significativo reafirma la hipótesis esencial del modelo de gravedad, en donde a mayor distancia geográfica, costos de transporte o barreras implícitas, se reduce la intensidad de los flujos comerciales. Este resultado coincide con el planteamiento original de Tinbergen (1962) y con las posteriores actualizaciones de Baier & Bergstrand (2004), quienes sostuvieron que la distancia actúa como variable *proxy* de los costos comerciales. Asimismo, estos resultados coinciden con la evidencia empírica de Nguyen (2022) y Vo et al. (2024) en el comercio internacional de productos agrícolas y especialmente de café, donde la larga distancia geográfica sigue siendo un factor restrictivo estructuralmente.

En contraste, esperado por la teoría, el PIB del país exportador, en este caso Ecuador, presentó un coeficiente negativo y estadísticamente significativo. De acuerdo con la teoría del modelo de gravedad, al tener un mayor tamaño económico deberá fortalecerse las exportaciones; sin embargo, en este caso el resultado muestra un comportamiento distinto para el café ecuatoriano. Este resultado difiere de lo demostrado por Jaya (2018) y Tadesse y Abafita (2021), quienes mostraron una relación positiva entre el tamaño económico del país exportador y sus exportaciones. Una posible explicación cae en que el café representa una parte relativamente pequeña dentro del PIB total del Ecuador, por lo que el crecimiento económico nacional no necesariamente implica un aumento proporcional en la oferta exportable de este producto. Además, cuando la economía crece, es posible que los recursos productivos se orienten hacia otros sectores más demandados, lo que podría reducir la participación del café dentro del comercio exterior.

Además, este resultado puede interpretarse también desde la perspectiva del modelo estructural de gravedad, como lo plantearon Mulabdic y Yasar (2021), quienes afirmaron que el comercio estudiando no necesariamente muestra el potencial exportador máximo de un país. En este sentido, el coeficiente negativo del PIB exportador puede estar evidenciando una brecha entre el crecimiento económico agregado y el desarrollo específico del sector cafetero. Es decir, el crecimiento del PIB nacional responde distintos comportamientos del sector agrícola tradicional, lo que sugiere que el café ecuatoriano podría no estar aprovechando la capacidad productiva de absorción de los mercados internacionales.

Igualmente, al tratarse de un producto agrícola primario, la producción y exportación de café también pueden estar influenciadas por factores climáticos, precios internacionales y niveles de productividad, fenómenos que no siempre crecen al mismo ritmo que el PIB. Esto podría explicar por qué el crecimiento económico del país no se traduce automáticamente en mayores exportaciones de café.

En cuanto a las variables *dummy* consideradas inicialmente, tales como idioma común, país dolarizado y periodo de pandemia, fueron excluidas del modelo final debido a la no significancia en el modelo. Este resultado se contrasta con lo señalado por Loja (2023), quien encontró que factores estructurales y culturales pueden influir en la orientación del comercio exterior ecuatoriano; otros estudios aplicados al análisis sectorial, como el de Vásquez y Tonon (2021), centraron su estimación principalmente en las variables tradicionales del modelo de gravedad, como el PIB y la distancia

geográfica, sin encontrar evidencia del efecto individual de variables estructurales adicionales. No obstante, en esta investigación dichas variables presentaron una alta correlación con los determinantes principales del modelo, particularmente el PIB y la distancia, lo que limitó su identificación individual dentro de la estimación. Esto sugiere que, al menos para el comercio de café, los factores económicos tradicionales continúan explicando en mayor medida el comportamiento de las exportaciones.

Desde la parte metodológica, Mohamed et al. (2025) discuten sobre que la incorporación de variables y nuevas técnicas econométricas pueden mejorar la identificación de efectos no lineales y relaciones no vista entre las variables comerciales. Aunque en este estudio las variables estructurales adicionales no resultaron estadísticamente significativas, es posible que ciertos efectos sean capturados por las variables tradicionales del modelo

En conjunto, los resultados obtenidos reafirman que el modelo de gravedad continúa siendo la herramienta adecuada para explicar el comportamiento de las exportaciones de café ecuatoriano, especialmente con el tamaño económico de los países importadores y la distancia geográfica como factor limitante, lo cual coinciden con lo planteado por Anderson (1979) y con estudios recientes sobre comercio de café como los de Vo et al. (2024) y Tadesse y Abafita (2021). Sin embargo, el resultado negativo del PIB del país exportador muestra que el comportamiento del sector cafetero no siempre se sigue lo que plantea la teoría tradicional, ya que el desempeño de este producto puede estar más relacionado con factores propios del sector agrícola que con el crecimiento general de la economía. De este modo, esta investigación aporta evidencia específica para el caso del Ecuador y complementa investigaciones previas como las de Jaya (2018) y Vásquez y Tonon (2021), al mostrar que, aunque el modelo de gravedad tiene su validez teórica; su aplicación a un producto específico como el café puede presentar variaciones dentro del comercio exterior ecuatoriano.

En este sentido, los resultados obtenidos permitieron profundizar en la discusión sobre la aplicación sectorial del modelo de gravedad. Si bien la literatura ha demostrado su firmeza empírica para el comercio internacional, tal como lo plantea Leitão (2024), el resultado puede variar cuando se analiza un producto agrícola específico. Estudios aplicados al comercio agroalimentario en América Latina, como las de Ayuda et al. (2022) y Balogh y Borges (2022), mostraron que las elasticidades asociadas a los determinantes tradicionales pueden presentar diferencias dependiendo de la estructura productiva y del grado de especialización del país exportador. De este modo, en el caso

del café ecuatoriano se refuerza la idea de que el modelo mantiene su base teórica, aunque su interpretación sectorial necesitó de conocimientos adicionales.

Igualmente, Tiits et al. (2024) recalcaron que la complejidad productiva influye en los patrones de comercio, mientras que Coşkuner y Sogah (2023) mostraron que los flujos comerciales responden a *shocks* macroeconómicos que no siempre son captados por le PIB. Bajo este punto de vista, los resultados de esta investigación no contradicen la teoría, sino que refuerzan la idea de que las variables tradicionales pueden influir de distinta manera dependiendo de la estructura productiva del país.

Del mismo modo, el comparar los resultados obtenidos con aplicaciones actuales del modelo de gravedad en distintos países, como el caso de Egipto analizado por Moustaf et al. (2023) y Rivadeneira et al. (2024) para República Dominicana, se observó que, aunque el modelo mantiene su coherencia empírica, los resultados de los coeficientes pueden variar dependiendo de la estructura económica del país exportador y del grado de diversificación de su matriz productiva. De este modo, el resultado negativo del PIB del Ecuador muestra que existe una particularidad sectorial del café ecuatoriano dentro del comercio exterior del país.

Desde el enfoque de la metodología utilizada, la consistencia y su significancia estadística refuerza la estabilidad del modelo estimado. Tal como señalaron Baltagi (2021) y Wooldridge (2012), que la correcta estimación, especificación y el tratamiento de los supuestos econométricos son fundamentales para evitar estimaciones sesgadas. De este modo, la aplicación de efectos aleatorios con mínimos cuadrados generalizados garantizó la mayor confiabilidad en los resultados. Además, tomando en cuenta el coeficiente de determinación obtenido de 23.43%, el cual evidenció una capacidad explicativa moderada del modelo, lo cual fue consistente con lo planteado por Natale et al., (2015) quienes señalan que, si bien el modelo de gravedad presenta altos niveles de ajuste en el comercio agregado, en modelos sectoriales los valores tienden a ser menores debido a la heterogeneidad de los determinantes del comercio. En este sentido, el resultado del presente estudio coincidió con el planteamiento de los autores, ya que, al analizar un producto primario como el café, los flujos comerciales están influenciados por múltiples factores específicos como características del producto, preferencias del consumidor y dinámicas productivas que no siempre son capturados completamente por el modelo, lo que reduce su poder explicativo.

6. Conclusiones

Este estudio cumplió con el objetivo planteado, ya que se identificaron los principales determinantes de las exportaciones de café y se analizaron sus efectos. La investigación permitió comprender que factores económicos o sociales influyeron en el comportamiento de las exportaciones de café ecuatoriano.

Además, se estimó el modelo econométrico utilizando datos de panel desbalanceados con efectos aleatorios y mínimos cuadrados generalizados. Los resultados más importantes mostraron que el PIB de los países importadores influyó positiva y significativamente en las exportaciones de café ecuatoriano, mientras que la distancia tuvo un efecto negativo y significativo, tal como lo establece la teoría. Por otro lado, el PIB del país exportador tuvo un signo negativo contradiciendo la teoría tradicional y mostró que el crecimiento económico del Ecuador no necesariamente impulsó las exportaciones de café. Y, el coeficiente de determinación obtenido indicó que el modelo explica una proporción moderada de la variabilidad de las exportaciones de café, lo cual es consistente con la literatura del modelo de gravedad aplicada a datos reales. Si bien este valor no es elevado, no invalida el modelo, ya que los flujos comerciales están influenciados por múltiples factores no observables o difíciles de cuantificar, como barreras no arancelarias, calidad del producto, condiciones institucionales y dinámicas del mercado internacional. En este sentido, el modelo logra capturar parcialmente los determinantes estructurales del comercio, manteniendo coherencia teórica y relevancia empírica.

Por consiguiente, se utilizaron variables adicionales de carácter económico y social; sin embargo, estas se no quedaron en el modelo final debido a problemas de no significancia. Esto permitió demostrar que los determinantes tradicionales del modelo de gravedad explicaron con mayor certeza el comportamiento de las exportaciones del sector cafetero.

De manera general, la investigación confirmó la utilidad del modelo de gravedad para analizar las exportaciones de café ecuatoriano y presentó nuevos resultados, diferentes a las demás investigaciones, para el sector cafetero ecuatoriano al mostrar que no depende en gran medida del tamaño económico del Ecuador; no obstante, se evidenció particularidades sectoriales. Entre las principales limitaciones se encontraron la falta de datos completos para todos los países considerados, la exclusión de algunas variables estructurales y la poca fluctuación comercial que tiene este producto. Como futura línea

de investigación, se podría ampliar los años de investigación, incorporar nuevas variables como los precios internacionales, barreras no arancelarias o costos comerciales en vez de la distancia, y aplicar metodologías adicionales que permitan contrarrestar los resultados obtenidos. Además, esta investigación puede ser de utilidad para estudiantes, investigadores y participantes del sector exportador, interesados en entender los factores que influyen en el comercio de café ecuatoriano y en la toma de decisiones dentro del mercado internacional, y muestra que para futuras investigaciones sobre las exportaciones de café se podría acoplar a especificaciones que incorporen estructuras no lineales más amplias.

7. Referencias

Albornoz, A., & Tonon, L. (2020). Aplicación del Modelo de Gravedad entre Ecuador y la Unión Europea para el periodo 2001-2017. *UDA AKADEM*, 11–45. https://revistas.uazuay.edu.ec/index.php/udaakadem/article/view/315

Anderson, J. (1979). A Theoretical Foundation for the Gravity Equation. *American Economic Review*, *69*(3712), 106–116. https://doi.org/10.1126/science.151.3712.867-a

Anderson, J. (2011). The gravity model. In *Annual Review of Economics* (Vol. 3, pp. 133–160). NBER. https://doi.org/10.1146/annurev-economics-111809-125114

Anderson, J., & Van Wincoop, E. (2003). Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. *American Economic Review*, *93*, 170–192. https://doi.org/10.1257/000282803321455214

Armington, P. (1969). A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. *Staff Papers-International Monetary Fund*, *16*(1), 159–178. http://www.jstor.org/stable/3866403

Assanvo, T., & Soon, B. M. (2025). Trade Creation and Trade Diversion Effects in ECOWAS. *International Area Studies Review*, *28*(2), 130–146. https://doi.org/10.69473/iasr.2025.28.2.130

Ayuda, M., Belloc, I., & Pinilla, V. (2022). Latin American Agri-Food Exports, 1994–2019: A Gravity Model Approach. *Mathematics*, *10*(3), 1–22. https://doi.org/10.3390/math10030333

Baier, S., & Bergstrand, J. (2004). Economic determinants of free trade agreements. *Journal of International Economics*, *64*(1), 29–63. https://doi.org/10.1016/S0022-1996(03)00079-5

Baldwin, R., & Taglioni, D. (2006). *Gravity for Dummies and Dummies for Gravity Equations* (12516). http://www.nber.org/papers/w12516

Balogh, J., & Borges. G. (2022). Determinants of Latin American and the Caribbean agricultural trade: A gravity model approach. *Agricultural Economics (Czech Republic)*, *68*(4), 127–136. https://doi.org/10.17221/405/2021-AGRICECON

Baltagi, B. H. (2021). *Econometric Analysis of Panel Data* (6, Ed.). https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-53953-5

Banco central del Ecuador. (2025). *Banco central del Ecuador*. https://www.bce.fin.ec/

Banco Mundial. (2025). *Banco Mundial*. https://www.bancomundial.org/ext/es/home

Barbero, J., de Lucio, J. J., & Rodríguez-Crespo, E. (2021). Effects of COVID-19 on trade flows: Measuring their impact through government policy responses. *PLoS ONE*, *16*(10 October). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258356

Benavidez, L., & Xia, T. (2022). A Gravity Model of Central American Organic Coffee Trade with the United State. *Journal of Food Distribution Research*, *53*(1), 33–40. http://ageconsearch.umn.edu

Bergstrand, J. (1985). The gravity equation in international trade: some microeconomic foundations and empirical evidence. *The Review of Economics and Statistics*, *67*, 474–481. http://www.jstor.org/stable/1925976 .

Blanchard, O., Amighini, A., & Giavazzi, F. (2012). *Macroeconomía* (5th ed.). PEARSON EDUCACIÓN.

Bubáková, P. (2013). Gravitační model mezinárodní směny, jeho proměnné, předpoklady, problémy a aplikace. *Oeconomica Pragensia*, *2*, 3–24. https://doi.org/10.18267/j.aop.396

Canavari, M., & Cantore, N. (2010). Equivalence of organic standards as a signal of affinity: A gravity model of Italian agricultural trade. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing*, *22*(3), 314–327. https://doi.org/10.1080/08974431003641513

Connolly, M. (2025). Dollarization in Ecuador: 2000–2024. *Annals of Operations Research*, *346*(1), 693–701. https://doi.org/10.1007/s10479-024-06365-y

Coşkuner, C., & Sogah, R. (2023). Augmented Gravity Model of Trade with Social Network Analysis. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(19), 2–15. https://doi.org/10.3390/su151914085

Cruz, B., Loor, A., Merino, A., Salas, J., & Tomalá de la Rosa, H. (2025). Impacto de la Dolarización en la Economía Ecuatoriana, tras un Cuarto de Siglo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *9*(1), 3297–3318. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16085

Dascal, D., Mattas, K., & Tzouvelekas, V. (2002). An Analysis of EU Wine Trade: A Gravity Model Approach. *International Advances in Economic Research*, *8*, 135–147. https://doi.org/10.1007/BF02295344

De Benedictis, L., & Taglioni, D. (2010). The gravity model in international trade. In *The Trade Impact of European Union Preferencial Policies* (1st ed., pp. 2–40). Springer. http://ssrn.com/abstract=2384045

Demirci, B., & Sevüktekin, M. (2022). The evaluation of Turkey's foreign trade with different country groups within the framework of the gravity model. *Journal of Applied Microeconometrics*, *2*(2), 52–65. https://doi.org/10.53753/jame.2.2.02

Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación. LIBRO* (6th ed.). Mc Graw Hill.

Gareth, J., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2021). *An introduction to statistical learning: with applications in R*. Springer : Springer Science+Business Media.

Geodatos. (2025). *Geodatos*. https://www.geodatos.net/

Grant, J., & Lambert, D. (2005). Regionalism in word agricultural trade: Lessons from gravity model estimation. *AgEcon Serch*, 2–31. https://doi.org/DOI:10.22004/ag.econ.19269

Hsiao, C. (2022). *Analysis of panel data* (4th ed.). Cambridge University Pres. https://doi.org/10.1017/9781009057745

Jadán, V., Belduma, N., & Elizalde, M. (2024). Evolución y proyección de la producción agrícola (Banano y Café) en Ecuador en el periodo 2012-2025. *Invecom*, *4*, 1–9. https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.10850807

Jaya, C. (2018). Ecuador and its insertion in globalization: An analysis with the gravity model of trade (1970-2015). *X-Pedientes Econoómicos*, *2*(4), 77–95. https://ojs.supercias.gob.ec/index.php/X-pedientes_Economicos/article/view/27

Jiménez, K., Quezada, J., & Vega, A. (2023). Análisis de las exportaciones del café en el Ecuador, periodo 2017-2021. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *7*(1), 6166–6184. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4909

Kepaptsoglo, K., Karlaftis, M., & Tsamboulas, D. (2010). The Gravity Model Specification for Modeling International Trade Flows and Free Trade Agreement Effects: A 10-Year Review of Empirical Studies. *The Open*

Economics Journal, *3*, 1–13. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2174/1874919401003010001

Krugman, P., Obstfeld, M., & Melitz, M. (2023). *International Economics: Theory and Policy*. (12th ed.). Pearson.

Leitão, N. (2024). Gravity Model and International Trade: A Survey of the Literature. *Administrative Sciences*, *14*(9), 2–16. https://doi.org/10.3390/admsci14090219

Loja, M. (2023). Un Modelo de Gravedad para Ecuador con los principales socios comerciales. *Revista Académica Decisión Gerencial*, *2*(5), 51–66. https://decisiongerencial.ucacue.edu.ec

Magezi, H. E., & Okan, T. (2023). A Gravity Model Analysis of Forest Products Trade Between Turkey and European Union Countries. *Drvna Industrija*, *74*(2), 233–241. https://doi.org/10.5552/drvind.2023.0057

Melitz, M. (2003). The Impact of Trade on Intra-Industry Reallocations and Aggregate Industry Productivity. *Econometrica*, *71*(6), 1695–1725. https://web.stanford.edu/~klenow/Melitz.pdf

Mohamed, F., Mansour, S., Mohamed, K., & Oluwafemi, B. (2025). Determinants of bilateral trade between Egypt and BRICS: Gravity model with traditional econometrics and machine learning algorithms. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, *18*(2), 101342. https://doi.org/10.1016/j.jrras.2025.101342

Morland, C., Schier, F., & Weimar, H. (2020). The structural gravity model and its implications on global forest product trade. *Forests*, *11*(2), 1–27. https://doi.org/10.3390/f11020178

Moustaf, I., Deyi, Z., Roshdy, ., Ahmed, A., Tarek, T., Tarek, A., & Mahmood, H. (2023). Determinants and Potential of Trade Using the Gravity Model Approach: Empirical Evidence of Egyptian Rice Crop. *Complexity*, *2023*, 1. https://doi.org/10.1155/2023/4791707

Mulabdic, A., & Yasar, P. (2021). Gravity Model-Based Export Potential An Application to Turkey. *Policy Research Working Paper*, 3–35. http://www.worldbank.org/prwp.

Natale, F., Borrello, A., & Motova, A. (2015). Analysis of the determinants of international seafood trade using a gravity model. *Marine Policy*, *60*, 98–106. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.05.016

Nguyen, D. (2022). Determinants of Vietnam's rice and coffee exports: using stochastic frontier gravity model. *Journal of Asian Business and Economic Studies*, *29*(1), 19–34. https://doi.org/10.1108/JABES-05-2020-0054

Phung, Q., & Nguyen, T. (2022). An Analysis of Factors Impacting Vietnam's Coffee Exports: An Approach from the Gravity Model. *Journal of Asian Finance*, *9*(8), 1–6. https://doi.org/10.13106/jafeb.2022.vol9.no8.0001

Pöyhönen, P. (1963). A Tentative Model for the Volume of Trade between Countries A Tentative Model for the Volume of Trade Between Countries1. *Springer*, *90*, 93–100. http://www.jstor.org/stable/40436776

Priyadarshani, M., Weligamage, P., & Wijetunga, C. (2024). Determinants of Agricultural Exports in Sri lanka: A Gravity Model Analysis. *Sri Lanka Journal of Economic Research*, *12*(1), 47–63. https://doi.org/https://doi.org/10.4038/sljer.v12i1.218

Pullianen, K. (1963). A World Trade Study: An Econometric Model of the Patterns of the Commodity Flows in International Trade 1948-1960. *Economiska Samfundets Tidskrift.*, *7*, 78–91.

Ristanović, V., & Tošović-Stevanović, A. (2022). Export of agricultural products from Serbia to the EU: Panel gravity model. *Ekonomika Poljoprivrede*, *69*(1), 257–268. https://doi.org/10.5937/ekopolj2201257r

Rivadeneira, J., Félix, M., Chávez, P., & Sánchez, M. (2024). *Análisis de las Exportaciones de República Dominicana hacia sus socios comerciales través del modelo gravitacional periodo 2012 –2022*. *7*, 40–59. https://doi.org/https://doi.org/10.46296/rc.v7i13edespjun.0252

Sanchez, L., Ferrerira, A., & Borges, G. (2016). Uma nota sobre modelos gravitacionais aplicados à exportação de café de Brasil, Colômbia e Peru. *Revista Brasileira de Economia*, *70*(3), 271–280. https://doi.org/10.5935/0034-7140.20160013

Tadesse, T., & Abafita, J. (2021). Determinants of global coffee trade: Does RTAs matter? Gravity model analysis. *Cogent Economics and Finance*, *9*(1), 1–22. https://doi.org/10.1080/23322039.2021.1892925

Tiits, M., Kalvet, T., Ounoughi, C., & Ben Yahia, S. (2024). Relatedness and product complexity meet gravity models of international trade. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *10*(2), 2–15. https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100288

Tinbergen, J. (1962). Tinbergen, J. 1962. *The Twentieth Century Fund, New York.*, 195–311. hdl.handle.net/1765/16826

Todaro, M., & Smith, S. (2012). Income Inequality in Mountain Areas: The Case of Agroforestry Farming Systems in Uluguru Mountains, Tanzania. *Economic Development*, *11*, 1–801. https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3024329

Tonon, L., Albornoz, A., García, P., & Pinos, L. (2019). Elasticidad-Renta del comercio bilateral mediante el modelo gravitacional. Caso Ecuador. *Revista Economía y Política*, *XV*(30), 139–156. https://doi.org/10.25097/rep.n30.2019.06

Tonon, L., Altamirano, J., Vera, D., & Ortega, X. (2023). CAN Cap 4 Modelo de Gravedad. In *Los retos de la integración Andina* (pp. 181–214). Casa Editora.

Urdaneta, A., Prieto, R., Guerrero, M., & Ramos, M. (2024). Impacto macroeconómico de la dolarización en el Ecuador durante el período 2006-2023. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, *26*(3), 895–916. https://doi.org/10.36390/telos263.08

Vásquez, V., & Tonon, L. (2021). Modelo de gravedad de las exportaciones de cacao en grano del Ecuador. *INNOVA Research Journal*, *6*(1), 235–250. https://doi.org/10.33890/innova.v6.n1.2021.1591

Vo, T., Yang, L., & Dung, M. (2024). Determinants influencing Vietnam coffee exports. *Cogent Business and Management*, *11*(1), 1–16. https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2337961

Wooldridge, J. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data* (2nd ed.). The MIT Press. https://ipcid.org/evaluation/apoio/Wooldridge%20-%20Cross-section%20and%20Panel%20Data.pdf

Wooldridge, J. (2012). *Introductory Econometrics*. https://cbpbu.ac.in/userfiles/file/2020/STUDY_MAT/ECO/2.pdf

Xia, Y., Yin, H., Mohsin, M., Mehak, A., & Yan, C. (2025). Exploring FTAs, seafood exports, and SDGs: a gravity model analysis of Pakistan's seafood trade with China and regional partners. *Frontiers in Marine Science*, *12*, 1–15. https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1553780

Yotov, Y., Piermartini, R., Monteiro, J., & Larch, M. (2016). *An Advanced Guide to Trade Policy Analysis: The Structural Gravity Model*. 1–137. https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/advancedwtounctad2016_e.pdf

Anexos

Anexo A: Estimación y selección del modelo final

Modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios

```
Pooling Model

Call:
plm(formula = l_fob ~ l_pib_socio + l_pib_ecu + l_dist + Pand +
    Ic + Dol, data = p_base, model = "pooling")

Unbalanced Panel: n = 6, T = 25-35, N = 190

Residuals:
    Min.  1st Qu.   Median  3rd Qu.     Max.
-5.13103 -0.62571  0.24562  0.86796  4.17983

Coefficients:
            Estimate Std. Error t-value  Pr(>|t|)
(Intercept) 16.26614    8.41075  1.9340   0.05466 .
l_pib_socio -1.23574    0.23051 -5.3609 2.474e-07 ***
l_pib_ecu   -0.02774    0.20981 -0.1322   0.89496
l_dist       2.12906    1.01687  2.0937   0.03766 *
Pand         0.41797    0.45737  0.9139   0.36199
Ic          -1.46787    0.74664 -1.9660   0.05081 .
Dol          7.84319    0.88937  8.8188 8.994e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares:    804.66
Residual Sum of Squares: 403.91
R-Squared:      0.49804
Adj. R-Squared: 0.48158
```

Test de Multiplicador de Lagrange de Breusch-PaganM

```
        Lagrange Multiplier Test - (Breusch-Pagan)

data:  l_fob ~ l_pib_socio + l_pib_ecu + l_dist + Pand + Ic + Dol
chisq = 179.96, df = 1, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: significant effects
```

$$H_0 = No\ existen\ efectos\ individuales\ específicos$$
$$H_1 = Existen\ efectos\ individuales\ específicos$$

Modelo de Efectos Aleatorios

```
Oneway (individual) effect Random Effect Model
   (Nerlove's transformation)

Call:
plm(formula = l_fob ~ l_pib_socio + l_pib_ecu + l_dist + Pand +
    Ic + Dol, data = p_base, model = "random", random.method = "nerlove")

Unbalanced Panel: n = 6, T = 25-35, N = 190

Effects:
                 var std.dev share
idiosyncratic  1.490   1.221 0.108
individual    12.336   3.512 0.892
theta:
   Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 0.9307  0.9307  0.9413  0.9385  0.9413  0.9413

Residuals:
    Min.  1st Qu.   Median     Mean  3rd Qu.     Max.
-4.37437 -0.67162  0.04297  0.00229  0.72010  3.14576

Coefficients:
            Estimate Std. Error z-value  Pr(>|z|)
(Intercept)  3.69612   86.63692  0.0427 0.9659709
l_pib_socio -1.50491    0.38870 -3.8716 0.0001081 ***
l_pib_ecu    0.26824    0.23810  1.1266 0.2599131
l_dist       3.51026    9.36128  0.3750 0.7076780
Pand         0.39881    0.38336  1.0403 0.2981980
Ic          -0.60406    9.26790 -0.0652 0.9480325
Dol          8.83561    4.60044  1.9206 0.0547823 .
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Total Sum of Squares:    327.18
Residual Sum of Squares: 283.67
R-Squared:      0.13297
Adj. R-Squared: 0.10455
Chisq: 28.057 on 6 DF, p-value: 9.1667e-05
```

Modelo de Efectos Fijos

```
Oneway (individual) effect Within Model

Call:
plm(formula = l_fob ~ l_pib_socio + l_pib_ecu + l_dist + Pand +
    Ic + Dol, data = p_base, model = "within")

Unbalanced Panel: n = 6, T = 25-35, N = 190

Residuals:
     Min.   1st Qu.    Median   3rd Qu.      Max.
-4.369385 -0.667964  0.081141  0.738175  3.055786

Coefficients:
            Estimate Std. Error t-value  Pr(>|t|)
l_pib_socio -1.50741    0.39293 -3.8364 0.0001723 ***
l_pib_ecu    0.27012    0.24008  1.1251 0.2620285
Pand         0.39876    0.38513  1.0354 0.3018717
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Total Sum of Squares:    325.21
Residual Sum of Squares: 283.17
R-Squared:      0.12928
Adj. R-Squared: 0.09079
F-statistic: 8.95762 on 3 and 181 DF, p-value: 1.4546e-05
```

Test de Hausman

```
        Hausman Test

data:  l_fob ~ l_pib_socio + l_pib_ecu + l_dist + Pand + Ic + Dol
chisq = 0.0045087, df = 3, p-value = 0.9999
alternative hypothesis: one model is inconsistent
```

$$H_0 = Efectos\ aleatoreos\ es\ consistente\ y\ eficiente$$
$$H_1 = Efectos\ fijos\ es\ es\ consistente\ y\ eficiente$$

Factor de Inflación de la Varianza

```
> vif_values <- vif(modelo_vif)
> print(sort(vif_values, decreasing = TRUE))
     l_dist          Ic l_pib_socio         Dol    l_pib_ecu        Pand
  23.148572   11.997245   10.643286   10.232384    1.809819    1.065464
```

Modelo de Efectos Aleatorios bajo corrección de multicolinealidad

```
Oneway (individual) effect Random Effect Model
   (Swamy-Arora's transformation)

Call:
plm(formula = l_fob ~ l_pib_socio + l_pib_ecu + l_dist, data = p_base,
    model = "random")

Unbalanced Panel: n = 6, T = 25-35, N = 190

Effects:
                 var std.dev share
idiosyncratic 1.5651  1.2510 0.726
individual    0.5910  0.7688 0.274
theta:
   Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 0.6905  0.6905  0.7348  0.7231  0.7348  0.7348

Residuals:
   Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
-5.2766 -0.5913  0.0913  0.0254  0.8232  3.2582

Coefficients:
             Estimate Std. Error z-value Pr(>|z|)
(Intercept) 16.190032   7.424537  2.1806 0.029212 *
l_pib_socio  0.023779   0.231112  0.1029 0.918050
l_pib_ecu   -0.494918   0.185342 -2.6703 0.007578 **
l_dist      -0.537719   0.764628 -0.7032 0.481904
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares:    364.77
Residual Sum of Squares: 343.27
R-Squared:      0.059261
Adj. R-Squared: 0.044088
Chisq: 11.5373 on 3 DF, p-value: 0.0091487
```

Heterocedasticidad

```
        studentized Breusch-Pagan test

data:  l_fob ~ l_pib_socio + l_pib_ecu + l_dist
BP = 1.1163, df = 3, p-value = 0.7731
```

$$H_0 = La\ varianza\ de\ los\ errores\ es\ constante$$
$$H_1 = La\ varianza\ de\ los\ errores\ no\ es\ constante$$

Autocorrelación

```
        Wooldridge's test for serial correlation in FE panels

data:  plm.model
F = 42.271, df1 = 1, df2 = 182, p-value = 7.416e-10
alternative hypothesis: serial correlation
```

$$H_0 = No\ existe\ correlación\ en\ el\ término\ de\ error$$
$$H_1 = Existe\ correlación\ en\ el\ término\ de\ error$$

Test de Wald

```
Linear hypothesis test:
l_pib_socio = 0
l_pib_ecu = 0
l_dist = 0

Model 1: restricted model
Model 2: l_fob ~ l_pib_socio + l_pib_ecu + l_dist

  Res.Df Df  Chisq Pr(>Chisq)
1    189
2    186  3 51.413  3.994e-11 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

$$H_0 = Los\ coeficintes\ son\ igual\ a\ cero$$
$$H_1 = Los\ coeficintes\ son\ diferentes\ a\ cero$$

Anexo B 1: Modelo de efectos aleatorios con errores estándar robustos de Walhus

```
Oneway (individual) effect Random Effect Model
   (Wallace-Hussain's transformation)

Call:
plm(formula = log(FOB) ~ log(PIB) + log(PIBECU) + log(`Distancia (KM)`) +
    `Idioma común` + Dolarizado + Pandemia, data = pdat, model = "random",
    random.method = "walhus")

Unbalanced Panel: n = 6, T = 25-35, N = 190

Effects:
                 var std.dev share
idiosyncratic 1.439   1.200 0.464
individual    1.661   1.289 0.536
theta:
   Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 0.8169  0.8169  0.8445  0.8373  0.8445  0.8445

Residuals:
   Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
-4.2294 -0.5843 -0.0056  0.0061  0.6695  3.4344

Coefficients:
                      Estimate Std. Error z-value  Pr(>|z|)
(Intercept)          -20.42037   11.82826 -1.7264 0.0842745 .
log(PIB)              -1.85780    0.43257 -4.2948 1.749e-05 ***
log(PIBECU)            0.41012    0.24235  1.6923 0.0905919 .
log(`Distancia (KM)`)  6.76183    1.93388  3.4965 0.0004714 ***
`Idioma común`         2.76755    1.22734  2.2549 0.0241381 *
Dolarizado             9.64810    1.49498  6.4537 1.092e-10 ***
Pandemia               0.53964    0.32034  1.6846 0.0920703 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares:    475.48
Residual Sum of Squares: 269.07
R-Squared:      0.43412
Adj. R-Squared: 0.41557
Chisq: 140.385 on 6 DF, p-value: < 2.22e-16
```

Anexo C 1: Estimación del modelo atreves de métodos dinámicos (Error en la estimación por la distancia que tiene varianza cero)

```
> modelo_dinamico <- pgmm(l_fob ~ lag(l_fob, 1) + l_pib_socio + l_pib_ecu + l_dist |
+                           lag(l_fob, 4:4),              # Instrumentos GMM (rezagos)
+                         data = p_base,
+                         effect = "individual",         # Efectos fijos individuales
+                         model = "onestep",             # O "twostep" para más eficiencia
+                         transformation = "d")     # Diferencias ortogonales
Error en solve.default(crossprod(WX, t.CP.WX.A1)):
  Lapack routine dgesv: system is exactly singular: U[4,4] = 0
Además: Aviso:
In pgmm(l_fob ~ lag(l_fob, 1) + l_pib_socio + l_pib_ecu + l_dist |  :
  the first-step matrix is singular, a general inverse is used
```

Anexo D 1Modelo de efectos fijos con PIB sectorial y costos de comercio

```
> summary(modelo_FE)
Oneway (individual) effect Within Model

Call:
plm(formula = formula_gravedad, data = pdata, effect = "individual",
    model = "within")

Unbalanced Panel: n = 6, T = 21-27, N = 150

Residuals:
    Min.  1st Qu.   Median  3rd Qu.     Max.
-4.22845 -0.41182  0.16867  0.61531  2.83003

Coefficients:
              Estimate Std. Error t-value  Pr(>|t|)
ln_PIBIMP      -2.56740    0.44798 -5.7311 5.881e-08 ***
ln_PIBSECTOR_A  1.26018    0.34125  3.6929 0.0003170 ***
ln_COSTOS      -2.93691    1.33729 -2.1962 0.0297262 *
PANDEMIA        1.84655    0.54834  3.3675 0.0009796 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares:    220.11
Residual Sum of Squares: 174.72
R-Squared:      0.20622
Adj. R-Squared: 0.1552
F-statistic: 9.09309 on 4 and 140 DF, p-value: 1.4701e-06
>
```