

The Gravity Model in International Business - A bibliometric analysis: Trends, applications and future prospects

Luis Tuñoque-Morante, Estudiante¹, Rodrigo Ballena-Tavara, Estudiante², María Josefina Hernández Barrera, Dra.³, Silvia Lourdes Vidal-Taboada, Mg.⁴ and Nilthon Pisfil-Benites, Mg.⁵
¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u21301032@utp.edu.pe, ²Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u21321853@utp.edu.pe, ³Universidad Autónoma de Tamaulipas, México, josefinahb@docentes.uat.edu.mx, ⁴Universidad Tecnológica del Perú, Perú, svidal@utp.edu.pe, ⁵Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c26592@utp.edu.pe

Abstract– In this research, a bibliometric analysis is carried out on the gravity model in international trade, covering the period from 1991 to 2024. The bibliometric mapping methodology is applied, using the Scopus database, from which 515 documents from 286 scientific journals were collected. The results show a sustained growth in scientific production since 2005, with an average of 22.63 citations per document and a participation of 1102 authors. Six relevant thematic clusters were identified that address agricultural trade, trade agreements, regional integration, non-tariff barriers and econometric methodologies such as the use of PPML. International collaboration is also highlighted, with a high participation of countries such as China, the United States, Germany and Spain, as well as prominent institutions such as the University of Novi Sad and Beijing Forestry University. The reference spectroscopy technique allowed the identification of three seminal works published in 1962, 2003 and 2020, which marked key milestones in the theoretical and methodological evolution of the model. It is concluded that the gravity model has established itself as a robust and versatile tool in the analysis of international trade, with an increasingly global, collaborative and methodologically advanced approach.

Keywords– Bibliometric Analysis, Global Value Chains, International Trade, Gravity Model, Trade Policy.

El Modelo de Gravedad en los Negocios Internacionales - Un análisis bibliométrico: Tendencias, aplicaciones y perspectivas futuras

Luis Tuñoque-Morante, Estudiante¹, Rodrigo Ballena-Tavara, Estudiante², María Josefina Hernández Barrera, Dra.³, Silvia Lourdes Vidal-Taboada, Mg.⁴ and Nilthon Pisfil-Benites, Mg.⁵
¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u21301032@utp.edu.pe, ²Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u21321853@utp.edu.pe, ³Universidad Autónoma de Tamaulipas, México, josefinahb@docentes.uat.edu.mx, ⁴Universidad Tecnológica del Perú, Perú, svidal@utp.edu.pe, ⁵Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c26592@utp.edu.pe

Resumen– En esta investigación se realiza un análisis bibliométrico sobre el modelo de gravedad en el comercio internacional, abarcando el periodo de 1991 a 2024. Se aplica la metodología de cartografía bibliométrica, utilizando la base de datos Scopus, de la cual se recopilaron 515 documentos provenientes de 286 revistas científicas. Los resultados evidencian un crecimiento sostenido de la producción científica a partir del año 2005, con un promedio de 22.63 citas por documento y una participación de 1102 autores. Se identifica seis clústeres temáticos relevantes que abordan el comercio agrícola, acuerdos comerciales, integración regional, barreras no arancelarias y metodologías econométricas como el uso de PPML. También se resalta la colaboración internacional, con una alta participación de países como China, Estados Unidos, Alemania y España, así como instituciones destacadas como la University of Novi Sad y la Beijing Forestry University. La técnica de espectroscopia de referencias permitió identificar tres obras seminales publicadas en 1962, 2003 y 2020, que marcaron hitos clave en la evolución teórica y metodológica del modelo. Se concluye que el modelo de gravedad se ha consolidado como una herramienta robusta y versátil en el análisis del comercio internacional, con un enfoque cada vez más global, colaborativo y metodológicamente avanzado.

Palabras clave– Análisis Bibliométrico, Cadenas Globales de Valor, Comercio Internacional, Modelo de Gravedad, Política Comercial.

I. INTRODUCCIÓN

En la era actual, el comercio internacional se ha convertido en uno de los principales motores del crecimiento económico global, en medio de un entorno marcado por la integración regional, los tratados multilaterales y la digitalización de las cadenas de valor [1], [2], [3]. En este contexto, la necesidad de comprender con mayor precisión los factores que determinan los flujos comerciales entre países ha llevado a una creciente utilización del modelo de gravedad como herramienta analítica [4]. Este modelo, inspirado originalmente en la ley gravitacional de Newton, pero adaptado al comercio internacional desde 1962 por Leibenstein y Tinberge, permite analizar cómo variables como el Producto Interno Bruto (PIB), la distancia geográfica, los acuerdos comerciales, o las barreras no arancelarias influyen en el volumen de comercio bilateral y la cercanía comercial entre países [5].

Por ello, surgen investigaciones direccionadas a examinar cómo el modelo de gravedad puede ser adaptado o extendido para explicar dinámicas comerciales cada vez más complejas. Por ejemplo, se ha estudiado su aplicación en el análisis de

bloques regionales y acuerdos comerciales como la Alianza del Pacífico, el COMESA, el AfCFTA o la Iniciativa de la Franja y la Ruta [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12]; también se ha investigado la evolución metodológica del modelo con enfoques innovadores como el aprendizaje profundo, el análisis de heterogeneidad temporal, el impacto del terrorismo, la afinidad cultural, las condiciones climáticas o el cambio tecnológico [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20]; de igual forma se ha aplicado el modelo de gravedad a sectores específicos como el comercio de goma arábiga, lácteos, café, películas, productos digitales, carne y pesca, lo que demuestra su versatilidad temática [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28]; asimismo se han desarrollado estudios que examinan el rol de las políticas macroeconómicas, la calidad institucional, la logística y el desempeño regulatorio en los flujos comerciales internacionales [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35]. Estas áreas de estudio buscan ofrecer nuevas explicaciones a los patrones comerciales contemporáneos y contribuyen al perfeccionamiento del modelo de gravedad como herramienta empírica y teórica. En particular, destacan los enfoques que integran efectos estructurales, heterogeneidad entre países, y variables no tradicionales, con el fin de capturar los determinantes del comercio de forma más precisa y contextualizada.

En este escenario, el modelo de gravedad se consolida como uno de los marcos más utilizados para examinar las relaciones comerciales internacionales, pero al mismo tiempo, la creciente diversidad de enfoques, variables y contextos plantea el desafío de contar con una visión sistemática y organizada sobre su evolución y estado actual. En este contexto, la presente investigación se enfocó en realizar un análisis bibliométrico exhaustivo sobre los estudios científicos que aplican el modelo de gravedad en los negocios internacionales, utilizando datos de la base Scopus y herramientas de software libre como Bibliometrix y VOSviewer, con el objetivo de identificar las tendencias temáticas predominantes, los autores e instituciones más influyentes, y los desafíos y vacíos existentes en la literatura. Se busca así aportar una base sólida para futuras investigaciones y fortalecer el análisis empírico del comercio internacional en un mundo cada vez más interconectado y cambiante?

II. METODOLOGÍA

La presente investigación tiene como objetivo comprender la perspectiva científica asociada al uso del modelo de gravedad en los negocios internacionales. Para ello, se implementó la metodología de la cartografía bibliométrica, una estrategia fundamentada en principios matemáticos y estadísticos que permite analizar la producción científica y las diferentes formas de comunicación académica dentro del campo del comercio internacional, en concordancia con lo propuesto por estudios previos en análisis bibliométricos. Esta metodología posibilita identificar tendencias, autores clave, colaboraciones institucionales y temáticas emergentes, ofreciendo una visión estructurada sobre el desarrollo y la aplicación del modelo de gravedad en la literatura científica global, siguiendo la propuesta de [36], [37], [38]. La aplicación de técnicas bibliométricas exige una secuencia estructurada de procedimientos que garantice la solidez del análisis. Este proceso comienza con la delimitación precisa de las preguntas de investigación, continúa con la selección crítica de bases de datos científicas de alta calidad, y se acompaña de la definición de criterios de búsqueda replicables y exhaustivos. Finalmente, se lleva a cabo un tratamiento cuantitativo de los metadatos recolectados, mediante herramientas estadísticas y modelos matemáticos que permiten interpretar de forma objetiva la evolución, estructura y dinámica del conocimiento en torno al modelo de gravedad aplicado al comercio internacional [39], [40].

A partir de la pregunta central de investigación se formuló una estrategia de búsqueda que abarca términos relevantes: (TITLE-ABS-KEY ("gravitational model" OR "gravity model" OR "gravitational force model" OR "gravitational attraction model" OR "Newtonian gravity model" OR "model of gravitational interaction" OR "gravity-based model" OR "geophysical gravity model" OR "gravitational field model" OR "gravity model theory" OR "gravitational potential model" OR "general relativity gravity model" OR "gravitational influence model") AND TITLE-ABS-KEY ("international business" OR "global business" OR "international trade" OR "cross-border business" OR "international market" OR "global trade" OR "multinational business" OR "international business strategies" OR "global supply chain" OR "international business operations" OR "international business management" OR "global business environment" OR "transnational business" OR "international business economics" OR "international trade relations" OR "globalization and business") AND TITLE-ABS-KEY ("international trade" OR "global trade" OR "international commerce" OR "trade between countries" OR "international trade relations" OR "cross-border trade" OR "global trade networks" OR "trade liberalization" OR "trade agreements" OR "multilateral trade" OR "bilateral trade agreements" OR "world trade" OR "trade barriers" OR "international trade policy" OR "international trade economics" OR "global supply chain" OR "trade flows" OR "global trade patterns" OR "international trade law" OR "international trade organizations")) AND PUBYEAR > 1990 AND PUBYEAR

< 2025 AND (LIMIT-TO (OA , "all")). Esta estrategia de búsqueda abarca una temporalidad específica con el fin de explicar sus primeras publicaciones en el ámbito científico hasta el año 2024. Se eligió la base de datos Scopus fundamentada en su enfoque multidisciplinario y su riguroso proceso multidisciplinario y su riguroso proceso de arbitraje. Esta búsqueda arrojó un total de 515 publicaciones científicas.

En el marco de esta investigación, los registros científicos recopilados desde la base de datos Scopus fueron exportados en formato CSV (Comma Separated Values), lo que permitió su procesamiento posterior bajo un enfoque cuantitativo. Estos datos fueron organizados en hojas de cálculo compatibles con Microsoft Excel, facilitando su depuración, estructuración y análisis estadístico para su posterior interpretación. Se dispone del siguiente enlace con los datos trabajados: https://drive.google.com/file/d/1rbwW1imrNf5_zhvpCLGZz0lTMjqlz8jZ/view?usp=sharing.

Los datos extraídos de la base Scopus contienen múltiples vínculos entre metadatos relevantes, incluyendo relaciones entre autores, instituciones, afiliaciones académicas, entidades financiadoras y países de origen. A partir de esta estructura interconectada, se desarrollaron representaciones visuales de mapas científicos, utilizando redes de coautoría y de co-ocurrencia temática para identificar patrones de colaboración y focos de investigación predominantes. Este proceso de cartografía del conocimiento fue posible mediante el uso de herramientas especializadas de acceso libre, como Bibliometrix (en lenguaje R) y VOSviewer, las cuales permitieron explorar la estructura intelectual y social de la literatura sobre el modelo de gravedad en el comercio internacional.

Bibliometrix es una herramienta desarrollada en el entorno del lenguaje de programación R, orientada a la ejecución de análisis bibliométricos avanzados y a la generación de visualizaciones estadísticas de alta calidad. Este paquete cuenta con el respaldo del R Core Team, grupo responsable del mantenimiento y evolución del lenguaje R, y el aval institucional de la R Foundation for Statistical Computing, una organización sin fines de lucro que impulsa el uso de R en investigaciones científicas y cuantitativas [41]. Para su implementación, fue indispensable la instalación del entorno de desarrollo RStudio.

VOSviewer es una herramienta de software libre desarrollada por la Universidad de Leiden (Países Bajos), especializada en la construcción y visualización de redes bibliométricas. Esta aplicación permite representar gráficamente las interacciones entre distintos elementos del ecosistema científico, como autores, revistas, artículos o instituciones, utilizando criterios como cocitación, coautoría, acoplamiento bibliográfico y relaciones de citación directa. Una de sus funcionalidades más destacadas es la minería de texto, que posibilita la detección y visualización de redes de co-ocurrencia de términos clave [42].

III. RESULTADOS

Para el desarrollo del análisis bibliométrico sobre el modelo de gravedad en el comercio internacional, se estableció

una estrategia de búsqueda que permitió reunir un total de 515 documentos científicos, publicados entre 1991 y 2024. Esta colección fue extraída de la base de datos Scopus, elegida por su cobertura multidisciplinaria y rigurosidad académica. Los documentos seleccionados provienen de 286 revistas científicas y reflejan la participación de 1102 autores, con un índice de coautoría internacional del 13.32%. En promedio, cada publicación fue elaborada por 2.57 coautores y presenta un tiempo medio de impacto de 6.77 años. Además, cada documento ha registrado un promedio de 22.63 citas, lo que evidencia el interés y la continuidad investigativa en torno a esta temática (ver Figura 1).

El análisis bibliométrico evidenció un crecimiento sostenido en la investigación sobre el modelo de gravedad aplicado al comercio internacional, reflejando un interés constante por perfeccionar las herramientas analíticas en un contexto de globalización. Esta evolución ha estado acompañada de una activa colaboración internacional entre autores e instituciones, así como de un notable impacto académico medido por la cantidad de citas recibidas. Los resultados permiten trazar las principales líneas evolutivas de esta agenda investigativa y muestran cómo el modelo se ha consolidado como una herramienta clave en el estudio de los flujos comerciales, respondiendo a los desafíos metodológicos y estructurales del comercio global.



Fig. 1 Información principal de colección de metadatos sobre el modelo de gravedad en el comercio internacional

El análisis temporal de la producción científica, en el periodo comprendido entre 1991 y 2024, evidencia una etapa inicial de baja actividad investigativa hasta el año 2005, caracterizada por un desarrollo incipiente del modelo de gravedad en el ámbito académico. A partir de ese punto, se observa un incremento sostenido en las publicaciones, lo que refleja un creciente interés por parte de diversas disciplinas en aplicar y perfeccionar este modelo para el estudio del comercio internacional (ver Figura 2).

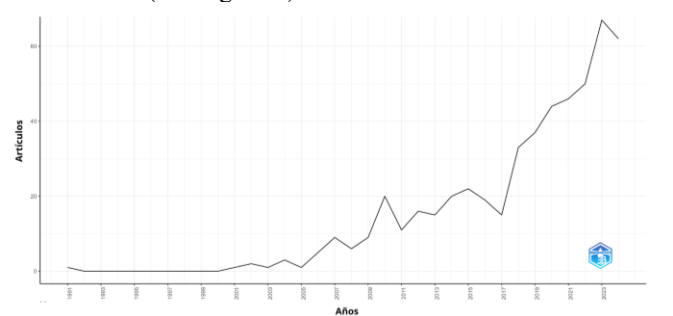


Fig. 2 Evolución de la producción científica vinculada al modelo de gravedad en el comercio internacional

En el análisis, varios autores destacan por su contribución significativa al desarrollo del modelo de gravedad en el comercio internacional. Martínez-Zarzoso I. lidera la producción científica con 9 documentos publicados, consolidándose como la autora más prolífica del campo [43], [44], [45], [46], [47], [48], [49], [50], [51]. Le sigue Garlaschelli D. con 6 publicaciones [52], [53], [54], [55], [56], [57], y los autores Gouveia S., Rebelo J., Rose A.K., Schiavo S., que comparten una destacada participación con 5 documentos cada uno [58], [59], [60], [61], [62], [63], [64], [65], [66], [67], [68], [69], [70], [71], [72]. Además, autores como Devadoss S., Dueñas M., Kohl T. y Larch M. también presentan una sólida presencia con 4 publicaciones cada uno [27], [73], [74], [75], [76], [77], [78], [79], [80], [81], [82], [83], [84], [85], [86], [87] (ver Figura 3).

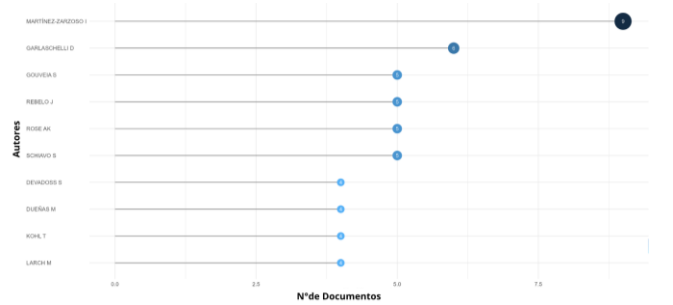


Fig. 3 Autorías relevantes relacionadas al modelo de gravedad en el comercio internacional

A lo largo del tiempo, diversos autores se han mantenido publicando investigaciones relacionadas al tema central, sin embargo, no se tienen cifras de citación tan elevadas, rondando entre 0 a 5 citaciones por documento al año, indiferente a la cantidad de publicaciones que tienen. No obstante, entre resaltan 3 autores por la cantidad de artículos y las citas recibidas al año según su artículo más destacado. Martínez Zarzoso I, destaca con 13.82 citas por año con su artículo publicado en 2015. Rose AK, destaca el año 2004 con su publicación que recibe 35.14 citas por año, sumadas a otras en 2005 con 7.48 citas, y otra en 2016 con 11.1 citas al año. Finalmente, Larch M, también destaca por su ultima publicación en 2021 que alcanzó 38 citas por año.

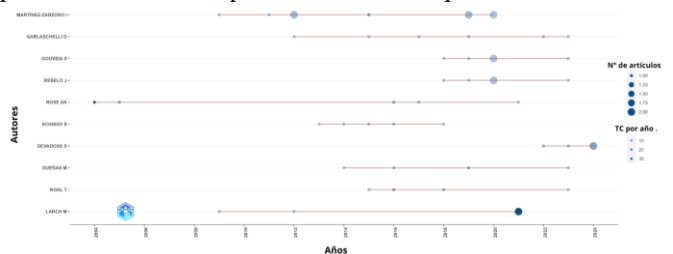


Fig. 4 Producción de los autores sobre al modelo de gravedad en el comercio internacional a lo largo del tiempo

Las afiliaciones institucionales más representativas que acogen a los investigadores dentro del conjunto de publicaciones analizadas revelan una amplia participación académica a nivel global. Liderando el ranking se encuentra la

University of Novi Sad, con un total de 10 publicaciones, consolidándose como el centro académico con mayor producción en la temática del modelo de gravedad aplicado al comercio internacional. Le siguen de cerca Beijing Forestry University, Sultan Qaboos University y University of Groningen, cada una con 8 contribuciones. Asimismo, instituciones como Beijing Normal University, Corvinus University of Budapest, Universiti Kebangsaan Malaysia, University of Goettingen, University of Rijeka y varios trabajos sin filiación registrada (“Notreported”) aparecen con 7 publicaciones cada una. Este panorama refleja una notable diversidad geográfica e institucional, lo cual evidencia el interés transversal y global que suscita esta línea de investigación en distintas regiones y contextos académicos (ver Figura 5).

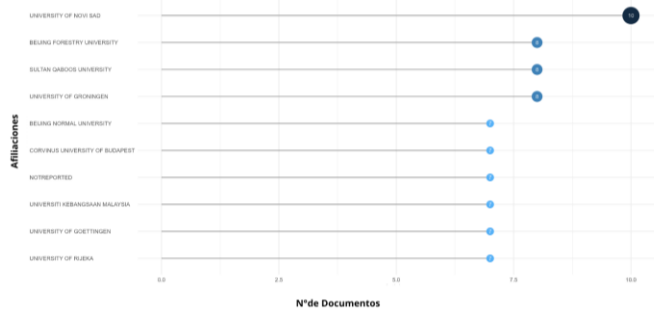


Fig. 5 Afiliaciones más relevantes de investigaciones sobre el modelo de gravedad en el comercio internacional

Las principales fundaciones que financian las investigaciones sobre el tema encontradas en la base de datos son European Comission, National Natural Science Foundation of China, European Regional Development Fund, Horizon 2020 Framework Programme, National Office for Philosophy and Social Sciences, Japan Society for the Promotion of Science, Seventh Framework Programme, Ministerio de Ciencia e Innovación, Deutsche Forschungsgemeinschaft y Fundação para a Ciência e a Tecnologia (ver Figura 6).

La European Commission se posiciona como el principal organismo financiador, promoviendo investigaciones transnacionales orientadas al fortalecimiento de la integración económica y al análisis de políticas comerciales a través de programas como el Horizon 2020 y el Seventh Framework Programme, ambos fundamentales para el impulso de la ciencia y la innovación en la Unión Europea. Por su parte, la National Natural Science Foundation of China cumple un rol clave en el financiamiento de estudios estratégicos dentro del ámbito económico y comercial, respaldando proyectos científicos de alto impacto en China. Asimismo, el European Regional Development Fund tiene como propósito reducir las disparidades regionales dentro de Europa, apoyando el desarrollo económico mediante iniciativas que integran la investigación aplicada con el comercio internacional. En el ámbito académico, el National Office for Philosophy and Social Sciences financia estudios que fortalecen el entendimiento teórico del comercio global desde una perspectiva interdisciplinaria. A nivel asiático, la Japan Society for the Promotion of Science estimula la cooperación científica internacional, mientras que entidades como el Ministerio de

Ciencia e Innovación de España, la Deutsche Forschungsgemeinschaft de Alemania y la Fundação para a Ciência e a Tecnologia impulsan investigaciones desde sus respectivos contextos nacionales, contribuyendo a una red científica global diversa y colaborativa.

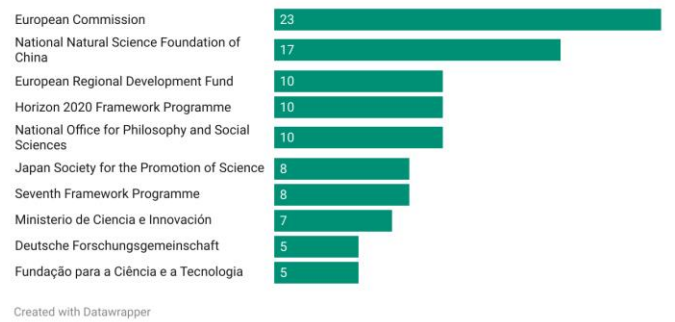


Fig. 6 Patrocinadores institucionales vinculados a investigaciones sobre el modelo de gravedad en el comercio internacional

En el campo de estudio del modelo de gravedad aplicado a los negocios internacionales, China encabeza la producción científica con un total de 195 publicaciones, consolidándose como el principal contribuyente a la literatura especializada. Estados Unidos ocupa el segundo lugar con 152 documentos, reafirmando su protagonismo en las investigaciones sobre comercio internacional. Alemania y España comparten una posición destacada con 85 publicaciones cada una, reflejando una participación sólida por parte de Europa. Italia también sobresale con 81 contribuciones, mientras que los Países Bajos y el Reino Unido registran un volumen equivalente de 39 trabajos. Brasil y Francia aportan 34 publicaciones cada uno, y Malasia cierra el grupo de los diez países más activos con 27. Cabe señalar que la suma total puede superar el número de documentos analizados debido a la presencia de múltiples afiliaciones institucionales por artículo, aunque esta distribución ofrece una aproximación representativa de la productividad por país (ver Figuras 7 y 8).

En el análisis de las colaboraciones internacionales sobre el modelo de gravedad en los negocios internacionales, Alemania lidera con mayor número de colaboraciones, destacando con 7 trabajos conjuntos con España, 4 con el Reino Unido y 4 más con Estados Unidos. Italia mantiene una colaboración activa, registrando 6 investigaciones en conjunto con Francia y los Países Bajos, cada uno. China también presenta un notable dinamismo internacional, con 3 colaboraciones con Corea, Singapur, Reino Unido y Estados Unidos, cada uno. Estas relaciones reflejan la fuerte participación de Estados Unidos, países europeos y asiáticos en redes de investigación transnacional que fortalecen el estudio del comercio internacional desde una perspectiva integrada y multidisciplinaria (ver Figuras 7 y 8).

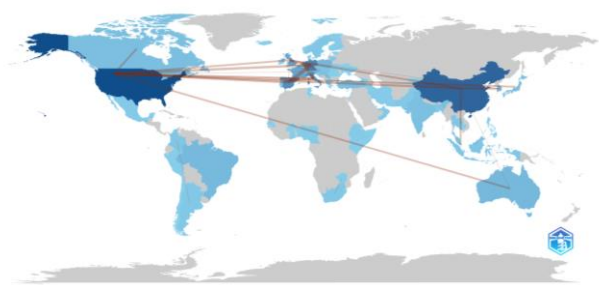


Fig. 7 Países y colaboración internacional sobre el modelo de gravedad en el comercio internacional

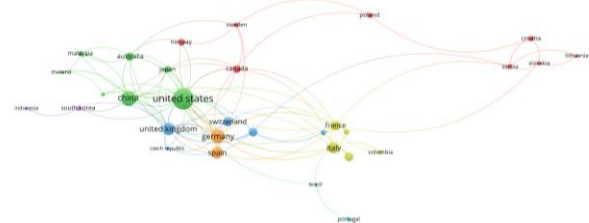


Fig. 8 Mapa semántico del estudio internacional por países relacionado al modelo de gravedad en el comercio internacional

Asimismo, se identificó que las áreas disciplinares con mayor presencia en la investigación sobre el modelo de gravedad en los negocios internacionales son economía, econometría y finanzas, con un total de 326 publicaciones, seguidas por ciencias sociales con 217 contribuciones. También destacan los campos de negocios, gestión y contabilidad (116), ciencias ambientales (73), ciencias agrícolas y biológicas (59), y energía (36). Por último, se agrupan en la categoría “Otros” un conjunto de disciplinas diversas que suman 173 documentos, lo cual evidencia el carácter multidisciplinario de los estudios relacionados con esta temática (ver Figura 9).

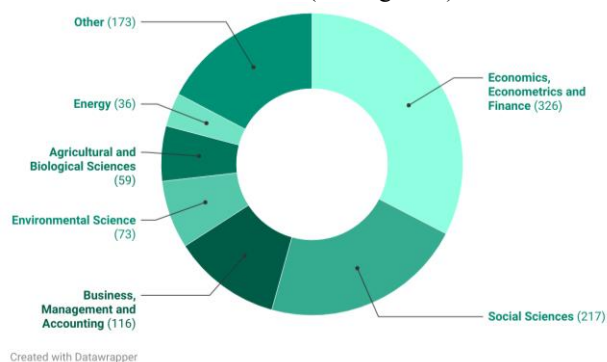


Fig. 9 Áreas de conocimiento sobre el modelo de gravedad en el comercio internacional

En la Figura 10, el análisis de la red de palabras clave evidenció un desarrollo semántico importante en torno al modelo de gravedad en el comercio internacional. Los nodos más destacados son “gravity model”, “international trade”, “trade”, “china”, “regional integration” y “agricultural trade”. Estos se agrupan junto a términos clave como “exports”, “gravity equation”, “panel data”, “trade agreements” y “ppml”, lo que refleja el interés por enfoques cuantitativos, políticas comerciales y dinámicas globales. Este patrón permite

identificar las principales líneas temáticas que configuran el campo actual de estudio.

En el análisis de la red de palabras clave, se identificaron seis clústeres temáticos que reflejan las principales líneas de investigación en torno al modelo de gravedad aplicado al comercio internacional. El Clúster 1 representa el núcleo más robusto, centrado en la aplicación empírica del modelo con términos como “gravity model”, “international trade”, “export”, “panel data” y “ppml”. Este grupo agrupa estudios metodológicos que buscan explicar el comercio bilateral considerando factores como “logistics”, “non-tariff measures” y “trade facilitation”. También incorpora eventos coyunturales (“covid-19”) y estructuras globales como “global value chains”. El Clúster 2, por su parte, articula estudios con un enfoque más teórico y económico, destacando términos como “gravity”, “comparative advantage”, “distance”, “econometrics” y “free trade agreements”. Esta agrupación sugiere investigaciones que exploran los fundamentos conceptuales del modelo y su validación a través de técnicas cuantitativas, siendo esencial para el perfeccionamiento de los marcos analíticos.

El Clúster 3 se enfoca en dinámicas geopolíticas, particularmente relacionadas con Asia, destacando palabras clave como “china”, “belt and road initiative”, “asean”, “trade liberalization” y “wto”. Este grupo señala el interés de la comunidad científica por estudiar el impacto de las estrategias regionales en los flujos comerciales, especialmente a través de acuerdos bilaterales y multilaterales. El Clúster 4 se orienta al estudio de la integración regional y sus efectos, reuniendo términos como “regional trade agreement”, “interregional trade”, “trade creation” y “trade diversion”. Este bloque es clave para comprender cómo la pertenencia a bloques económicos afecta el comportamiento comercial. Por otro lado, el Clúster 5 reúne conceptos vinculados a la dimensión política del comercio, tales como “brexit”, “eu”, “economic integration” y “trade policy”, lo que refleja el interés por los impactos regulatorios y geoeconómicos. Finalmente, el Clúster 6 se concentra en enfoques metodológicos avanzados, con términos como “stochastic frontier gravity model”, “gravity models”, “f15” y “trade potential”, evidenciando investigaciones que buscan mejorar la precisión predictiva del modelo.

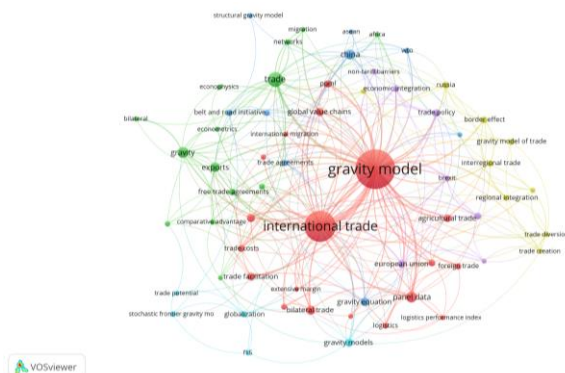


Fig. 10 Mapa semántico relacionado con el estudio del modelo de gravedad en el comercio internacional

Como parte del análisis bibliométrico, se utilizó la técnica de espectroscopía de referencias citadas por año, con la finalidad de identificar las obras clave que han marcado el desarrollo teórico del modelo de gravedad en el comercio internacional (ver Figura 11). Esta herramienta permite examinar la evolución intelectual del campo a través de los documentos con mayor impacto académico, midiendo su frecuencia de citación a lo largo del tiempo. A través de esta visualización, es posible detectar aquellos estudios que han generado rupturas o consolidaciones en la literatura, revelando cuáles han sido los pilares conceptuales más citados y cómo han influido en la dirección de las investigaciones más recientes [88].

En la Figura correspondiente, se identifican tres momentos de alta citación en los años 1962, 2003 y 2020, que coinciden con artículos seminales ampliamente reconocidos. El primer pico se registra en 1962 con la obra *Shaping the World Economy: Suggestions for an International Economic Policy*, escrita por Jan Tinbergen junto a Harvey Leibenstein, la cual alcanza un total de 7528 citas. Este estudio representa la primera formulación empírica del modelo de gravedad, adaptando la ley de gravitación de Newton al análisis del comercio bilateral. Tinbergen demostró que el flujo comercial entre dos países es proporcional al producto de sus PIBs e inversamente proporcional a la distancia geográfica entre ellos, estableciendo así las bases del modelo gravitacional que aún hoy sigue siendo la herramienta más utilizada en estudios de comercio internacional [5].

Un segundo hito teórico se evidencia en el año 2003, con la publicación del artículo *Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle* de James E. Anderson y Eric van Wincoop, con 12,154 citas. Este trabajo resolvió una crítica fundamental al modelo: la falta de una base teórica rigurosa. Los autores proponen una versión estructural del modelo de gravedad que incorpora los efectos de resistencia multilateral, eliminando así el sesgo por variables omitidas. Además, ofrecen una solución empírica al conocido “border puzzle”, encontrando que las fronteras nacionales reducen el comercio entre países industrializados entre un 20% y 50%. Esta publicación consolidó el enfoque teórico moderno del modelo de gravedad, posicionándolo como un instrumento robusto para la evaluación de políticas comerciales y acuerdos internacionales [89].

El tercer pico significativo ocurre en 2020, con el artículo *Fast Poisson Estimation with High-Dimensional Fixed Effects* de Sergio Correia, Paulo Guimarães y Tom Zylkin, que registra 1201 citas. Este trabajo presenta una innovación metodológica clave para la estimación del modelo de gravedad en entornos con efectos fijos de alta dimensión. El desarrollo del comando `ppmlhdf` ha sido fundamental para aplicar estimaciones más eficientes del modelo Poisson en estudios con estructuras complejas de datos de panel. Su impacto ha sido notable al proporcionar una herramienta rápida y confiable para estimar modelos de gravedad con mayor precisión, sobre todo cuando se aplican a múltiples países y periodos de tiempo. Este avance ha fortalecido la calidad técnica de los estudios empíricos

recientes, abriendo nuevas posibilidades para investigaciones robustas y escalables [90].

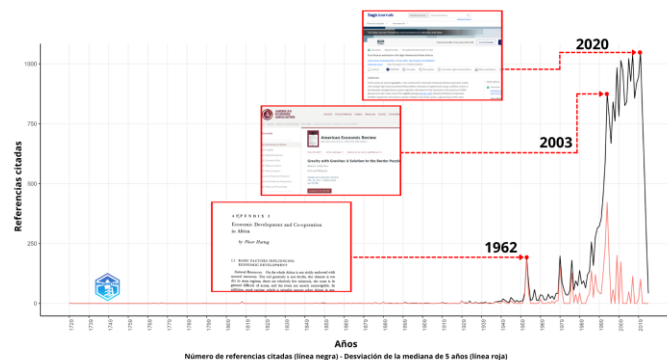


Fig. 11 Estudios seminales sobre el modelo de gravedad en el comercio internacional

El mapa estructural, una herramienta visual clave en el análisis bibliométrico, nos brinda una representación gráfica que facilita la comprensión de la interconexión y la importancia relativa de distintos temas en el ámbito de estudio. En el cuadrante de temas motores, sobresalen palabras clave como *gravity model*, *agricultural trade*, *commerce* y *free trade*. Estas temáticas reflejan investigaciones consolidadas y estratégicas dentro del campo, centradas en el uso del modelo de gravedad para analizar el comercio de bienes, especialmente agrícolas, así como la influencia de los acuerdos comerciales en la apertura de mercados. El enfoque combina análisis econométrico con el estudio de políticas de desarrollo sostenible, lo que indica una línea madura y prioritaria en la literatura científica.

En el cuadrante de temas básicos, se encuentran términos como *international trade*, *export*, *trade flows* y *bilateral agreement*. Estas palabras clave constituyen los fundamentos teóricos y empíricos del campo, ya que están presentes en gran parte de los estudios y sirven de eje transversal para distintas aplicaciones del modelo. Su presencia sugiere que estas temáticas, aunque menos desarrolladas a profundidad en algunos casos, siguen siendo esenciales para articular investigaciones de mayor complejidad.

Por otro lado, en el cuadrante de temas de nicho aparecen términos como *carbon emission*, *manufacturing*, *environmental regulations* y *emission control*, lo que indica un enfoque más especializado en el vínculo entre comercio y sostenibilidad ambiental. Finalmente, los temas emergentes o en declive incluyen palabras como *econophysics*, *complex networks*, *statistics* y *world trade webs*. Estas áreas, con baja centralidad y desarrollo, muestran un interés más exploratorio o interdisciplinario, donde se combinan herramientas de física o teoría de redes para estudiar fenómenos comerciales globales desde nuevas perspectivas.

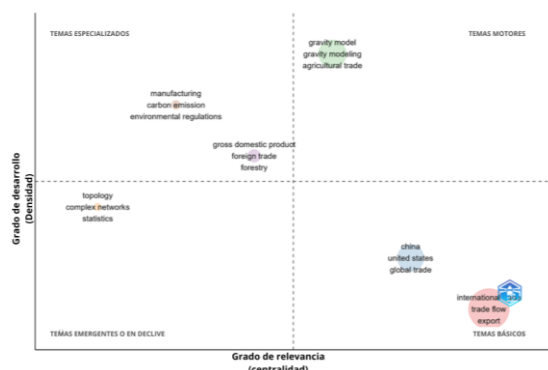


Fig. 12 Mapa estructural de términos clave sobre el modelo de gravedad en el comercio internacional

IV. DISCUSIÓN

Finalmente, el estudio bibliométrico evidencia una evolución histórica clara en las publicaciones relacionadas con el modelo de gravedad en el comercio internacional. Desde 1991 hasta mediados de los años 2000, se observa una etapa inicial con producción académica limitada, seguida de un crecimiento sostenido a partir de 2005, reflejando un interés creciente por perfeccionar los enfoques empíricos y teóricos del modelo. Este impulso ha sido acompañado por una intensificación en la colaboración internacional y una mayor diversidad institucional. Además, el análisis de palabras clave y clústeres temáticos revela áreas centrales de investigación como *“agricultural trade”*, *panel data*, *“trade agreements”* y *regional “integration”*, las cuales se articulan en torno a enfoques metodológicos avanzados y al análisis de políticas comerciales, consolidándose como ejes fundamentales en el estudio contemporáneo de los flujos comerciales internacionales.

En cuanto a las limitaciones propias del enfoque de cartografía bibliométrica, es fundamental reconocer que su dependencia en el análisis de metadatos puede restringir la comprensión profunda de los marcos teóricos, metodológicos o contextuales presentes en los estudios revisados. Aunque la base de datos Scopus fue seleccionada por su amplitud, calidad y cobertura multidisciplinaria, su uso exclusivo puede haber dejado fuera trabajos relevantes publicados en otras plataformas académicas. Asimismo, la aplicación de la espectroscopía de referencias permite identificar hitos históricos a partir de las obras más citadas, pero no garantiza que todas esas obras formen parte del conjunto recuperado desde Scopus, ya que muchas referencias clave pueden provenir de fuentes externas o anteriores al periodo predominante de digitalización.

En el ámbito de las perspectivas para futuras investigaciones, se identifican como desafíos prioritarios profundizar en el análisis del modelo de gravedad en relación con factores geoeconómicos, ambientales y metodológicos aún poco explorados. Por ejemplo, resulta relevante investigar cómo las medidas no arancelarias, la sostenibilidad ambiental y el comercio agrícola interactúan con los flujos comerciales internacionales desde un enfoque gravitacional, considerando su creciente presencia en los clústeres temáticos. Del mismo

modo, se propone estudiar el impacto de eventos recientes como el Brexit, el COVID-19 o la Belt and Road Initiative, los cuales emergen en las redes semánticas como áreas de alto interés, pero con desarrollo incipiente. Finalmente, se plantea como oportunidad el perfeccionamiento de técnicas de estimación, incluyendo el uso del modelo Poisson con efectos fijos de alta dimensión (ppmlhdf), lo cual permitiría avanzar en la precisión predictiva y en la modelación de estructuras comerciales complejas. Estas líneas futuras buscan fortalecer la comprensión del modelo de gravedad como herramienta analítica clave en contextos comerciales cada vez más dinámicos, heterogéneos y tecnológicamente integrados.

V. CONCLUSIONES

La trayectoria histórica de la investigación sobre el modelo de gravedad en el comercio internacional muestra una etapa inicial de baja producción científica desde 1991 hasta aproximadamente 2005, evidenciando un desarrollo aún incipiente en el ámbito académico. No obstante, a partir de ese año se observa un incremento sostenido en la cantidad de publicaciones, lo cual refleja un creciente interés por aplicar y perfeccionar este modelo en el análisis de los flujos comerciales. Este aumento en la actividad investigativa ha ido acompañado de una mayor diversidad institucional, colaboración internacional y evolución metodológica, consolidando al modelo de gravedad como una herramienta clave en los estudios de comercio internacional contemporáneo.

Las investigaciones sobre el modelo de gravedad en el comercio internacional tienen su punto de partida en la obra seminal de Jan Tinbergen en 1962, quien propuso por primera vez una formulación empírica inspirada en la ley de gravitación universal para explicar los flujos comerciales bilaterales. Este enfoque sentó las bases teóricas y metodológicas de una línea de estudio que, durante las décadas siguientes, evolucionó de forma gradual y con bajo dinamismo. Fue recién a partir del año 2005 que se evidenció un aumento sostenido en la producción científica, impulsado por la incorporación de nuevas técnicas econométricas, el análisis de políticas comerciales y la creciente complejidad del comercio global. Este giro marcó el inicio de una fase de expansión académica en torno al modelo, consolidándolo como herramienta analítica fundamental en los estudios de negocios internacionales.

El examen histórico del desarrollo del modelo de gravedad aplicado al comercio internacional revela la influencia decisiva de Jan Tinbergen como precursor teórico en 1962, al introducir una formulación matemática capaz de explicar los flujos comerciales bilaterales. Este hito permitió el surgimiento de una línea investigativa que se fue refinando progresivamente, especialmente a partir del uso de nuevos indicadores econométricos y modelos de estimación robustos como el Poisson Pseudo-Maximum Likelihood (PPML). De forma similar, en el año 2003, la contribución de Anderson y van Wincoop marcó un punto de inflexión al dotar al modelo de una base teórica sólida mediante la incorporación de las resistencias multilaterales. Más recientemente, en 2020, el trabajo de Sergio Correia y colaboradores introdujo innovaciones metodológicas

con el desarrollo del comando `ppmlhdfe`, facilitando estimaciones más precisas en contextos con efectos fijos de alta dimensión. Estas contribuciones han ampliado significativamente la aplicabilidad y el rigor técnico del modelo de gravedad, afianzándolo como una herramienta esencial para analizar el comercio internacional desde múltiples enfoques.

Autores de referencia como Martínez-Zarzoso I., Garlaschelli D. y Rose A.K. han realizado importantes aportes al campo del modelo de gravedad aplicado al comercio internacional, consolidando su liderazgo académico dentro de esta línea investigativa. En paralelo, destacan por su alta productividad instituciones como la University of Novi Sad, Beijing Forestry University y la University of Groningen, las cuales concentran una parte significativa de las publicaciones analizadas. A nivel geográfico, los países más activos en esta temática son China, Estados Unidos, Alemania y España, lo que demuestra una fuerte presencia internacional y una red colaborativa que impulsa el avance y la consolidación del modelo gravitacional como herramienta clave en el estudio de los flujos comerciales globales.

La exploración conceptual del modelo de gravedad en el comercio internacional revela vínculos sólidos con conceptos clave como acuerdos comerciales, comercio agrícola, medidas no arancelarias, integración regional y cadenas globales de valor. Estos hallazgos evidencian la naturaleza multidimensional del modelo, que no solo se limita al análisis económico de los flujos comerciales, sino que también incorpora dimensiones políticas, metodológicas y geoestratégicas. Esta amplitud temática reafirma la versatilidad del enfoque gravitacional como herramienta analítica integral para comprender las complejidades del comercio global contemporáneo.

Las conexiones científicas en torno al modelo de gravedad aplicado al comercio internacional revelan una intensa actividad colaborativa entre países, lo que favorece la integración de enfoques diversos y el fortalecimiento metodológico del campo. Destacan Alemania, España, Italia, China y Estados Unidos como las naciones con mayor nivel de cooperación internacional, participando en múltiples investigaciones conjuntas. Esta dinámica no solo impulsa la calidad de los estudios producidos, sino que también evidencia el carácter transnacional y multidisciplinario de la investigación en este ámbito, en el que convergen distintas realidades económicas, institucionales y académicas para enriquecer el análisis de los flujos comerciales globales.

La investigación proporciona una visión integral sobre la evolución histórica, los autores más influyentes, los conceptos centrales y las redes de colaboración que estructuran el estudio del modelo de gravedad en el comercio internacional. Los hallazgos destacan la consolidación de este enfoque como una herramienta analítica robusta, con una base teórica sólida y en constante perfeccionamiento metodológico. Asimismo, se evidencia su creciente internacionalización, tanto en términos de producción como de cooperación académica, lo que refuerza

su relevancia global y su papel central en el análisis de los flujos comerciales entre países.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Centro de Apoyo Logístico al Investigador de la Universidad Tecnológica del Perú sede Chiclayo.

REFERENCIAS

- [1] L. Liu, "Impact of Economic Globalization on International Relations under the Background of Wireless Communication and Artificial Intelligence," *Wirel Commun Mob Comput*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/6849387.
- [2] V. G. Varnavskii, "THE CHINESE PHENOMENON OF ECONOMIC GROWTH," *World Economy and International Relations*, vol. 66, no. 1, pp. 5–15, 2022, doi: 10.20542/0131-2227-2022-66-1-5-15.
- [3] V. G. Varnavskii, "Drivers of global economy," *World Economy and International Relations*, vol. 64, no. 7, pp. 5–16, 2020, doi: 10.20542/0131-2227-2020-64-7-5-16.
- [4] T. D. Vo, L. Yang, and M. Dung Tran, "Determinants influencing Vietnam coffee exports," *Cogent Business & Management*, vol. 11, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1080/23311975.2024.2337961.
- [5] H. Leibenstein and J. Tinbergen, "Shaping the World Economy: Suggestions for an International Economic Policy.," *The Economic Journal*, vol. 76, no. 301, pp. 92–95, Mar. 1962, doi: 10.2307/2229041.
- [6] E. Delgado-Martínez, "The Impact of the Pacific Alliance on Trade Creation and Trade Diversion in the COVID-19 Period: A Robust Econometric Analysis," *Economies*, vol. 12, no. 12, 2024, doi: 10.3390/economies12120334.
- [7] Y. Zhao, C. Ji, Y. Chen, and X. Zhu, "Who gains, who loses? – The impact of the belt and road initiative on bilateral agricultural trade," *China Economic Review*, vol. 88, 2024, doi: 10.1016/j.chieco.2024.102284.
- [8] S. Masunda and G. Mhonyera, "Effects of free trade on export efficiency of COMESA member-states," *Journal of Shipping and Trade*, vol. 9, no. 1, 2024, doi: 10.1186/s41072-024-00164-1.
- [9] K. Adams, R. Attah-Boakye, H. Yu, I. Chu, and D. Mali, "African Continental Free Trade Area and Regional Trade in ICT and Digital Technologies," *Journal of International Management*, vol. 30, no. 4, 2024, doi: 10.1016/j.intman.2024.101156.
- [10] G. Zeneli, A. Benga, and A. Hoti, "Analysis of Albania's Trade Direction: Is the Open Balkan a New Center of Gravity?," *Economies*, vol. 12, no. 7, 2024, doi: 10.3390/economies12070176.
- [11] M. M. Stack, E. B. Amisshah, and M. Bliss, "African economic integration and trade," *World Economy*, vol. 47, no. 5, pp. 2122–2146, 2024, doi: 10.1111/twec.13538.
- [12] N. Boyko, K. Nes, and K. A. Schaefer, "International trade and Ukraine's pursuit of self-determination," *World Economy*, vol. 47, no. 4, pp. 1460–1477, 2024, doi: 10.1111/twec.13493.
- [13] S. Demidova, K. Kucheryavyi, T. Naito, and A. Rodríguez-Clare, "The small open economy in a generalized gravity model," *J Int Econ*, vol. 152, 2024, doi: 10.1016/j.jinteco.2024.103997.
- [14] R. Song, G. Spadon, R. Pelot, S. Matwin, and A. Soares, "Enhancing global maritime traffic network forecasting with gravity-inspired deep learning models," *Sci Rep*, vol. 14, no. 1, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-67552-2.
- [15] S. Y. Shin, J. McKenzie, and P. Crosby, "Cultural affinity and international trade in motion pictures: Empirical evidence using categorised internet search activity," *Econ Model*, vol. 136, 2024, doi: 10.1016/j.econmod.2024.106732.
- [16] S. Galle and L. Lorentzen, "The unequal effects of trade and automation across local labor markets," *J Int Econ*, vol. 150, 2024, doi: 10.1016/j.jinteco.2024.103912.
- [17] M. Wang and T. Kuusi, "Trade flows, carbon leakage, and the EU Emissions Trading System," *Energy Econ*, vol. 134, 2024, doi: 10.1016/j.eneco.2024.107556.
- [18] C. S. Pham and H. Nguyen, "Impact of terror on international trade in financial services: Does the development of financial institutions matter?," *World Economy*, vol. 47, no. 6, pp. 2476–2514, 2024, doi: 10.1111/twec.13549.

- [19] S. Baier and S. Standaert, "Gravity, globalization and time-varying heterogeneity," *Eur Econ Rev*, vol. 163, 2024, doi: 10.1016/j.eurocorev.2024.104679.
- [20] E. Lamonaca, M. Bozzola, and F. G. Santeramo, "Climate distance and bilateral trade," *Econ Lett*, vol. 237, 2024, doi: 10.1016/j.econlet.2024.111624.
- [21] D. Djetoym, T. Gang, A. Ngucilbaye, and J. Y. R. Lubari, "Assessing Potential and Impact Factors Driving Chadian Gum Arabic International Trade Based on the Augmented Gravity Model," *Sustainability Switzerland*, vol. 16, no. 23, 2024, doi: 10.3390/su162310215.
- [22] V. Stojkoski, P. Koch, E. Coll, and C. A. Hidalgo, "Estimating digital product trade through corporate revenue data," *Nat Commun*, vol. 15, no. 1, 2024, doi: 10.1038/s41467-024-49141-z.
- [23] Z. Leng, K. Yuan, and X. Chen, "Port Service Coordination Sustainability in the Yangtze River Delta in China Based on Spatial Effects," *Sustainability Switzerland*, vol. 16, no. 22, 2024, doi: 10.3390/su162210117.
- [24] R. Chen, D. T. Adu, W. Li, and N. L. W. Wilson, "Virtual water trade: Does bilateral tariff matter?," *Ecological Economics*, vol. 222, 2024, doi: 10.1016/j.ecolecon.2024.108216.
- [25] K. Arora, K. Vatta, S. Kumar, P. Adhale, and P. B. Bhoi, "Exploring India's Dairy Export Competitiveness: Insights from a Gravity Model Analysis," *Indian Journal of Agricultural Economics*, vol. 79, no. 3, pp. 521–534, 2024, doi: 10.63040/25827510.2024.03.013.
- [26] D. E. Kim and S. S. Lim, "Economic impacts of the European Union carding system on global fish trade," *Mar Policy*, vol. 165, 2024, doi: 10.1016/j.marpol.2024.106208.
- [27] W. C. Ridley, J. Luckstead, and S. Devadoss, "Impacts of tariffs and NTMs on beef, pork and poultry trade," *J Agric Econ*, vol. 75, no. 2, pp. 546–572, 2024, doi: 10.1111/1477-9552.12574.
- [28] J. E. Assoua, E. L. Molua, and R. Nkendah, "Evidence of Sanitary and Phytosanitary Measures on Africa's Agricultural Trade: The Case of Coffee Exports from Cameroon to the OECD," *Sage Open*, vol. 14, no. 2, 2024, doi: 10.1177/21582440241243135.
- [29] A. Njoroge Muriu, P. Mugambi Joshua, and M. Mutharime Mwito, "Kenya's macroeconomic policies and trade efficiency within the East African Community: A stochastic frontier analysis," *Research in Globalization*, vol. 9, 2024, doi: 10.1016/j.resglo.2024.100233.
- [30] V. Partsvaniya and E. Pirveli, "Western Sanctions Evasion through Third Countries: The Case of Sanctioned Cars Re-export to Russia," *Nispacee Journal of Public Administration and Policy*, vol. 17, no. 2, pp. 80–108, 2024, doi: 10.2478/nispa-2024-0014.
- [31] W. Wang, Q. Wu, J. Su, and B. li, "The impact of international logistics performance on import and export trade: an empirical case of the 'Belt and Road' initiative countries," *Humanit Soc Sci Commun*, vol. 11, no. 1, 2024, doi: 10.1057/s41599-024-03541-0.
- [32] A. D. Chigeto, M. K. Jayamohan, and E. Ayeru, "Does financial development and institutional quality matter in South-South Trade? Evidence from Sub-Saharan Africa," *Research in Globalization*, vol. 8, 2024, doi: 10.1016/j.resglo.2024.100209.
- [33] M. Đogo, D. Gligorić, and M. Berecz, "TRADE RELATIONS BETWEEN HUNGARY AND BOSNIA AND HERZEGOVINA: THE EVIDENCE FROM THE GRAVITY MODEL," *Economic Horizons*, vol. 26, no. 2, pp. 175–190, 2024, doi: 10.5937/ekonhor2402183D.
- [34] M. Ghodsi, "Regulatory convergence within technical barriers to trade," *World Economy*, vol. 47, no. 5, pp. 1870–1915, 2024, doi: 10.1111/twec.13515.
- [35] A. Mishrif, A. Antimiani, and A. Khan, "Examining the Contribution of Logistics and Supply Chain in Boosting Oman's Trade Network," *Economies*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.3390/economies12030070.
- [36] M. E. Luna and E. Luna, "Estudio bibliométrico de la geografía de la producción científica en México en el campo de la psicología," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, Jan. 2023, doi: 10.46377/dilemas.v2i10.3507.
- [37] L. Tuñoque-Morante, L. Damian-Sandoval, N. Pisfil-Benites, and S. Vidal-Taboada, "Trends and challenges in logistics for cross-border e-commerce: A bibliometric overview | Tendencias y desafíos de la logística para el comercio electrónico transfronterizo: Una mirada bibliométrica," in *Proceedings of the Laccei International Multi Conference for Engineering Education and Technology*, 2024, doi: 10.18687/LACCEI2024.1.1.1656.
- [38] L. Tuñoque-Morante, M. Collazos-Alarcón, N. Pisfil-Benites, and S. Vidal-Taboada, "Bibliometric analysis of the evolution of smart ports and ships: trends and challenges | Análisis bibliométrico de la evolución de puertos y barcos inteligentes: tendencias y desafíos," in *Proceedings of the Laccei International Multi Conference for Engineering Education and Technology*, 2024, doi: 10.18687/LACCEI2024.1.1.972.
- [39] I. Metin and G. Tepe, "Gravity model: A bibliometric analysis and detailed overview," *International Journal of Business and Society*, vol. 22, no. 1, pp. 365–381, 2021, doi: 10.33736/IJBS.3183.2021.
- [40] N. C. Leitão, "Gravity Model and International Trade: A Survey of the Literature," *Adm Sci*, vol. 14, no. 9, 2024, doi: 10.3390/admsci14090219.
- [41] Bibliometrix, "Bibliometrix - Home," Accessed: Jul. 17, 2025. [Online]. Available: <https://www.bibliometrix.org/home/>
- [42] VOSviewer, "VOSviewer - Visualizing scientific landscapes," Accessed: Jul. 17, 2025. [Online]. Available: <https://www.vosviewer.com/>
- [43] I. Martínez-Zarzoso, "Effects of foreign aid on income through international trade," *Politics and Governance*, vol. 7, no. 2, pp. 29–52, 2019, doi: 10.17645/pag.v7i2.1830.
- [44] I. Martínez-Zarzoso and S. Chelala, "The impact of single windows on trade," *World Economy*, vol. 43, no. 10, pp. 2549–2573, 2020, doi: 10.1111/twec.12945.
- [45] A. Martínez-Martínez, S. Esteve-Pérez, S. Gil-Pareja, and R. Llorca-Vivero, "The impact of climate change on international trade: A gravity model estimation," *World Economy*, vol. 46, no. 9, pp. 2624–2653, 2023, doi: 10.1111/twec.13464.
- [46] I. Martínez-Zarzoso, A. M. Voicu, and M. Vidovic, "Production networks in Europe: A natural experiment of the European Union enlargement to the east," *Rev Int Econ*, vol. 28, no. 5, pp. 1143–1163, 2020, doi: 10.1111/roie.12484.
- [47] I. Martínez-Zarzoso, F. Nowak-Lehmann D, and F. Johannsen, "Foreign Aid, Exports and Development in Euromed," *Middle East Dev J*, vol. 4, no. 2, 2012, doi: 10.1142/S1793812012500071.
- [48] I. Martínez-Zarzoso, F. Nowak-Lehmann, S. Klasen, and F. Johannsen, "Does German development aid boost German exports and German employment? A sectoral level analysis," *Jahrb Natl Okon Stat*, vol. 236, no. 1, pp. 71–94, 2016, doi: 10.1515/jbnst-2015-1003.
- [49] L. Márquez-Ramos, I. Martínez-Zarzoso, and C. Suárez-Burguet, "Trade policy versus trade facilitation: An application using 'Good Old' OLS," *Economics*, vol. 6, 2012, doi: 10.5018/economics-ejournal.ja.2012-11.
- [50] T. Núñez-Rocha and I. Martínez-Zarzoso, "Are international environmental policies effective? The case of the Rotterdam and the Stockholm Conventions," *Econ Model*, vol. 81, pp. 480–502, 2019, doi: 10.1016/j.econmod.2018.04.013.
- [51] S. Bensassi and I. Martínez-Zarzoso, "How Costly is Modern Maritime Piracy to the International Community?," *Rev Int Econ*, vol. 20, no. 5, pp. 869–883, 2012, doi: 10.1111/roie.12000.
- [52] A. Almog, R. Bird, and D. Garlaschelli, "Enhanced gravity model of trade: Reconciling macroeconomic and network models," *Front Phys*, vol. 7, no. MAR, 2019, doi: 10.3389/fphy.2019.00055.
- [53] A. Almog, T. Squartini, and D. Garlaschelli, "The double role of GDP in shaping the structure of the International Trade Network," *International Journal of Computational Economics and Econometrics*, vol. 7, no. 4, pp. 381–398, 2017, doi: 10.1504/IJCEE.2017.086875.
- [54] A. Almog, T. Squartini, and D. Garlaschelli, "A GDP-driven model for the binary and weighted structure of the International Trade Network," *New J Phys*, vol. 17, 2015, doi: 10.1088/1367-2630/17/1/013009.
- [55] M. Di Vece, D. Garlaschelli, and T. Squartini, "Reconciling econometrics with continuous maximum-entropy network models," *Chaos Solitons Fractals*, vol. 166, 2023, doi: 10.1016/j.chaos.2022.112958.
- [56] M. Di Vece, D. Garlaschelli, and T. Squartini, "Gravity models of networks: Integrating maximum-entropy and econometric approaches," *Phys Rev Res*, vol. 4, no. 3, 2022, doi: 10.1103/PhysRevResearch.4.033105.
- [57] F. Ruzzenenti, F. Picciolo, R. Basosi, and D. Garlaschelli, "Spatial effects in real networks: Measures, null models, and applications," *Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys*, vol. 86, no. 6, 2012, doi: 10.1103/PhysRevE.86.066110.

- [58] A. Macedo, J. Rebelo, and S. Gouveia, "The impact of COVID-19 government policy on the international wine trade," *Agricultural and Food Economics*, vol. 11, no. 1, 2023, doi: 10.1186/s40100-023-00276-5.
- [59] A. Macedo, S. Gouveia, and J. Rebelo, "Macroeconomic determinants of port and douro wine exports: An econometric approach," *Region*, vol. 7, no. 2, pp. L1–L8, 2020, doi: 10.18335/region.v7i2.314.
- [60] A. Macedo, S. Gouveia, and J. Rebelo, "Does wine quality have a bearing on exports?," *Agris on Line Papers in Economics and Informatics*, vol. 11, no. 4, pp. 49–59, 2019, doi: 10.7160/aol.2019.110405.
- [61] S. Gouveia, J. Rebelo, and L. Lourenço-Gomes, "Port wine exports: a gravity model approach," *International Journal of Wine Business Research*, vol. 30, no. 2, pp. 218–242, 2018, doi: 10.1108/IJWBR-02-2017-0008.
- [62] A. Macedo, S. Gouveia, J. Rebelo, J. Santos, and H. Fraga, "International trade, non-tariff measures and climate change: insights from Port wine exports," *Journal of Economic Studies*, vol. 48, no. 6, pp. 1228–1243, 2020, doi: 10.1108/JES-04-2020-0161.
- [63] A. K. Rose, "Currency Wars? Unconventional Monetary Policy Does Not Stimulate Exports," *J Money Credit Bank*, vol. 53, no. 5, pp. 1079–1096, 2021, doi: 10.1111/jmcb.12815.
- [64] A. K. Rose, "Why do Estimates of the EMU Effect on Trade Vary so Much?," *Open Economies Review*, vol. 28, no. 1, pp. 1–18, 2017, doi: 10.1007/s11079-016-9420-1.
- [65] A. K. Rose, "Do we really know that the WTO increases trade?," *American Economic Review*, vol. 94, no. 1, pp. 98–114, 2004, doi: 10.1257/000282804322970724.
- [66] A. K. Rose, "One reason countries pay their debts: Renegotiation and international trade," *J Dev Econ*, vol. 77, no. 1, pp. 189–206, 2005, doi: 10.1016/j.jdeveco.2004.03.006.
- [67] R. Glick and A. K. Rose, "Currency unions and trade: A post-EMU reassessment," *Eur Econ Rev*, vol. 87, pp. 78–91, 2016, doi: 10.1016/j.eurocorev.2016.03.010.
- [68] M. Riccaboni and S. Schiavo, "Stochastic trade networks," *J Complex Netw*, vol. 2, no. 4, pp. 537–556, 2014, doi: 10.1093/comnet/cnu025.
- [69] A. Fracasso, M. Sartori, and S. Schiavo, "Determinants of virtual water flows in the Mediterranean," *Science of the Total Environment*, vol. 543, pp. 1054–1062, 2016, doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.02.059.
- [70] R. Metulini, P. Sgrignoli, S. Schiavo, and M. Riccaboni, "The network of migrants and international trade," *Economia Politica*, vol. 35, no. 3, pp. 763–787, 2018, doi: 10.1007/s40888-018-0106-6.
- [71] P. Sgrignoli, R. Metulini, S. Schiavo, and M. Riccaboni, "The relation between global migration and trade networks," *Physica A Statistical Mechanics and Its Applications*, vol. 417, pp. 245–260, 2015, doi: 10.1016/j.physa.2014.09.037.
- [72] P. Sgrignoli, R. Metulini, S. Schiavo, and M. Riccaboni, "The relation between global migration and trade networks," in *Proceedings 2013 International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems Sitis 2013*, 2013, pp. 553–560, doi: 10.1109/SITIS.2013.92.
- [73] J. Luckstead, S. Devadoss, and X. Zhao, "Gravity trade model with firm heterogeneity and horizontal foreign direct investment," *Am J Agric Econ*, vol. 106, no. 1, pp. 206–225, 2024, doi: 10.1111/ajae.12395.
- [74] W. Ridley, S. B. Akhundjanov, and S. Devadoss, "The COVID-19 pandemic and trade in agricultural products," *World Economy*, vol. 46, no. 8, pp. 2432–2455, 2023, doi: 10.1111/twec.13376.
- [75] W. Ridley, J. Luckstead, and S. Devadoss, "Wine: The punching bag in trade retaliation," *Food Policy*, vol. 109, 2022, doi: 10.1016/j.foodpol.2022.102250.
- [76] M. Dueñas and A. Mandel, "The structure of global cultural networks: Evidence from the diffusion of music videos," *PLoS One*, vol. 18, no. 11, November, 2023, doi: 10.1371/journal.pone.0294149.
- [77] M. Campi and M. Dueñas, "Intellectual property rights, trade agreements, and international trade," *Res Policy*, vol. 48, no. 3, pp. 531–545, 2019, doi: 10.1016/j.respol.2018.09.011.
- [78] M. Campi and M. Dueñas, "Intellectual Property Rights and International Trade of Agricultural Products," *World Dev*, vol. 80, pp. 1–18, 2016, doi: 10.1016/j.worlddev.2015.11.014.
- [79] M. Dueñas and G. Fagiolo, "Global trade imbalances: A network approach," *Adv Complex Syst*, vol. 17, no. 3–4, 2014, doi: 10.1142/S0219525914500143.
- [80] T. Kohl and S. Trojanowska, "Heterogeneous trade agreements, WTO membership and international trade: an analysis using matching econometrics," *Appl Econ*, vol. 47, no. 33, pp. 3499–3509, 2015, doi: 10.1080/00036846.2015.1016211.
- [81] S. Brakman, H. Garretsen, and T. Kohl, "EXITitis in the UK: Gravity Estimates in the Aftermath of Brexit," *Economist Netherlands*, vol. 171, no. 2, pp. 185–206, 2023, doi: 10.1007/s10645-023-09421-3.
- [82] S. Brakman, H. Garretsen, and T. Kohl, "Consequences of Brexit and options for a 'Global Britain,'" *Papers in Regional Science*, vol. 97, no. 1, pp. 55–72, 2018, doi: 10.1111/pirs.12343.
- [83] T. Kohl, S. Brakman, and H. Garretsen, "Do Trade Agreements Stimulate International Trade Differently? Evidence from 296 Trade Agreements," *World Trade Review*, vol. 39, no. 1, pp. 97–131, 2016, doi: 10.1111/twec.12272.
- [84] P. H. Egger and M. Larch, "Estimating Consistent Border Effects in Gravity Models with Multilateral Resistance," *World Economy*, vol. 35, no. 9, pp. 1121–1125, 2012, doi: 10.1111/j.1467-9701.2012.01465.x.
- [85] B. Heid, M. Larch, and Y. V. Yotov, "Estimating the effects of non-discriminatory trade policies within structural gravity models," *Canadian Journal of Economics*, vol. 54, no. 1, pp. 376–409, 2021, doi: 10.1111/caje.12493.
- [86] I. Borchert, M. Larch, S. Shikher, and Y. V. Yotov, "The International Trade and Production Database for Estimation (ITPD-E)," *International Economics*, vol. 166, pp. 140–166, 2021, doi: 10.1016/j.inteco.2020.08.001.
- [87] I. Martínez-zarzoso, F. Nowak-Lehmann D., S. Klasen, and M. Larch, "Does German development aid promote German exports?," *Ger Econ Rev*, vol. 10, no. 3, pp. 317–338, 2009, doi: 10.1111/j.1468-0475.2008.00458.x.
- [88] A. Barth and W. Marx, "Referenzjahrgangs-Spektroskopie: Eine bibliometrische Methode zur Untersuchung der historischen Wurzeln von Forschungsfeldern," *Information - Wissenschaft & Praxis*, vol. 68, no. 1, Feb. 2017, doi: 10.1515/iwp-2017-0006.
- [89] J. E. Anderson and E. Van-Wincoop, "Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle," *American Economic Review*, vol. 93, no. 1, pp. 170–192, Feb. 2003, doi: 10.1257/000282803321455214.
- [90] S. Correia, P. Guimarães, and T. Zylkin, "Fast Poisson estimation with high-dimensional fixed effects," *The Stata Journal: Promoting communications on statistics and Stata*, vol. 20, no. 1, pp. 95–115, Mar. 2020, doi: 10.1177/1536867X20909691.