

Teoría del comercio internacional

Clase 7: Modelo gravitatorio de comercio

Emmanuel Anguiano

Otoño 2025

Nuevas teorías del comercio internacional

Paradoja del comercio internacional



Ventaja comparativa en el modelo ricardiano

Paradoja del comercio internacional



Dotaciones factoriales en el modelo de Hecksher y Ohlin

Derribando el paradigma clásico



Courtesy of Harley-Davidson

Exportaciones de EE.UU. a Japón



Importaciones de EE.UU. desde Japón

Comercio intrainustrial

Ejemplo de comercio intraindustrial



Medición del comercio intraindustrial

- **Definición:** Proporción del comercio internacional (exportaciones + importaciones) que tienen lugar *al interior* de la misma industria (entre países) en vez de entre industrias.
- Medido por el **Índice de Grubel y Lloyd (GLI)**:

[Math Processing Error] Donde [Math Processing Error] son las exportaciones y [Math Processing Error] son las importaciones de la industria [Math Processing Error]

Grubel, Herbert G. y Lloyd, Peter J. (1971). The Empirical Measurement of Intra-Industry Trade, *Economic Record*, Vol. 47, No. 4, pp. 494-517. [Descarga](#)



Courtesy of Harley-Davidson



Índice de Grubel y Lloyd (GLI)

[Math Processing Error]

- **Ejemplo:** supongamos que un país exporta el bien [Math Processing Error] pero no importa nada de dicho bien:

[Math Processing Error]

- No hay comercio intra-industrial; solo comercio interindustrial



Índice de Grubel y Lloyd (GLI)

[Math Processing Error]

- **Ejemplo:** ¿qué sucedería si las exportaciones del bien [Math Processing Error] de un país [Math Processing Error] a las importaciones del mismo bien? [Math Processing Error]
- Únicamente **existe comercio intrainustrial**; no hay comercio inter-industrial



Índice de Grubel y Lloyd (GLI)

[Math Processing Error]

- El GLI mide qué tan equilibrados están las exportaciones e importaciones de un país dentro de una industria específica
 - Un valor cercano a 1 indica que el país exporta e importa en proporciones similares en una industria [Math Processing Error]
 -
 - Un valor cercano a 0 indica que no se realizan operaciones entre industrias del mismo giro.



Índice de Grubel y Lloyd: Ejemplo

[Math Processing Error]

- **Ejemplo:** En 2010, las importaciones de EE.UU de caña de azúcar tuvieron un valor de \$1.9 mil MDD y el valor de las exportaciones fue de \$170 MDD

[Math Processing Error]

- Existió **poco** comercio intraindustrial



Índice de Grubel y Lloyd: Ejemplo

[Math Processing Error]

- **Ejemplo:** En 2010, el valor de las exportaciones de EE.UU. en aeronaves fue de 1 mil MDD y el de las importaciones fue de 1.2 mil MDD

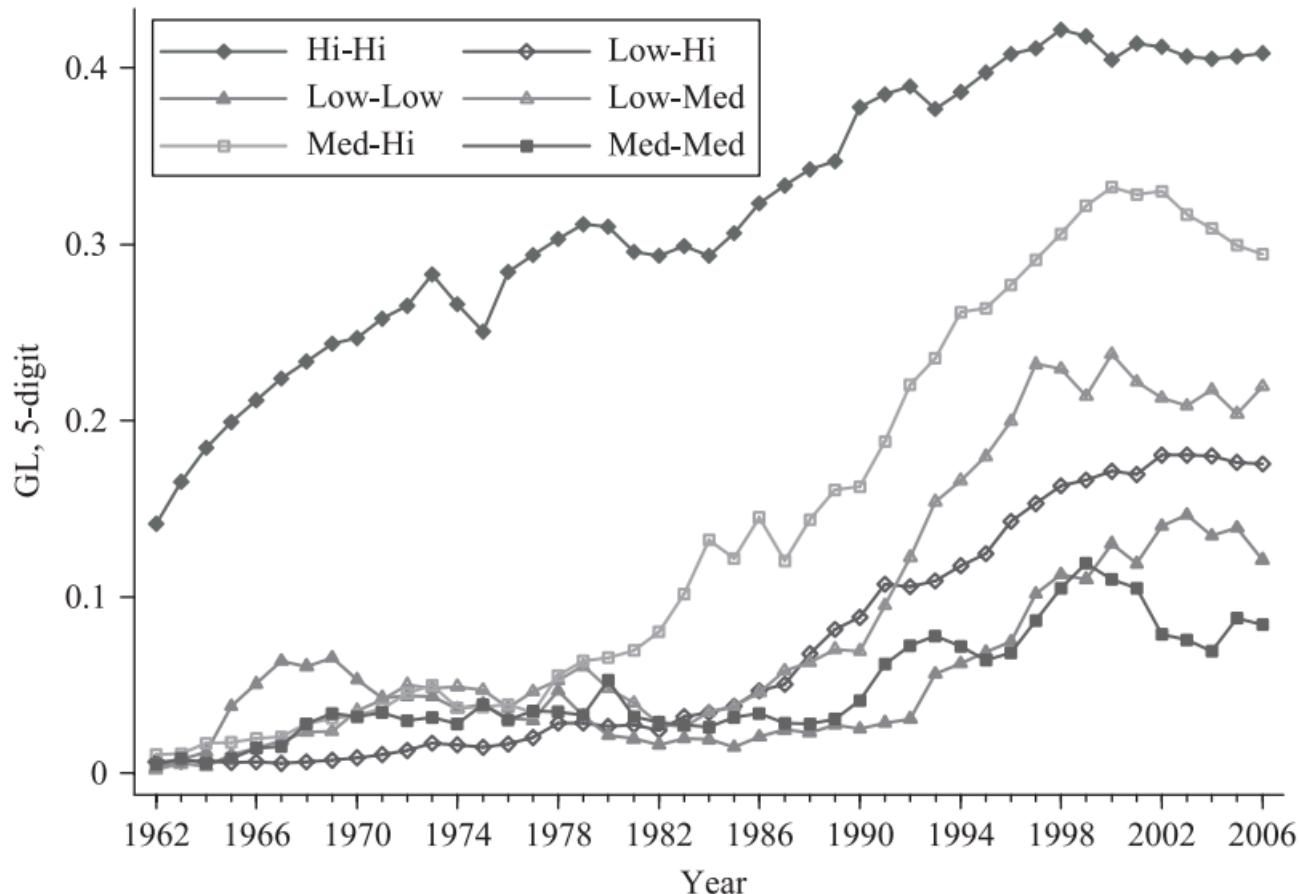
[Math Processing Error]

- El comercio fue predominantemente intra-industrial



El dilema de las similitudes en el comercio

FIGURE 15
Evolution of Global IIT by Income Group, 1962–2006



Notes:

Country grouping according to World Bank categorisation (see Table 1); 'long coverage' dataset.

El dilema de las similitudes en el comercio

TABLE 8-2 Indexes of Intra-Industry Trade for U.S. Industries, 2009

Metalworking Machinery	0.97
Inorganic Chemicals	0.97
Power-Generating Machines	0.86
Medical and Pharmaceutical Products	0.85
Scientific Equipment	0.84
Organic Chemicals	0.79
Iron and Steel	0.76
Road Vehicles	0.70
Office Machines	0.58
Telecommunications Equipment	0.46
Furniture	0.30
Clothing and Apparel	0.11
Footwear	0.10

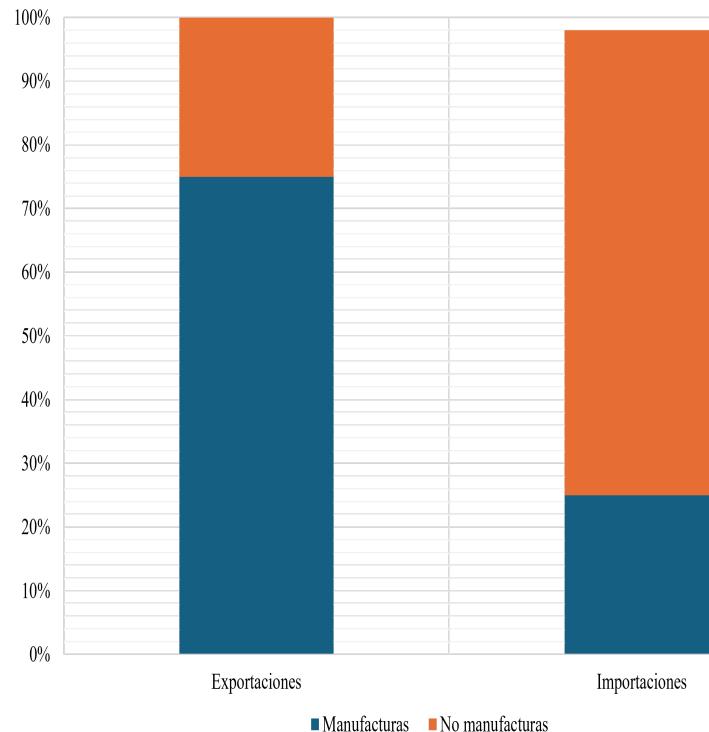
El dilema de las similitudes en el comercio

Intra-Industry Trade Avg 1997-2008	
Belgium	90.9
France	88.5
United Kingdom	84.3
Spain	84.2
Germany	77.9
Mexico	76.9
Canada	76
Sweden	76
United States	72.6
Poland	71.9
Italy	71.1
Korea	70.2
Switzerland	68.5
China	64
Brazil	55.3
Turkey	53.7
Japan	51.2
Indonesia	48.3
India	46.3
Australia	44.2
Russian Federation	39.1
Chile	28.6

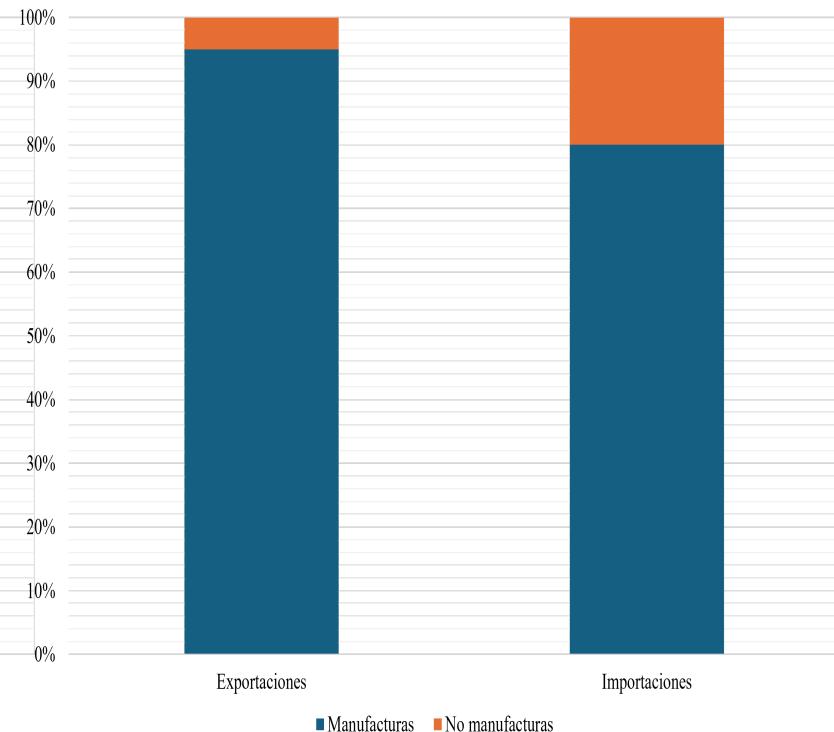
OECD, STAN Indicators Database, January 2010.

El dilema de las similitudes en el comercio

Composición del comercio Británico circa 1910

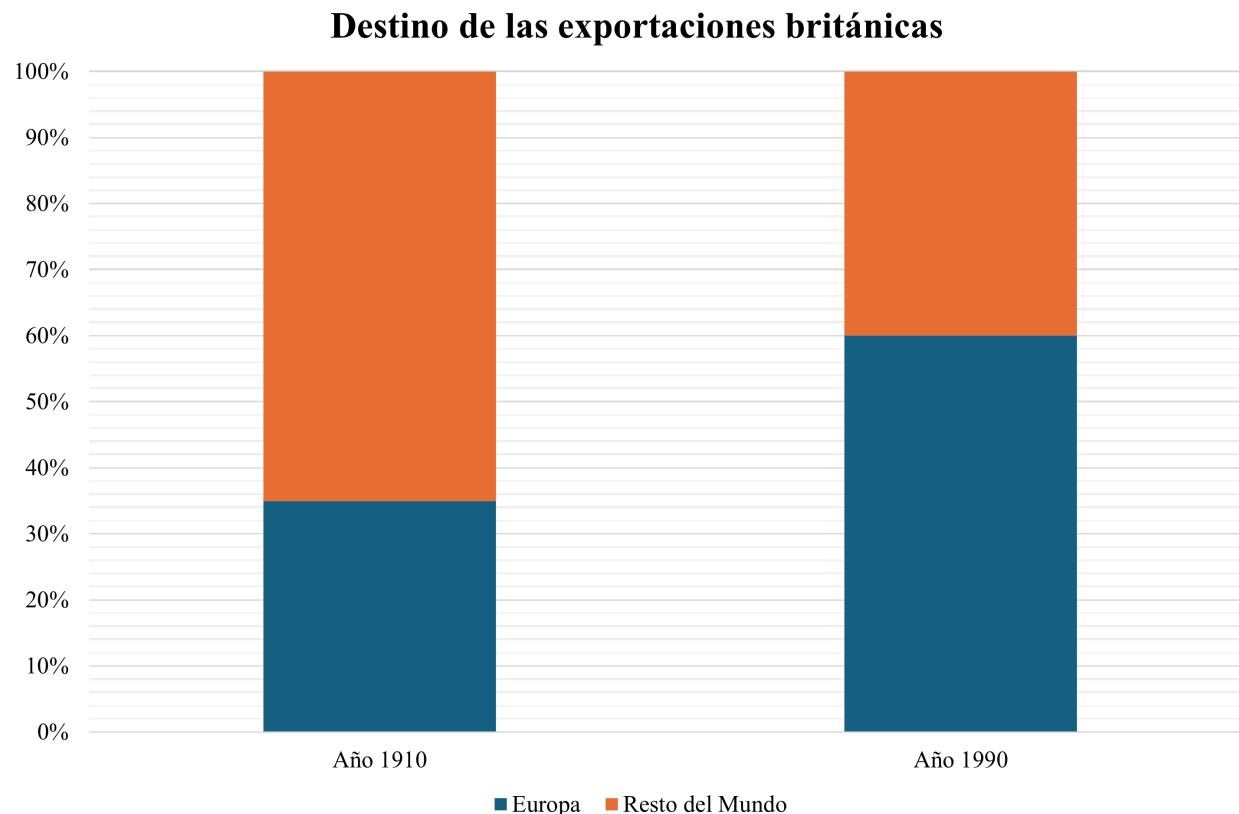


Composición del comercio Británico en 1990



Krugman, Paul, 2008, "The Increasing Returns Revolution in Trade and Geography," *Nobel Prize Lecture*

El dilema de las similitudes en el comercio



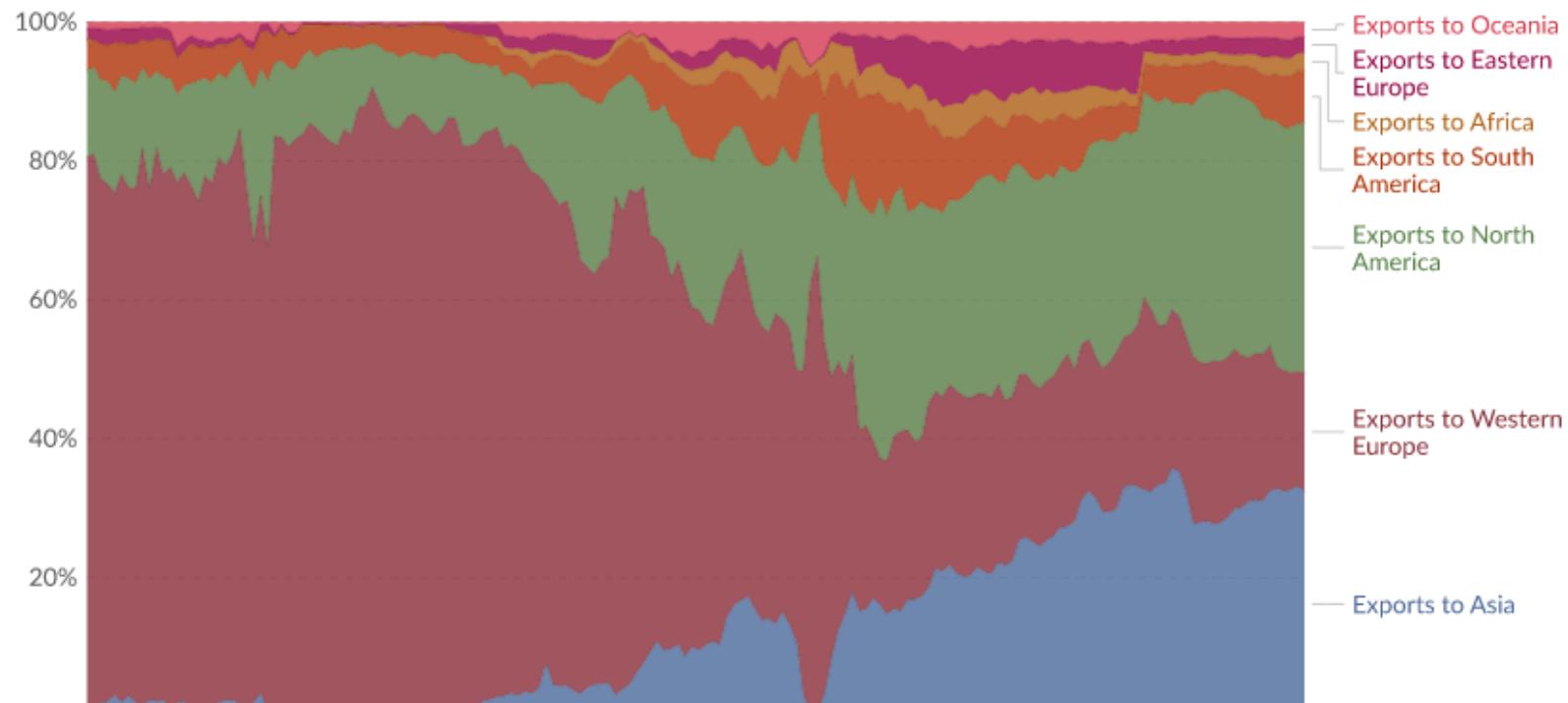
Krugman, Paul, 2008, "The Increasing Returns Revolution in Trade and Geography," *Nobel Prize Lecture*

Las relaciones comerciales cambian en el tiempo

Merchandise exports by continent of destination, United States, 1839 to 2014

Our World
in Data

Figures correspond to the value of merchandise exports by continental destination as a share of GDP. All partner countries are classified into continent groupings according to OWID's classification.



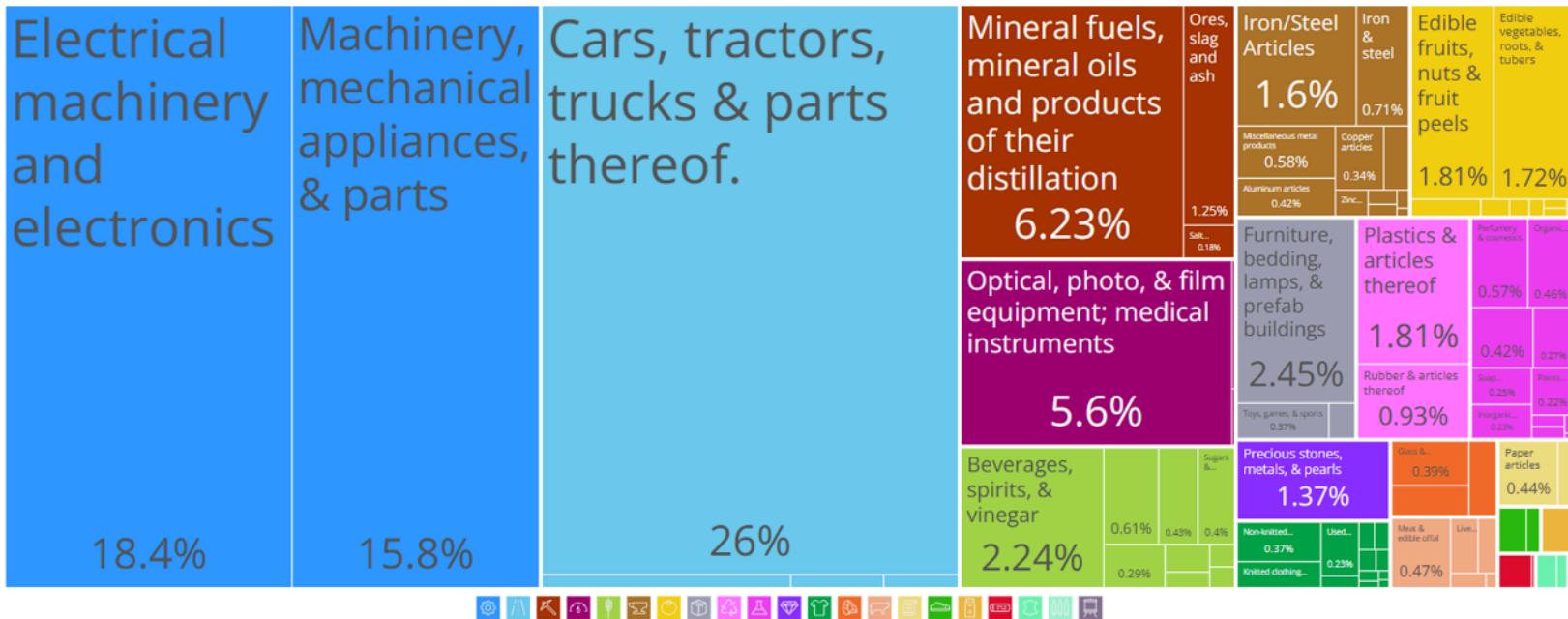
¿Qué exporta e importa México? 

¿Qué *exporta* México?

< 2022

What does Mexico export? (2023)

Total: \$603B



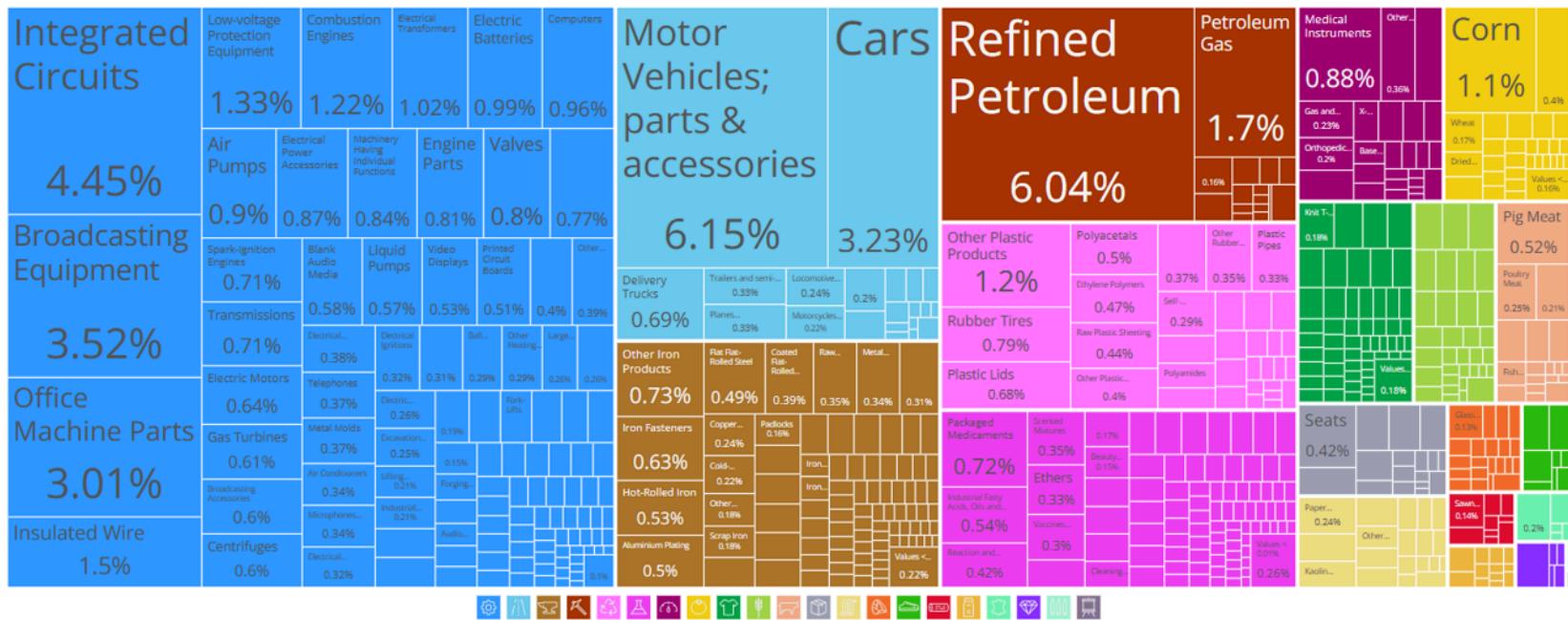
Exportaciones de México: MIT Observatory of Economic Complexity

¿Qué importa México?

< 2022

What does Mexico import? (2023)

Total: \$528B



Importaciones de México: MIT Observatory of Economic Complexity

Modelo gravitatorio del comercio

Introducción

- Hemos estudiado diversos modelos de comercio, pero los resultados empíricos son **mixtos**:
 - Dificultades para identificar los bienes en los que se tiene una **ventaja comparativa**
 - No es claro bajo qué condiciones **se mantienen** las predicciones de la teoría (modelos ricardiano, FE y H-O)
 - Tenemos un mundo con muchos países y muchos bienes

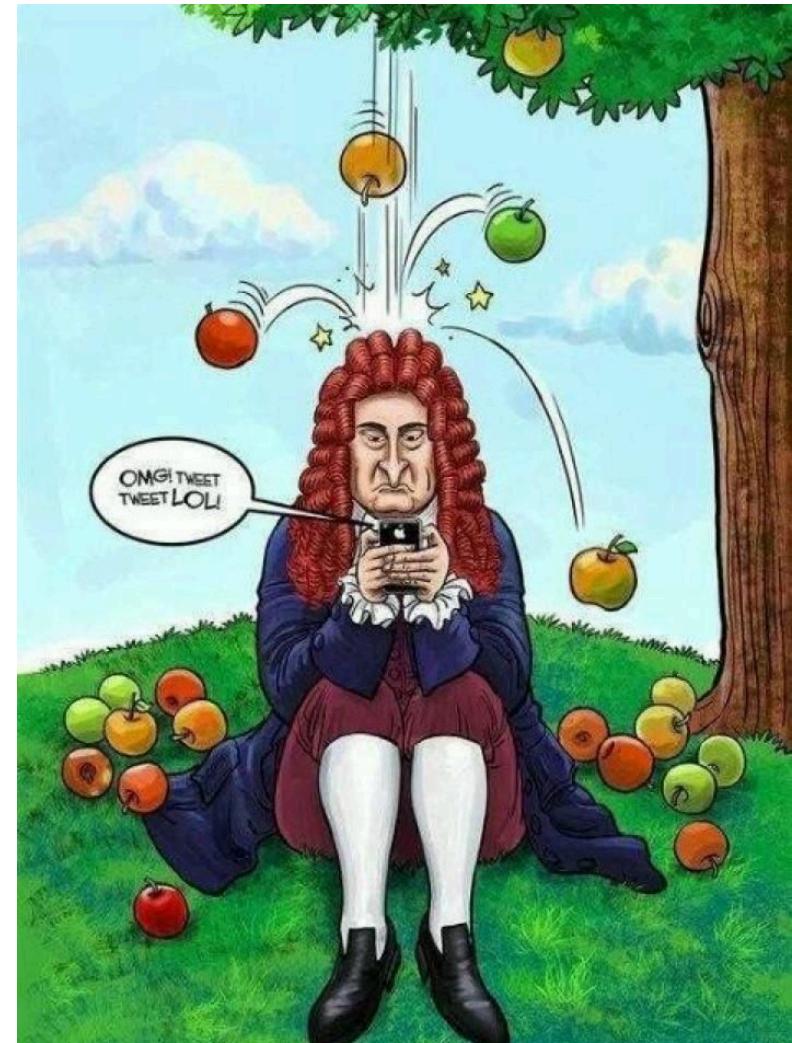
¿Existen modelos de comercio que puedan ser respaldados con **evidencias empíricas**?

El modelo gravitatorio de comercio

- Una forma relativamente popular para estimar el volumen de los flujos comerciales es el **modelo gravitatorio del comercio**
- La idea es una analogía al modelo de atracción gravitacional de Isaac Newton

[Math Processing Error] Donde:

- [Math Processing Error] es la fuerza de atracción gravitacional.
- [Math Processing Error] es una constante gravitatoria.
- [Math Processing Error] la masa de los objetos.
- [Math Processing Error] la distancia entre el centro de la masa de los objetos



El modelo gravitatorio de comercio

Jan Tinbergen (1962) incluyó una analogía física para introducir modelar los flujos bilaterales de comercio

[Math Processing Error] Donde:

- [Math Processing Error] son las exportaciones del país [Math Processing Error] al [Math Processing Error]
- [Math Processing Error] es una constante
- [Math Processing Error] el el PIB de ambos países
- [Math Processing Error] es la distancia geográfica entre los países
- Suponemos que [Math Processing Error] son constantes.

Existen problemas técnicos con la ecuación anterior

Modelo gravitatorio de comercio

Para realizar las estimaciones econométricas comúnmente linealizamos el modelo usando logaritmos

[Math Processing Error] Los coeficientes de este modelo pueden ser estimados fácilmente usando MCO

- **Regularidades empíricas**

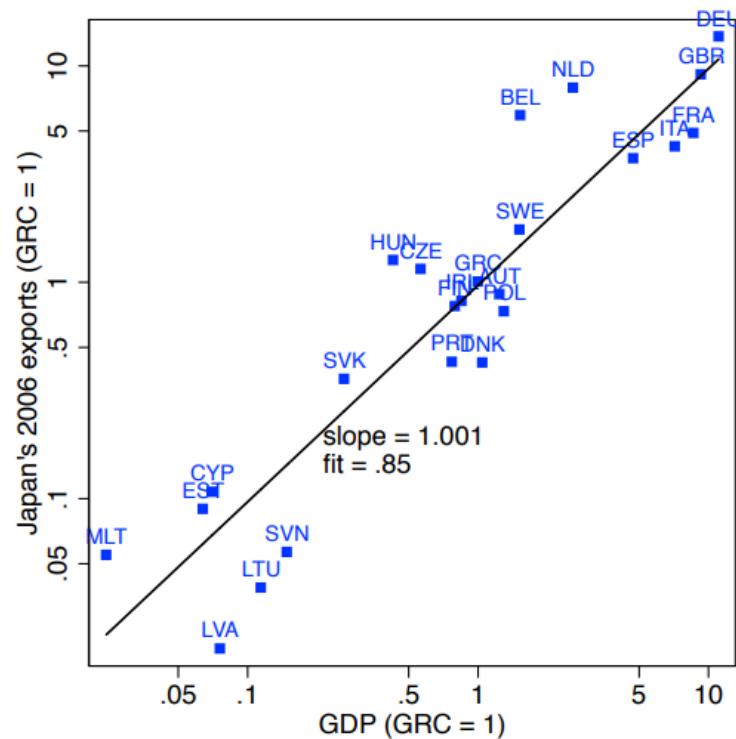
- El comercio bilateral aumenta con el tamaño económico de los socios.
- Sin embargo, el comercio disminuye con:
- Distancia
- Barreras naturales y resistencias multilaterales (precios relativos y aranceles)
- Idiomas distintos
- Instituciones dispares (colonias, corrupción, religión, etc.)
- Comercio doméstico

Evidencias empíricas

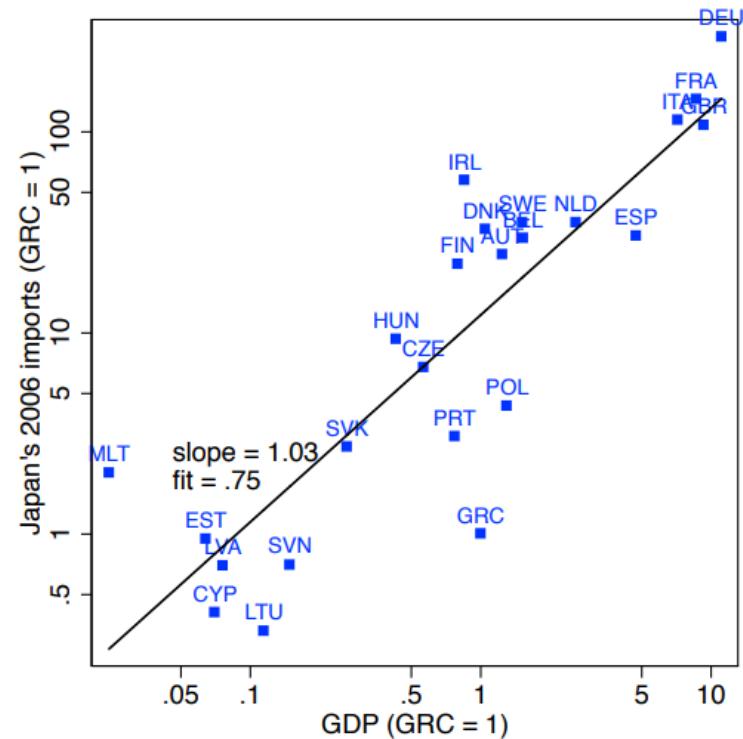
Flujos de comercio vs tamaño de los países

Figure 1 – Trade is proportional to size

(a) Japan's exports to EU, 2006



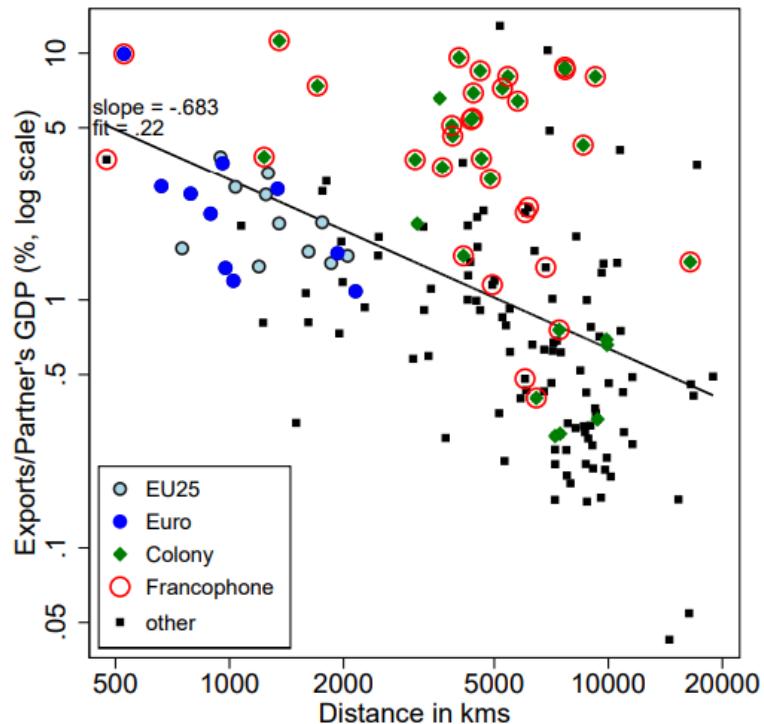
(b) Japan's imports from EU, 2006



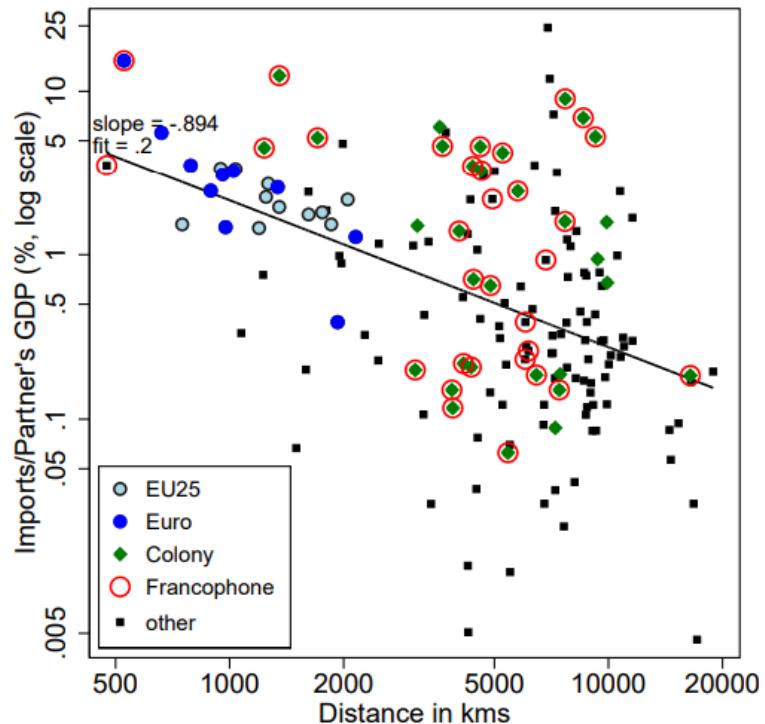
Flujos de comercio vs distancia

Figure 2 – Trade is inversely proportional to distance

(a) France's exports (2006)



(b) France's imports (2006)



McCallum (1995): Fronteras internacionales

- McCallum (1995) estima el impacto de las fronteras internacionales en los flujos de comercio:
 - Estudia los flujos de comercio entre las provincias de Canadá y aquellos entre las provincias canadienses y los estados de EE.UU.
 - Estima la siguiente regresión: $[Math Processing Error]$
- $[Math Processing Error]$ es igual a 0 para el comercio entre Canadá y EE.UU. y 1 para el comercio entre las provincias canadienses.
- Los resultados de McCallum (1995) sugieren que $[Math Processing Error]$ es positivo y significativo
 - Esto implica que los flujos de comercio son significativamente más grandes cuando no existe una frontera internacional

McCallum (1995): Fronteras internacionales

VOL. 85 NO. 3

McCALLUM: NATIONAL BORDERS MATTER

617

TABLE 1—SENSITIVITY TESTS: ECONOMETRIC ISSUES

Independent variable	Equation						
	1	2	3	4	5	6	7
y_i	1.30 (0.06)	1.21 (0.03)	1.15 (0.04)	1.20 (0.03)	1.24 (0.03)	1.20 (0.03)	1.36 (0.04)
y_j	0.96 (0.06)	1.06 (0.03)	1.03 (0.04)	1.07 (0.03)	1.09 (0.03)	1.05 (0.03)	1.19 (0.04)
dist_{ij}	-1.52 (0.10)	-1.42 (0.06)	-1.23 (0.07)	-1.34 (0.06)	-1.46 (0.06)	-1.43 (0.06)	-1.48 (0.07)
DUMMY _{ij}		3.09 (0.13)	3.11 (0.16)	3.09 (0.13)	3.16 (0.13)	3.08 (0.13)	3.07 (0.14)
Estimation method:	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS	IV	OLS
Number of observations:	90	683	462	683	690	683	683
Standard error:	0.80	1.10	0.97	1.07	1.13	1.11	1.15
Adjusted R ² :	0.890	0.811	0.801	0.887	0.820	0.811	0.797

Notes: Standard errors are given in parentheses. Definitions of the equations are as follows:

Equation 1: Basic equation, Canada only;

Equation 2: Basic equation, Canada + United States;

Equation 3: Sample includes only jurisdictions with GDP exceeding \$10 billion;

Equation 4: Regression weighted by $y_i + y_j$;

Equation 5: Seven observations of zero trade set equal to minimum values;

Equation 6: Logarithms of population, pop_i and pop_j, used as instruments for y_i and y_j ;

Equation 7: Regression estimated by ordinary least squares, but with population variables replacing income variables.

McCallum (1995): Fronteras internacionales

- Las estimaciones permiten a McCallum (1995) comparar el volumen de comercio que debería existir si no existiera una frontera (legal) entre Canadá y EE.UU. y los flujos reales
 - En **ausencia de fronteras**, Ontario y Quebec deberían exportar 10x más a California y no a Columbia Británica
 - Los **datos reales** muestran que Quebec y Ontario exportan 3x más a Columbia Británica que a California
 - En general, los resultados muestran que los flujos de comercio deberían ser hasta 22x más grandes (reduce 95%) si no existieran fronteras internacionales
 - **Limitación:** El estudio considera el período antes del TLCAN, existían algunos aranceles al comercio internacional entre Canadá y EE.UU.
 - Los efectos estimados de las fronteras disminuyen a medida que lo hacen los aranceles, pero aún se mantienen 'altos'

McCallum (1995): Fronteras internacionales

618

THE AMERICAN ECONOMIC REVIEW

JUNE 1995

TABLE 2—CANADIAN SHIPMENTS OF GOODS BY DESTINATION, 1988

Origin	Shipments (\$ billion)	Destination (percentage of total shipments)			
		Own province	Other provinces	United States	Rest of world
Canada	387	44	23 [4]	24 [43]	9
Atlantic provinces	18	37	29 [12]	19 [36]	15
Quebec	85	47	27 [6]	19 [40]	7
Ontario	179	45	21 [3]	29 [47]	5
Prairie provinces	67	41	28 [9]	18 [37]	13
British Columbia	37	43	13 [2]	19 [30]	25

Note: Figures in brackets are predictions based on the gravity model.

Source: Statistics Canada (1989a,b, 1992).

McCallum (1995): Fronteras internacionales

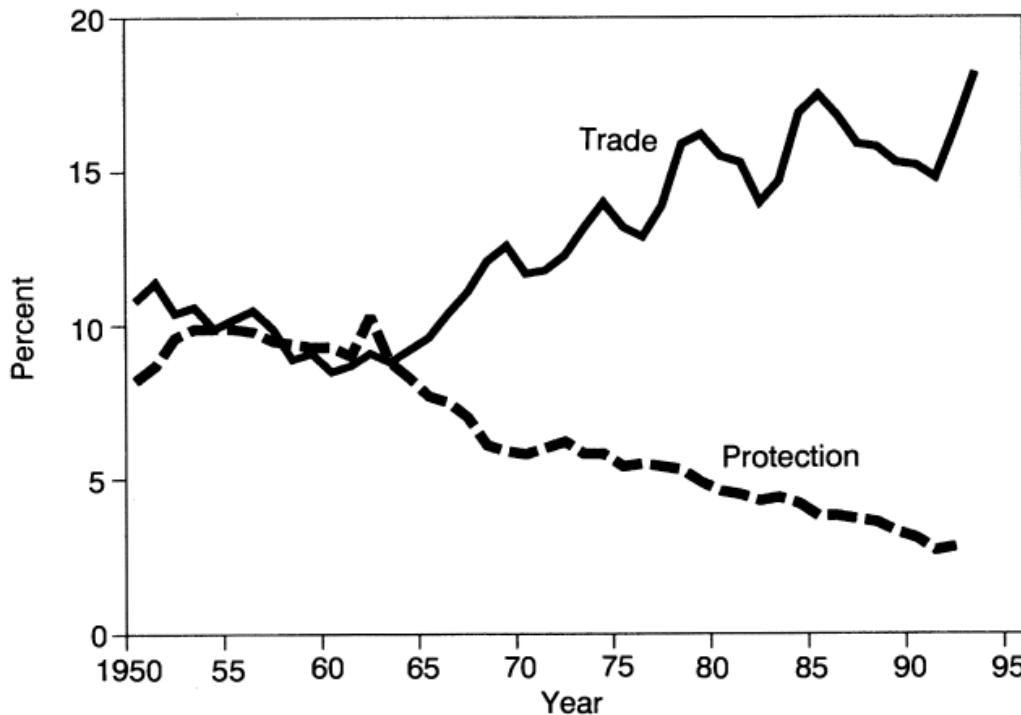


FIGURE 2. CANADA-U.S. TRADE AND CANADIAN TARIFF PROTECTION

Notes: Canada-U.S. trade is defined as the average of Canada's merchandise imports from and exports to the United States as a percentage of Canadian GDP. Protection is defined as Canadian custom import duties as a percentage of merchandise imports. Data for 1993 are for the first six months of the year.

Source: Canadian Socio-Economic Information Management System (CANISM).

Modelos de comercio con gravedad

Fundamentos teóricos

La formulación original del modelo gravitatorio de comercio de Jan Tinbergen (1962) no tenía detrás un fundamento teórico **sólido**

- El modelo tiene una interpretación **intuitiva**, pero no existe ninguna razón teórica para que sus predicciones se cumplan a nivel empírico

Anderson y van Wincoop (2003) muestran que la ecuación gravitatoria de comercio se puede derivar de un **modelo Armington**

- En específico, muestran que un modelo ateórico como el de McCallum (1995) sufre de sesgos por variables omitidas.
- Al corregir el problema, los resultados sugieren un efecto mucho menor, aunque significativo, de las fronteras en los flujos de comercio internacional.

Modelo Armington

- [Math Processing Error] países. Cada país produce un bien específico.
- Los consumidores tienen preferencias tipo CES en los bienes y el ingreso [Math Processing Error]:

[Math Processing Error] Donde [Math Processing Error] determina la proporción del gasto en cada bien y [Math Processing Error] es la elasticidad de sustitución.

Casos:

- Caso 1: [Math Processing Error] Caso tipo Cobb-Douglas. El gasto es constante en ambos bienes y no depende de precios relativos.
 - Caso 2: [Math Processing Error] (Baja sustitución). El gasto se modifica muy poco ante variaciones en los precios relativos.
 - Caso 3: [Math Processing Error]. Bienes complementarios (Leontieff)
 - Caso 4: [Math Processing Error] Bienes perfectamente sustitutos. Responde fuertemente a cambios en precios relativos.

Modelo Armington

- Los precios de las exportaciones son iguales al precio doméstico multiplicado por un costo de comerciar ($\mathbf{[Math Processing Error]}$):

$\mathbf{[Math Processing Error]}$

- Supongamos que existe un índice de precios CES ($\mathbf{[Math Processing Error]}$) tal que $\mathbf{[Math Processing Error]}: \mathbf{[Math Processing Error]}$
- El valor de las exportaciones del país $\mathbf{[Math Processing Error]}$ al $\mathbf{[Math Processing Error]}$ está dado por: $\mathbf{[Math Processing Error]}$

$\mathbf{[Math Processing Error]}$

Modelo gravitatorio

Podemos derivar la siguiente regresión para las exportaciones de [Math Processing Error] desde [Math Processing Error]

[Math Processing Error] Donde [Math Processing Error], que es **muy similar** a la ecuación original del modelo gravitatorio

[Math Processing Error] Adviértase que [Math Processing Error] y [Math Processing Error]

Implicaciones de la gravedad

Hay diversas implicaciones del modelo que acabamos de derivar [Math Processing Error]

- Las **barreras al comercio** reducen el comercio entre países grandes más que entre países pequeños.
- De forma análoga, las mismas **barreras** incrementan más que proporcionalmente el comercio entre países pequeños en comparación con aquel con los grandes.
- las **barreras al comercio** tienen efectos más **grandes** en la medida en que se pueda sustituir los bienes producidos entre países.
- Los **costos del comercio** no son observables. Deben estimarse: [Math Processing Error]

Donde [Math Processing Error] indica el arancel equivalente a la existencia de frontera entre [Math Processing Error] y [Math Processing Error]. Nota que [Math Processing Error] y [Math Processing Error] es la distancia entre los dos países.

Anderson y van Wincoop (2003): Resistencia al comercio

Estiman la siguiente regresión utilizando datos actualizados del comercio entre las provincias de Canadá y los estados de EE.UU.:

[Math Processing Error]

- Los índices de precios son las variables que omitió el estudio de McCallum (1995)
- En la práctica, los índices de precios no son CPI, sino que se estiman en conjunto con el modelo gravitatorio: *[Math Processing Error]*

Donde *[Math Processing Error]* es una variable dicotómica que distingue el comercio internacional del comercio doméstico.

Anderson y van Wincoop (2003): Resistencia al comercio

Al actualizar la ecuación considerando los **costos del comercio** á la Anderson y van Wincoop (2003) encuentran un efecto mucho menor de las fronteras en los flujos comerciales:

- Los efectos de las fronteras dependen de un parámetro que mide la elasticidad del consumo (no está identificado). Lo estiman en aprox. $[Math Processing Error]$
- Estiman dos modelos:
 - Un modelo con dos países (Canadá y EE.UU)
 - Un modelo multi-país que permite estudiar los efectos del resto del mundo
- La existencia de fronteras **reduce** en 44% el comercio internacional.
- Existen sesgos hacia los intercambios domésticos.

Anderson y van Wincoop (2003): Resistencia al comercio

184

THE AMERICAN ECONOMIC REVIEW

MARCH 2003

TABLE 4—IMPACT OF BORDER BARRIERS ON BILATERAL TRADE

	US-US	CA-CA	US-CA	US-ROW	CA-ROW	ROW-ROW
Two-country model						
Ratio BB/NB	1.05 (0.01)	4.31 (0.34)	0.41 (0.02)			
Due to bilateral resistance	1.0 (0.0)	1.0 (0.0)	0.19 (0.01)			
Due to multilateral resistance	1.05 (0.01)	4.31 (0.34)	2.13 (0.09)			
Multicountry model						
Ratio BB/NB	1.25 (0.02)	5.96 (0.42)	0.56 (0.03)	0.40 (0.01)	0.46 (0.01)	0.71 (0.02)
Due to bilateral resistance	1.0 (0.0)	1.0 (0.0)	0.20 (0.02)	0.19 (0.01)	0.10 (0.01)	0.19 (0.01)
Due to multilateral resistance	1.25 (0.02)	5.96 (0.42)	2.72 (0.12)	2.15 (0.09)	4.70 (0.31)	3.71 (0.25)

Notes: The table reports the ratio of trade with the estimated border barriers (BB) to that under borderless trade (NB). This ratio is broken down into the impact of border barriers on trade through bilateral resistance ($i_{ij}^{1-\sigma}$) and through multilateral resistance ($P_i^{\sigma-1}P_j^{\sigma-1}$).

Anderson, James, E. y van Wincoop, E. (2003). Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. *The American Economic Review*, Vol. 93, No. 1, pp. 170-192 [Enlace](#)

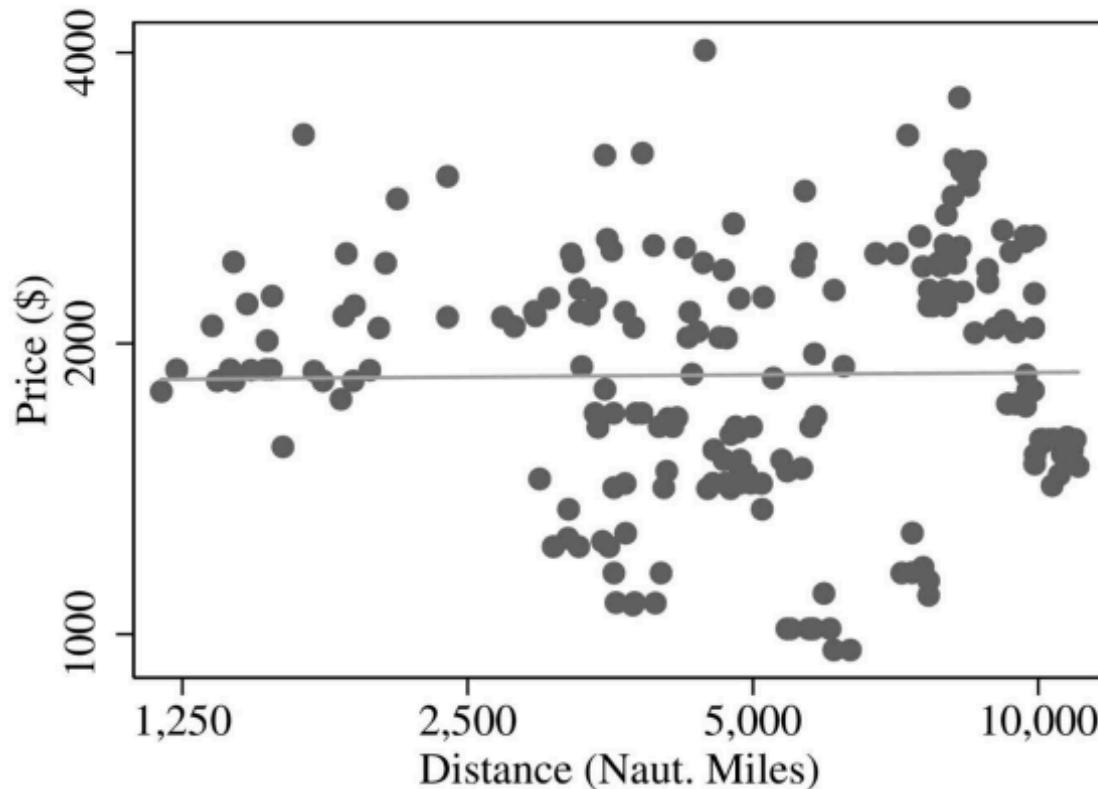
Distancia vs. costos de transporte

Asturias y Petty (2013) examinan la relación entre la distancia geográfica y el costo de envío puerto-puerto

- Los resultados sugieren que no existe correlación entre ambos.
- Encuentran una correlación negativa entre los costos de envío (*shipping costs*) y los volúmenes de comercio
- Los países que comercian **más** contratan más servicios de logística y emplean tecnologías más eficientes
- Las ganancias del comercio debido a la liberalización del comercio se incrementan después de tomar en cuenta los costos endógenos de transporte

Interrogante: ¿Por qué la distancia reduce los flujos de comercio?

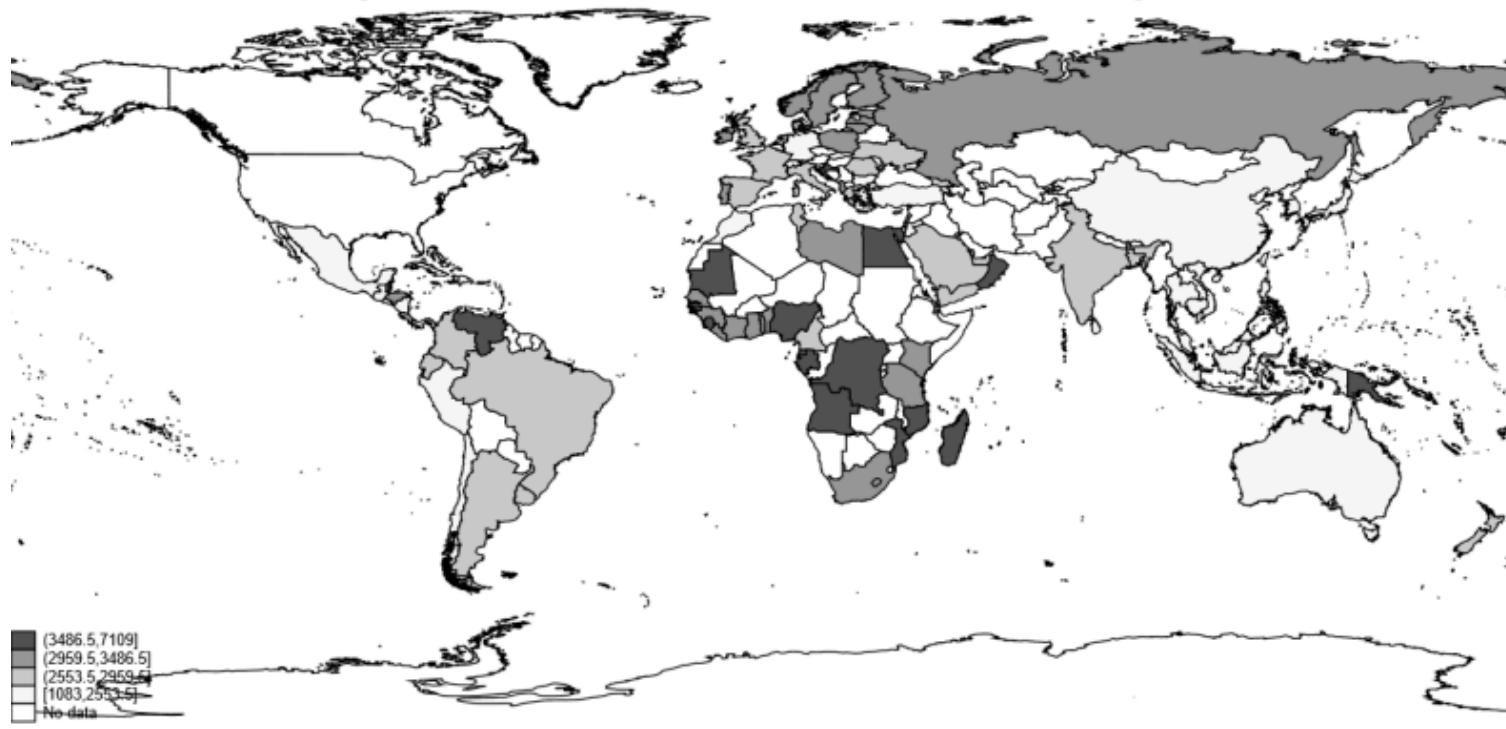
Asturias y Petty (2013): Costos de transporte



Asturias, José., y Petty, S. (2013). Endogenous Transportation Costs (Discussion Paper). University of MinnesotaEnlace

Asturias y Petty (2013): Costos de transporte

Figure 2.7: Map of Prices from Los Angeles



Asturias, José., y Petty, S. (2013). Endogenous Transportation Costs (Discussion Paper). University of MinnesotaEnlace

Tamaño de los mercados de transporte

Table 1: Comparing Small and Large Transportation Markets

	Bottom 20%	Top 20%	Top / Bottom 20%
Price (\$)	2,330	1,390	0.60
Number of firms	1.55	4.95	3.19
Containerized trade flows / firm (millions \$)	23	2,493	108.39
Containerized trade flows (millions \$)	27	10,120	374.81
Distance (naut. miles)	3,990	5,730	1.44

Asturias, José., y Petty, S. (2013). Endogenous Transportation Costs (Discussion Paper). University of MinnesotaEnlace

- Los mercados **grandes**, además de estar en promedio más alejados:
 - Tienen menores costos de transporte
 - Los servicios los realiza un mayor número de compañías
 - Los flujos de comercio son más grandes, en promedio y por compañía

Zeros in Trade Data

Introducción

Hasta ahora, nos hemos enfocado en estudiar ¿por qué comercian los países?

- Muchos países realmente no comercian.
- Es común ignorar los ceros, pero no existe una justificación clara.

Dos preguntas adicionales

- ¿De donde provienen los ceros?
- ¿Como los manejamos en las investigaciones empíricas?

Uy (2015): Zeros and the Gains from Openness

El estudio de Uy (2015) documentó algunos hechos estilizados sobre los ceros en los datos

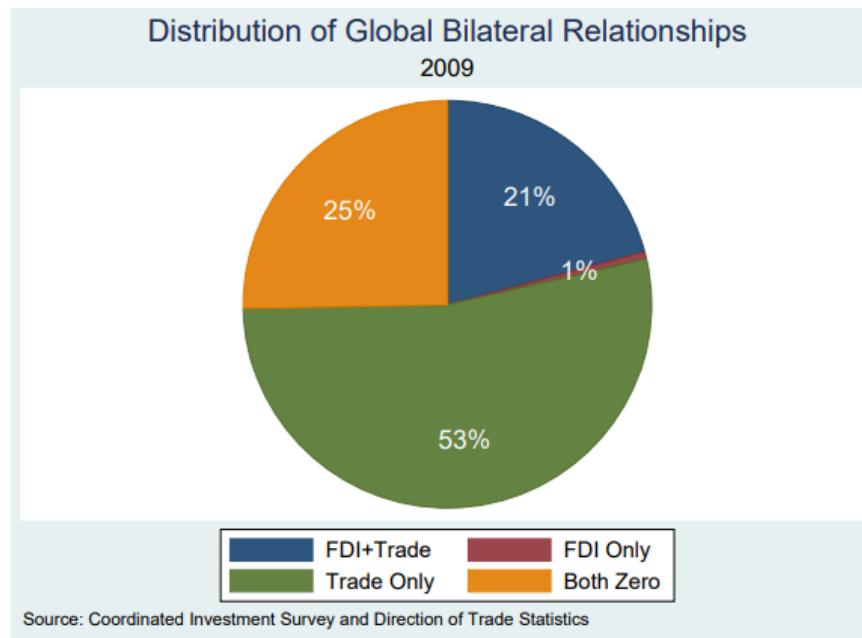
- Existe un gran número de ceros, en la información sobre el comercio y la IED
 - 25% de los pares de países tienen cero comercio
 - Los ceros se asocian, principalmente, con economías muy pequeñas

En su análisis, muestra que considerar esos ceros afecta las estimaciones sobre las ganancias del comercio

- Considera un modelo con comercio y IED para estimar los costos del comercio
- La IED está sujeta a un mayor costo fijo, pero no a costos comerciales **tipo iceberg**

Uy (2015): Zeros and the Gains from Openness

Figure 1: The Four Cases



25% de las relaciones potenciales presentan comercio cero

Uy, Timothy. (2015). Zeros and the Gains from Openness, (Meeting Papers 1158), Society for Economic Dynamics [Enlace](#)

Uy (2015): Zeros and the Gains from Openness

Table 1: GDP-Weighted Zeros in Trade and MP

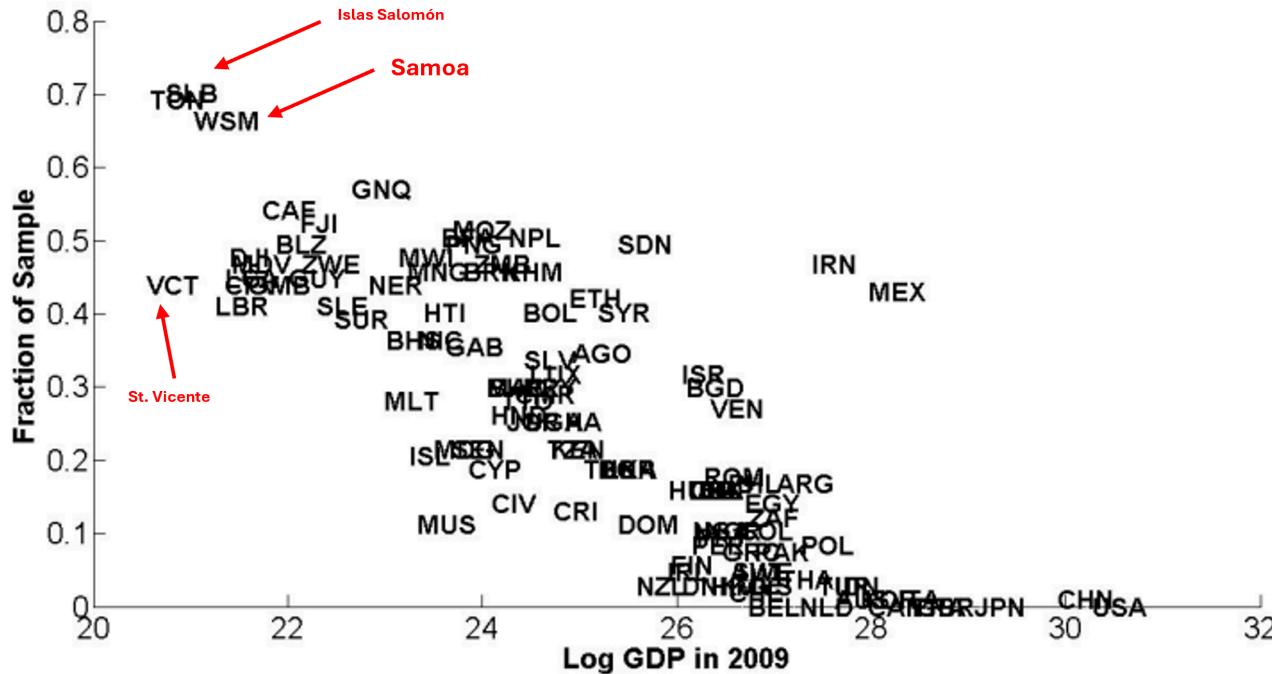
Reporter Type	Big Trade Zeros	Small Trade Zeros	Total Nonzeros
Larger than Average	0.1	0.3	99
Smaller than Average	2.8	1.8	95
Reporter Type	Big MP Zeros	Small MP Zeros	Total Nonzeros
Larger than Average	18	4.6	77
Smaller than Average	52	6.3	42

Uy, Timothy. (2015). Zeros and the Gains from Openness, (Meeting Papers 1158), Society for Economic Dynamics [Enlace](#)

Ponderando por el tamaño del PIB, 99% de las relaciones de los países más grandes que el promedio son diferentes de cero

Uy (2015): Zeros and the Gains from Openness

Figure 3: Zeros by Destination Country (Trade)



Uy, Timothy. (2015). Zeros and the Gains from Openness, (Meeting Papers 1158), Society for Economic Dynamics Enlace

Gravedad con ceros

- ¿Por qué nos debería importar que existan ceros?
 - Formas funcionales logarítmicas
 - No existe comercio o hay errores en los datos
- ¿Qué hacemos con los ceros en los datos?
 - La práctica *estándar* es ignorarlos (no eliminarlos )
- Soluciones más **avanzadas**
 - Derivar un modelo de regresión que genere de forma endógena los ceros
 - Incluir costos fijos en los modelos de comercio (si el comercio es muy costoso se generan ceros)
 - Añadir un término al modelo en logaritmos que contabilice los ceros que predice el modelo (dummy)