

IX Congreso Internacional de Ciencias Económicas

Los nuevos desafíos en un mundo en tensión

Análisis econométrico: modelo de gravedad aplicado en Stata

Taller de iniciación a la investigación

Jordi Paniagua

Universitat de València

Universidad de los Llanos · Villavicencio, Colombia

7 de octubre de 2026 · 2 horas

Texto de referencia del curso

Gravedad para universitarios

Yoto V. Yotov (2025), *Gravity for Undergrads*.

Traducción al español: Federico Carril-Caccia y Jordi Paniagua.

1. Por qué estudiar gravedad y por qué es tan popular.
2. Gravedad con *gravitas*: fundamentos e implicaciones.
3. Estimaciones desde la versión ingenua hasta la moderna.
4. Aplicación con datos reales: distancia, acuerdos comerciales y UE.

Descarga del texto, datos y códigos en la web del autor

Yotov (2025), Center for Global Policy Analysis, WP 202534, versión española. El taller añade un ejercicio de equilibrio general.

Programa de la sesión

Minutos	Contenido
0–16	Texto, motivación y popularidad de la gravedad
16–42	Modelo estructural y recomendaciones de estimación
42–60	Cinco pasos: ingenua, estructural, panel, HDFE y PPML
60–93	Datos, ejercicios de estimación y discusión
93–114	Equilibrio general con Colombia
114–120	Fuentes para investigar y preguntas

Tres prácticas guiadas: 8, 12 y 8 minutos.

La gravedad en el debate sobre política comercial

Brexit, aranceles y acuerdos comerciales

La gravedad permite cuantificar cómo las fricciones cambian las relaciones comerciales.

El capítulo ilustra su relevancia con esta portada de 2016.



Yotov (2025), figura 1. Imagen del capítulo: portada del Financial Times, 19 de abril de 2016.

Por qué estudiarla para enseñar e investigar

- **Conecta teoría y datos.** Permite contrastar cómo tamaño, costes y alternativas se relacionan con los flujos bilaterales.
- **Da contenido a una pregunta aplicada.** Acuerdos, fronteras, redes y conectividad pueden estudiarse con una misma estructura.
- **Es accesible.** Regresión, efectos fijos y datos públicos permiten construir una primera aplicación en Stata.
- **Abre proyectos propios.** El método se adapta al comercio, la IED, el turismo y la migración.

Objetivo del taller: formular una pregunta, estimarla y explicar el alcance del resultado.

Yotov (2025), *Gravedad para universitarios*, versión española de *Gravity for Undergrads*.

Popularidad 1 · Una intuición sencilla

$$X_{ij} = \tilde{G} \frac{Y_i Y_j}{T_{ij}^\theta}, \quad \theta > 0$$

Y_i, Y_j Tamaño económico de los dos países.

T_{ij} Fricciones comerciales bilaterales.

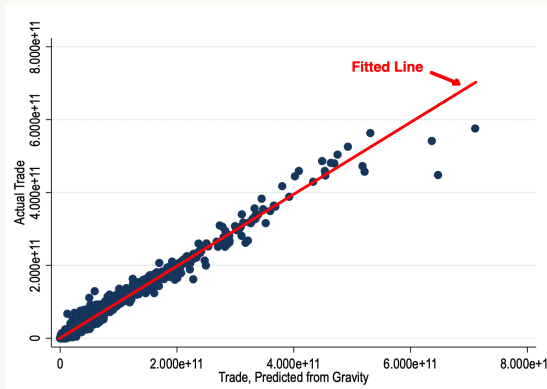
θ Sensibilidad del comercio a esas fricciones.

Las economías grandes tienden a comerciar más. Las fricciones elevadas reducen el comercio.

La distancia aproxima parte de esos costes: transporte, tiempo e información.

Yotov (2025), *Gravedad para universitarios*, versión española de *Gravity for Undergrads*.

Popularidad 2 · Un ajuste empírico elevado



Comercio observado y predicho

100 economías,
1990–2023.

El capítulo reporta una
correlación de 0,99.

Es ajuste dentro de la
muestra. La interpretación
causal requiere un diseño
adicional.

Yotov (2025), figura 2 y sección 1. Imagen original del capítulo, basada en su especificación moderna.

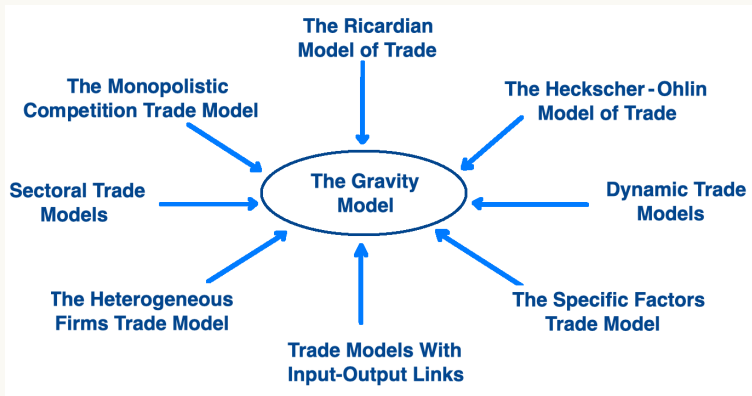
Popularidad 3 · Flexibilidad de las aplicaciones

Ámbito	Resultado bilateral	Pregunta posible
Comercio	Ventas del origen al destino	¿Cómo se relacionan los acuerdos o las sanciones con el comercio?
IED	Actividad de filiales o proyectos	¿Influyen las instituciones y los acuerdos en la localización?
Turismo	Llegadas o pernoctaciones	¿Qué papel tienen las redes migrantes y las conexiones aéreas?
Migración	Entradas o residentes por origen	¿Cómo influyen las redes y las restricciones de movilidad?

Cada aplicación necesita una definición precisa del flujo y de su mecanismo.

Yotov (2025), sección 1; Yotov (2024), Contemporary Economic Policy; Santana-Gallego y Paniagua (2022), Tourism Economics.

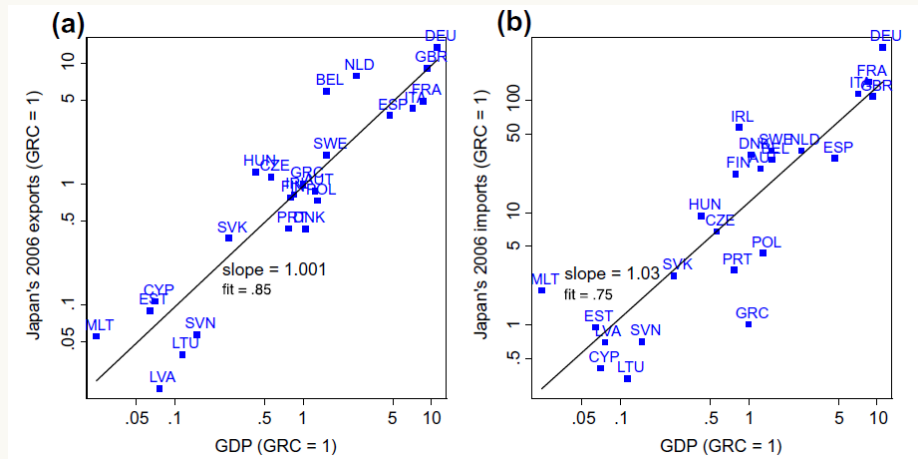
Popularidad 4 · Fundamentos microeconómicos



Distintos modelos generan una ecuación de gravedad bajo sus respectivos supuestos.

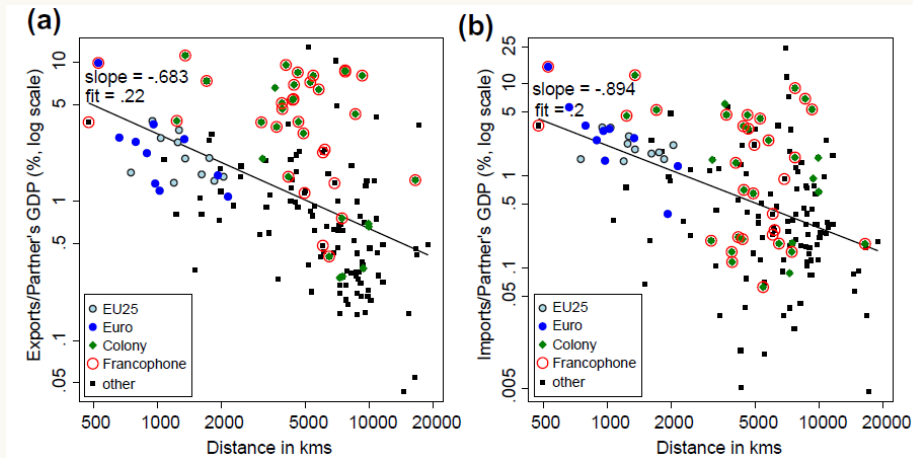
Yotov (2025), figura 3, adaptada de Yotov et al. (2016). Eaton y Kortum (2002); Anderson y van Wincoop (2003).

El comercio es proporcional al tamaño



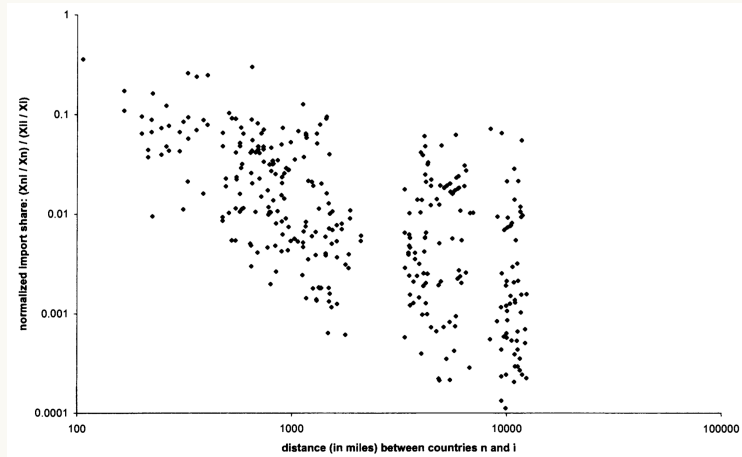
Head y Mayer (2014): comercio de Japón.

El comercio disminuye con la distancia



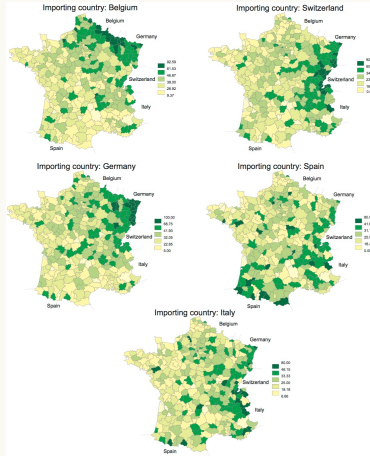
Head y Mayer (2014): comercio de Francia.

El comercio disminuye con la distancia



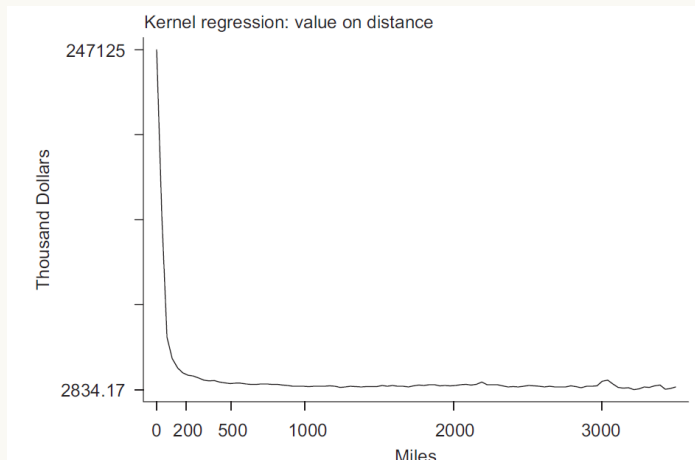
Eaton y Kortum (2002): manufacturas de la OCDE.

El comercio disminuye con la distancia



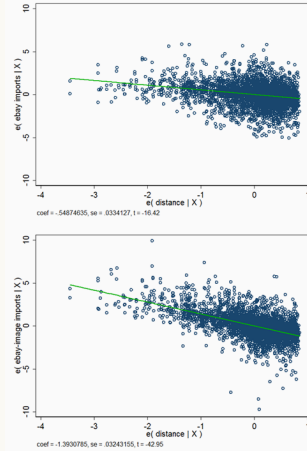
Crozet y Koenig (2010): margen extensivo en Francia.

El comercio disminuye con la distancia



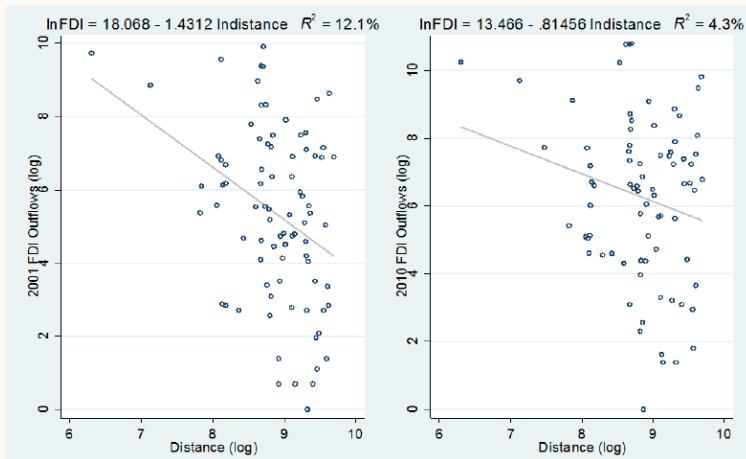
Hillberry y Hummels (2008): valor del comercio dentro de Estados Unidos.

El comercio disminuye con la distancia



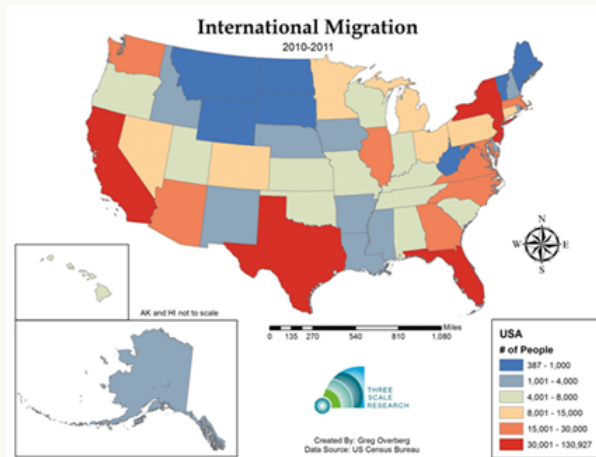
Lendle et al. (2012): comercio electrónico en eBay.

La IED disminuye con la distancia



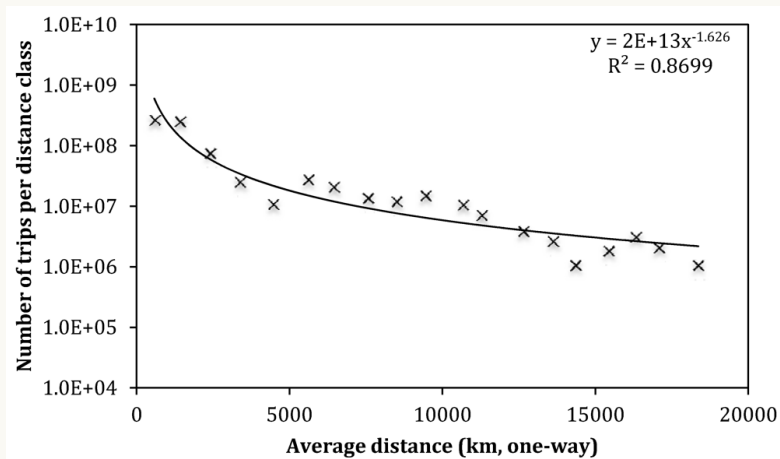
Alfaro y Chen (2017): inversión extranjera directa.

La migración disminuye con la distancia



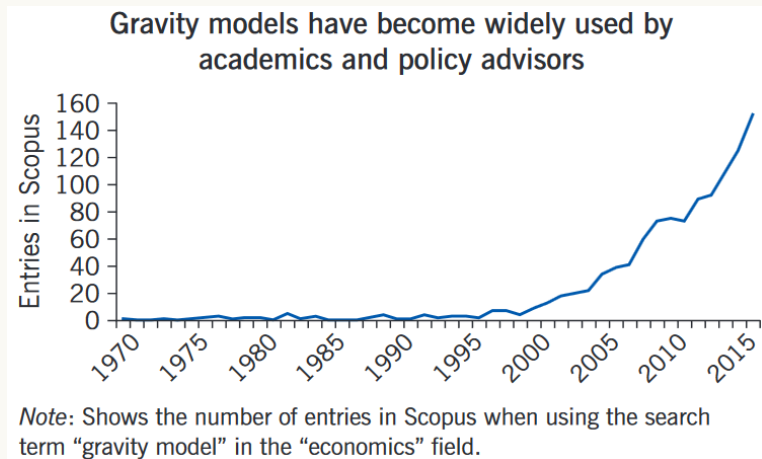
Migración internacional.

El turismo disminuye con la distancia



Peeters y Landré (2012): turismo.

La popularidad de los modelos de gravedad



Ramos (2016): modelos de gravedad en economía internacional.

En 1962



Tinbergen (1962).



Australia · Comercio, tamaño e instituciones



Ver IED en el apéndice

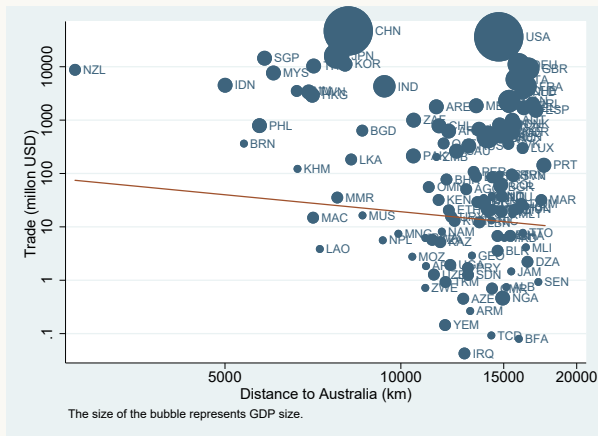
Paniagua (2021), Beamer AUS. Gráficos originales; tamaño del PIB y common law.

Jordi Paniagua

Motivación

21

Australia · Comercio, tamaño e instituciones



[Ver IED en el apéndice](#)

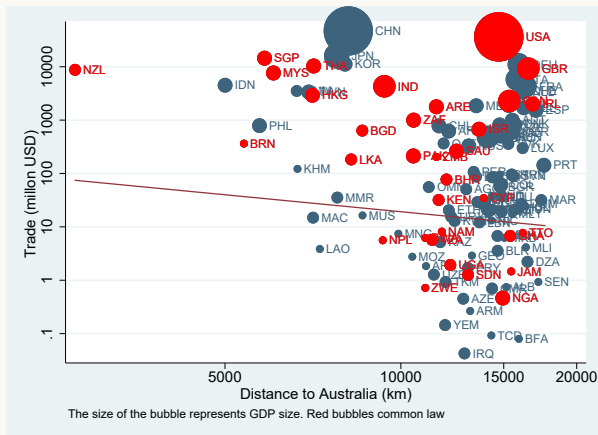
Paniagua (2021), Beamer AUS. Gráficos originales; tamaño del PIB y common law.

Jordi Paniagua

Motivación

21

Australia · Comercio, tamaño e instituciones



Ver IED en el apéndice

Paniagua (2021), Beamer AUS. Gráficos originales; tamaño del PIB y common law.

Jordi Paniagua

Motivación

Australia · Cómo «escapar» de la distancia

La distancia geográfica no cambia. Tamaño, vínculos e instituciones ayudan a entender el comercio y la inversión entre socios lejanos.

Las burbujas representan el PIB y el rojo identifica socios con common law. La secuencia muestra distancia, tamaño y afinidad institucional.

Reducir incertidumbre contractual y costes de resolución de disputas puede facilitar comercio e IED, aun con la misma distancia.

Estos gráficos no identifican por sí solos un efecto causal. Comercio e IED requieren modelos y medidas propios.

Gravity

Tinbergen (1962) realiza la primera exploración empírica de una ecuación de gravedad:

$$X_{ij} = G \frac{Y_i Y_j}{\tau_{ij}}$$

$$\ln X_{ij} = g + \alpha \ln Y_i + \beta \ln Y_j - \zeta \ln \tau_{ij}$$

Anderson (1979), Bergstrand (1985) y Anderson y van Wincoop (2003): la ecuación inicial no impone el equilibrio de mercado ni incorpora la sustitución entre bienes.

$$X_{ij} = \frac{Y_i E_j}{Y} \left(\frac{\tau_{ij}}{\pi_i p_j} \right)^{1-\sigma}$$

Tinbergen (1962); Anderson (1979); Bergstrand (1985); Anderson y van Wincoop (2003).

Gravedad estructural

$$X_{ij} = \frac{Y_i E_j}{Y} \left(\frac{\tau_{ij}}{\Pi_i P_j} \right)^{-\theta}$$

- Π_i : resistencia multilateral de salida; acceso del origen a sus mercados.
- P_j : resistencia multilateral de entrada; acceso del destino a sus proveedores.
- Y : producción mundial del universo modelado.

Importa el coste bilateral en relación con las alternativas

Anderson y van Wincoop (2003); Yotov (2025), sección 2; Yotov et al. (2016), cap. 1.

Costes multilaterales: Estados Unidos y Canadá en Marte



Se mantienen sus tamaños y el coste bilateral entre ambos.

Al alejarlos del resto del mundo, sus proveedores y mercados alternativos resultan menos accesibles.

Comerciarían más entre sí.

La gravedad estructural recoge esa dependencia respecto a terceros.

Yotov (2025), figura 4 y sección 2.1; Anderson y van Wincoop (2003). Experimento conceptual.

Los supuestos que dan estructura a la gravedad

- N países; cada origen produce una variedad diferenciada.
- Consumidor representativo, preferencias CES y $\sigma > 1$.
- Oferta Q_i dada; precio de fábrica p_i ; ingreso $Y_i = p_i Q_i$.
- Coste iceberg $\tau_{ij} \geq 1$: precio entregado $p_i \tau_{ij}$.

$$U_j = \left[\sum_i a_i^{1/\sigma} c_{ij}^{(\sigma-1)/\sigma} \right]^{\sigma/(\sigma-1)}, \quad \sum_i p_i \tau_{ij} c_{ij} = E_j$$

$a_i > 0$: ponderación de la variedad; c_{ij} : cantidad entregada.

Convención: $\theta \equiv \sigma - 1 > 0$; se omite el año para facilitar la lectura.

Anderson y van Wincoop (2003); Yotov, Piermartini, Monteiro y Larch (2016), cap. 1. Notación adaptada.

Demanda bilateral e índice de precios

$$X_{ij} \equiv p_i \tau_{ij} c_{ij} = a_i \left(\frac{p_i \tau_{ij}}{P_j} \right)^{-\theta} E_j \quad (1)$$

$$P_j = \left[\sum_i a_i (p_i \tau_{ij})^{-\theta} \right]^{-1/\theta} \quad (2)$$

- Un precio relativo mayor reduce la cuota de gasto del proveedor.
- P_j incorpora **todos** los proveedores, incluido $i = j$.
- $\sum_i X_{ij} = E_j$: el gasto se distribuye entre orígenes.

La demanda de un origen depende de las alternativas disponibles

Anderson y van Wincoop (2003); Yotov, Piermartini, Monteiro y Larch (2016), cap. 1. Notación adaptada.

Producción, gasto y vaciado de mercados

$$Y_i = p_i Q_i = \sum_j X_{ij}, \quad E_j = \sum_i X_{ij}, \quad Y \equiv \sum_i Y_i = \sum_j E_j \quad (3)$$

Cierre de gasto	Qué se supone
Equilibrado	$E_i = Y_i$ en cada país.
Déficit aditivo	$E_i = Y_i + D_i$, $\sum_i D_i = 0$; D_i fijo en el numerario.
Proporcional	$E_i = \phi_i Y_i$; ϕ_i fijo y equilibrio mundial.

Q_i permanece fijo en el modelo básico; p_i , Y_i y E_i pueden cambiar.

Anderson y van Wincoop (2003); Yotov, Piermartini, Monteiro y Larch (2016), cap. 1. Notación adaptada.

Las dos resistencias multilaterales son endógenas

$$\Pi_i^{-\theta} = \sum_j \left(\frac{\tau_{ij}}{P_j} \right)^{-\theta} \frac{E_j}{Y} \quad (4)$$

$$P_j^{-\theta} = \sum_i \left(\frac{\tau_{ij}}{\Pi_i} \right)^{-\theta} \frac{Y_i}{Y} \quad (5)$$

- **Salida**, Π_i : acceso a compradores, ponderados por gasto.
- **Entrada**, P_j : acceso a proveedores, ponderados por producción.
- Se determinan conjuntamente; incluyen comercio interno.

El vínculo con los precios de fábrica: $p_i = \frac{a_i^{1/\theta}}{\Pi_i} (Y_i/Y)^{-1/\theta}$.

Anderson y van Wincoop (2003); Yotov, Piermartini, Monteiro y Larch (2016), cap. 1. Notación adaptada.

El sistema estructural completo: cinco bloques

$$X_{ij} = \frac{Y_i E_j}{Y} \left(\frac{\tau_{ij}}{\Pi_i P_j} \right)^{-\theta}$$

Comercio

$$\Pi_i^{-\theta} = \sum_j (\tau_{ij}/P_j)^{-\theta} E_j/Y$$

Resistencia de salida

$$P_j^{-\theta} = \sum_i (\tau_{ij}/\Pi_i)^{-\theta} Y_i/Y$$

Resistencia de entrada

$$p_i = a_i^{1/\theta} (Y_i/Y)^{-1/\theta} / \Pi_i$$

Precio de fábrica

$$Y_i = p_i Q_i, \quad E_i = Y_i + D_i, \quad Y = \sum_i Y_i$$

Producción y gasto

Dados (τ, a, Q, D, θ) y un numerario, se determinan flujos y precios.

El vaciado $Y_i = \sum_j X_{ij}$ está incorporado en el sistema.

Anderson y van Wincoop (2003); Yotov, Piermartini, Monteiro y Larch (2016), cap. 1. Notación adaptada.

Jordi Paniagua

Modelo estructural

Bienestar: poder de compra, no exportaciones

$$W_i \equiv E_i/P_i, \quad \widehat{W}_i = \frac{E'_i/E_i}{P'_i/P_i}, \quad \widehat{RW}_i = \frac{w'_i/w_i}{P'_i/P_i}$$

- Sombrero = cociente contrafactual / inicial.
- Con tecnología fija de un factor, $\widehat{p}_i = \widehat{w}_i$.
- Con déficit aditivo fijo, $\widehat{E}_i$ puede diferir de $\widehat{w}_i$.
- Con E_i/Y_i fijo, bienestar y salario real cambian en la misma proporción.

Un aumento de ventas no mide por sí solo una mejora de bienestar

Anderson y van Wincoop (2003); Yotov, Piermartini, Monteiro y Larch (2016), cap. 1. Notación adaptada.

Sectores: misma lógica, nuevas exigencias

$$X_{ij,t}^k = \frac{Y_{i,t}^k E_{j,t}^k}{Y_t^k} \left(\frac{\tau_{ij,t}^k}{\Pi_{i,t}^k P_{j,t}^k} \right)^{-\theta_k}$$

- Estimar por sector o absorber origen–sector–año, destino–sector–año y par–sector.
- Permitir efectos de política distintos por sector; documentar agregación.
- Un GE multisectorial necesita asignación de gasto, factores y vínculos entre sectores.

Con preferencias Cobb–Douglas entre sectores: $E_j^k = s_j^k E_j$, $\sum_k s_j^k = 1$.

Yotov et al. (2016), caps. 1–2. El ge_gravity de este curso resuelve un sector.

Recomendaciones 2025 · Diseñar los datos

1. Cubrir el mayor universo bilateral pertinente.
2. Usar registros nominales, moneda común y precios entregados.
3. Desagregar cuando la pregunta lo requiera.
4. Conservar años consecutivos del panel.
5. Incorporar ventas internas comparables.

Ventas internas: permiten comparar el comercio exterior con el mercado nacional e identificar el papel de la frontera.

La producción y las exportaciones deben tener cobertura y unidades comparables.

Larch, Shikher y Yotov (2025), ROIE, 33(5), 1066–1092. Síntesis de sus 15 recomendaciones; versión de autores, enero de 2025.

Recomendaciones 2025 · Especificación e inferencia

6. Estimar la media multiplicativa mediante PPML.
7. Absorber origen-año y destino-año.
8. Incorporar efectos fijos de par dirigido.
9. Justificar la medición de costes bilaterales.
10. Identificar costes no discriminatorios con comercio interno.
11. Agrupar errores según la dependencia del diseño.

Decisión del taller: EF de par dirigido y clúster de par no dirigido.

En un panel sectorial, los efectos fijos deben reflejar también el sector.

Larch, Shikher y Yotov (2025), *ROIE*, 33(5), 1066–1092. Síntesis de sus 15 recomendaciones; versión de autores, enero de 2025.

Recomendaciones 2025 · Heterogeneidad y dinámica

12. Distinguir políticas y disposiciones específicas.
13. Permitir ajuste temporal de los efectos.
14. Examinar heterogeneidad económicamente motivada.
15. Considerar DiD robusta a heterogeneidad, con identificación válida.

Diseño para investigar: definir tratamiento, momento de adopción, población de comparación y horizonte del efecto.

Un coeficiente medio de “cualquier acuerdo” puede ocultar respuestas distintas.

Larch, Shikher y Yotov (2025), ROIE, 33(5), 1066–1092. Síntesis de sus 15 recomendaciones; versión de autores, enero de 2025.

Por qué el comercio interno cambia la identificación

$$\mathbb{E}[X_{ij,t} \mid \cdot] = \exp\{\alpha_{i,t} + \delta_{j,t} + \mu_{ij} + \beta RTA_{ij,t} + \gamma_t B_{ij} + \eta z_{i,t} B_{ij}\}$$

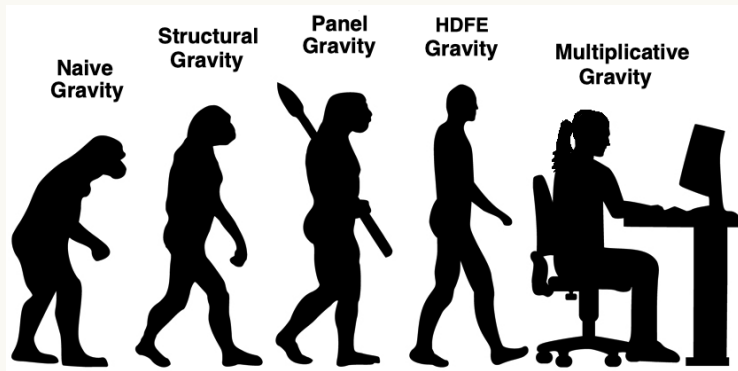
$B_{ij} = 1[i \neq j]$; $z_{i,t}$: política o condición del origen.

- $z_{i,t}$ sola queda absorbida por origen-año.
- Con diagonal, $z_{i,t} B_{ij}$ compara ventas externas e internas.
- $\gamma_t B_{ij}$ permite una evolución común de la frontera; omitir un año base.

* Extension ejecutable con la base de manufacturas:
do "stata/05_frontera_opcional.do"

Yotov et al. (2016), cap. 1; Larch, Shikher y Yotov (2025). La identificación requiere variación suficiente.

La secuencia de estimación del capítulo



Cada paso responde a una limitación del anterior: alternativas comerciales, dimensión temporal, heterogeneidad bilateral y forma multiplicativa.

Yotov (2025), figura 5 y sección 3. Las cinco columnas de la práctica siguen este orden.

1. Gravedad ingenua · MCO

$$\ln X_{ij} = \alpha + \beta_d \ln d_{ij} + \beta_y \ln PIB_i + \beta_e \ln PIB_j + \beta_R RTA_{ij} + \beta_U EU_{ij} + u_{ij}$$

```
regress ln_trade ln_dist RTA EU ///  
      ln_gdp_exp ln_gdp_imp if Year==2023, ///  
      vce(cluster cluster_par)
```

Lo que falta: resistencias multilaterales y otras características de los países.

Lo que cambia: se trabaja únicamente con comercio positivo.

Secuencia de estimadores adaptada del código de Yotov (2025).

2. Gravedad estructural · Efectos fijos de país

$$\ln X_{ij} = \alpha_i + \delta_j + \beta_d \ln d_{ij} + \beta_R RTA_{ij} + \beta_U EU_{ij} + u_{ij}$$

```
reghdfe ln_trade ln_dist RTA EU if Year==2023, ///  
    absorb(Exporter Importer) ///  
    vce(cluster cluster_par)
```

- Los efectos fijos recogen tamaño, resistencias y otros factores propios de cada país.
- El PIB del origen y del destino queda absorbido.
- La distancia bilateral sigue teniendo variación identificadora.

3. Gravedad con datos de panel

$$\ln X_{ij,t} = \alpha_{i,t} + \delta_{j,t} + \beta_d \ln d_{ij} + \beta_R RTA_{ij,t} + \beta_U EU_{ij,t} + u_{ij,t}$$

```
reghdfe ln_trade ln_dist RTA EU, ///  
    absorb(Exporter#Year Importer#Year) ///  
    vce(cluster cluster_par)
```

- Usamos todos los años, 1990–2023.
- Tamaños y resistencias pueden cambiar cada año.
- Origen–año y destino–año sustituyen a los efectos fijos de país.

Yotov (2025), *Gravedad para universitarios*, versión española de *Gravity for Undergrads*.

4. Gravedad HDFE · Efectos fijos de par

$$\ln X_{ij,t} = \alpha_{i,t} + \delta_{j,t} + \mu_{ij} + \beta_R RTA_{ij,t} + \beta_U EU_{ij,t} + u_{ij,t}$$

```
reghdfe ln_trade RTA EU, ///  
    absorb(Exporter#Year Importer#Year par) ///  
    vce(cluster cluster_par)
```

Efecto fijo	Absorbe
Origen $\times$ año	Oferta y condiciones del origen en cada año
Destino $\times$ año	Gasto y condiciones del destino en cada año
Par dirigido	Distancia, idioma y fricciones bilaterales constantes

5. Gravedad multiplicativa · PPML

$$\mathbb{E}[X_{ij,t} \mid Z] = \exp\{\alpha_{i,t} + \delta_{j,t} + \mu_{ij} + Z'_{ij,t}\beta\}$$

- La media condicional tiene forma multiplicativa.
- Los ceros observados aportan información.
- Con heterocedasticidad, tomar logaritmos puede alterar la relación de media: $\mathbb{E}[\ln X \mid Z] \neq \ln \mathbb{E}[X \mid Z]$.
- No exige que el comercio sea un conteo ni que su varianza iguale a su media.

Santos Silva y Tenreyro (2006); Correia, Guimarães y Zylkin (2020).

La especificación de trabajo en Stata

```
gen double trade_m = Trade/1e6
ppmlhdfc trade_m RTA EU, ///
    absorb(Exporter#Year Importer#Year par) ///
    vce(cluster cluster_par) d(fe_suma)
gen byte muestra_ppml = e(sample)
predict double pred_m if muestra_ppml, mu
```

- trade_m: comercio en millones; las pendientes no cambian.
- d(fe_suma) permite recuperar la predicción con los efectos fijos.
- e(sample) identifica las observaciones utilizadas.

Ayuda oficial de ppmlhdfc.

Qué identifica el coeficiente de un acuerdo

- Variaciones del régimen comercial dentro del par, netas de los componentes origen-año y destino-año.
- Los acuerdos que no cambian durante la muestra no proporcionan esa variación directa.
- Los efectos fijos de par absorben selección bilateral **constante**; pueden quedar cambios simultáneos, anticipación y dinámica.

Para un artículo: estudiar fechas, transiciones, tendencias previas, efectos heterogéneos y comparaciones plausibles.

Una especificación estructural no basta para demostrar causalidad

Yotov (2025), sección 3; Larch, Shikher y Yotov (2025).

Inferencia y tamaño del efecto

- **EF de par dirigido:** $i \rightarrow j$ puede diferir de $j \rightarrow i$.
- **Clúster de par no dirigido:** permite correlación a lo largo del tiempo y entre ambas direcciones.
- Para una variable binaria: $100[\exp(\hat{\beta}) - 1]$.

```
nlcom (pct_RTA: 100*(exp(_b[RTA])-1))  
lincom EU - RTA
```

Alcance: este clúster no cubre cualquier dependencia entre países o acuerdos.

La estructura de los datos del capítulo

	Exporter	Importer	Year	Trade	Distance	RTA	EU	GDP_Exporter	GDP_Importer	CAN_exp_1993	USA_imp_1995	CAN_MEX	MEX_CAN
1	CAN	MEX	1993	9.882e+08	3472.085	0	0	5.791e+11	5.302e+11	1	0	1	0
2	CAN	MEX	1994	1.620e+09	3472.085	1	0	5.799e+11	5.536e+11	0	0	1	0
3	CAN	MEX	1995	1.374e+09	3472.085	1	0	6.060e+11	3.802e+11	0	0	1	0
4	CAN	USA	1993	1.136e+11	2134.945	1	0	5.791e+11	6.859e+12	1	0	0	0
5	CAN	USA	1994	1.319e+11	2134.945	1	0	5.799e+11	7.287e+12	0	0	0	0
6	CAN	USA	1995	1.483e+11	2134.945	1	0	6.060e+11	7.640e+12	0	1	0	0
7	MEX	CAN	1993	2.785e+09	3472.085	0	0	5.302e+11	5.791e+11	0	0	0	1
8	MEX	CAN	1994	3.274e+09	3472.085	1	0	5.536e+11	5.799e+11	0	0	0	1
9	MEX	CAN	1995	3.901e+09	3472.085	1	0	3.802e+11	6.060e+11	0	0	0	1
10	MEX	USA	1993	4.072e+10	2492.907	0	0	5.302e+11	6.859e+12	0	0	0	0
11	MEX	USA	1994	5.033e+10	2492.907	1	0	5.536e+11	7.287e+12	0	0	0	0
12	MEX	USA	1995	6.275e+10	2492.907	1	0	3.802e+11	7.640e+12	0	1	0	0
13	USA	CAN	1993	8.804e+10	2134.945	1	0	6.859e+12	5.791e+11	0	0	0	0
14	USA	CAN	1994	1.002e+11	2134.945	1	0	7.287e+12	5.799e+11	0	0	0	0
15	USA	CAN	1995	1.098e+11	2134.945	1	0	7.640e+12	6.060e+11	0	0	0	0
16	USA	MEX	1993	4.832e+10	2492.907	0	0	6.859e+12	5.302e+11	0	0	0	0
17	USA	MEX	1994	5.481e+10	2492.907	1	0	7.287e+12	5.536e+11	0	0	0	0
18	USA	MEX	1995	5.397e+10	2492.907	1	0	7.640e+12	3.802e+11	0	0	0	0

Cada fila es una combinación **exportador–importador–año**.

Las últimas columnas ilustran efectos fijos de país–año y pares dirigidos.

Yotov (2025), figura 6, sección 4. Esquema del capítulo; los comandos crean los identificadores sobre la base completa.

Datos y puesta en marcha

Gravity for Undergrads: 100 economías, 1990–2023; 320 920 observaciones internacionales.

Descargar la guía, los datos y el código de Yotov

```
cd "ruta/Curso_Unillanos_2026"  
do "stata/00_instalar.do" // antes del taller  
do "stata/01_datos.do"
```

Guardar Gravity_Undergrads_Data.dta en datos/.

00_master.do ejecuta todo y registra resultados en resultados/.

Base local de Yotov; descarga directa solicitada por el autor. Stata 17 o superior y paquetes SSC.

Práctica 1 · Auditar los datos

```
use "$GU", clear
isid Exporter Importer Year
count if Trade==0
count if Exporter==Importer
tabulate RTA EU
summarize Year Trade Distance
```

1. Anotar cuántos ceros hay y qué ocurre con $\ln(0)$.
2. Comprobar si hay ventas internas y si el panel está completo.
3. Leer la codificación conjunta de RTA y EU antes de interpretar.

Entrega: tres decisiones de datos justificadas en dos frases

Lo que cambia al mirar la base

Observaciones	320 920
Ceros observados	32 835 (10,23 %)
Observaciones positivas	288 085
Ventas internas	Ninguna
RTA=1 y EU=1 simultáneamente	Ninguna

En esta codificación, RTA y EU se comparan con la categoría (0, 0).

No sumar ambos coeficientes como si EU fuera un suplemento de RTA.

Auditoría ejecutada en Stata 18 sobre la base local de Gravity for Undergrads.

Práctica 2 · Estimar y defender una especificación

```
do "stata/02_estimacion.do"
```

1. Comparar m1–m5: signo, magnitud, errores estándar y N .
2. Explicar por qué el PIB y la distancia dejan de aparecer.
3. Convertir el coeficiente RTA de PPML a porcentaje.
4. Comparar m6 y m7: MCO y PPML sobre el mismo soporte positivo.

Entrega: una frase con el resultado y otra con su principal limitación de identificación.

Las estimaciones se guardan en estimaciones.csv; el registro completo está en curso_completo.log.

Resultados de la secuencia de estimación

	N	$\hat{\beta}_{RTA}$	EE	$\hat{\beta}_{EU}$	EE
MCO ingenuo, 2023	9 564	0,664	0,055	0,900	0,091
MCO con EF, 2023	9 564	0,236	0,059	-0,261	0,109
MCO panel	288 085	0,147	0,046	-0,526	0,082
MCO con tres EF	288 085	0,103	0,026	0,427	0,054
PPML con tres EF	320 920	0,076	0,031	0,273	0,044

La secuencia modifica controles, muestra y forma funcional.

El R^2 de $\ln X$ no es comparable con el pseudo- R^2 de X .

Ejecución local en Stata 18. EE agrupados por par no dirigido; Gravedad para universitarios 1990–2023. Los modelos 1 y 2 usan solo 2023.

Interpretar el PPML

Comparación con $(RTA, EU) = (0, 0)$	Coeficiente	Cambio bilateral
Otro acuerdo (RTA)	0,0756	7,86 %
Unión Europea (EU)	0,2726	31,34 %

RTA: IC normal del 95 % transformado [1, 57 %, 14, 53 %].

Efecto bilateral condicionado a los efectos fijos; no es el aumento de las exportaciones totales ni del bienestar.

Resultados locales. EU y RTA son categorías excluyentes en esta base.

Antes de escribir la primera conclusión

1. **Muestra:** cobertura, ceros, separación y filas excluidas.
2. **Identificación:** variación del tratamiento tras los efectos fijos.
3. **Inferencia:** agrupación y precisión; no solo estrellas.
4. **Robustez:** muestra común, períodos, dinámica y medición.
5. **Reproducción:** fuentes, versiones, código y registro.

En este ejercicio: PPML conserva los 32 835 ceros y no excluye filas.

Resultado de esta ejecución; no es una propiedad garantizada para otras bases.

De un coeficiente a un contrafactual

Efecto bilateral	Cambian las fricciones de una relación, manteniendo los demás componentes.
Equilibrio general	Cambian los flujos de todas las relaciones, precios, ingresos y gasto de forma compatible.

Shock $\longrightarrow$ precios e ingresos $\longrightarrow$ comercio y bienestar

Yotov et al. (2016), capítulo 2.

Qué implementa ge_gravity en este taller

- El sistema de un sector y un factor: dotaciones y tecnología fijas.
- Costes iceberg, sin ingresos arancelarios ni insumos intermedios.
- Cierre principal: déficit aditivo fijo; sensibilidad con cierre proporcional.
- Salidas: comercio, precios, salario real y bienestar del modelo.

Interpretación: resolver el equilibrio después de un shock supuesto.

Ecuaciones en cambios y solución: ver anexo

Ayuda de ge_gravity; Baier, Yotov y Zylkin (2019). Los supuestos delimitan qué política puede simularse.

Datos para estimación y equilibrio general

Gravedad para universitarios	Guía avanzada OMC/UNCTAD
100 economías, 1990–2023	69 economías, corte de 2006
Comercio internacional agregado	Manufacturas: comercio interno e internacional
Cinco etapas de estimación	Matriz de $69^2 = 4\,761$ flujos para el contrafactual

Datos y ejercicios disponibles en la web de la OMC

La simulación representa este universo histórico y un sector, con sus supuestos de cierre.

Yotov, Piermartini, Monteiro y Larch (2016), *An Advanced Guide to Trade Policy Analysis*, OMC/UNCTAD, caps. 1–2.

Definir el shock con el signo correcto

Supuesto: costes de Colombia con todos sus socios -10% , en ambas direcciones.

$$b_{ij} = -\theta \Delta \ln \tau_{ij}, \quad b = -4 \ln(0,9) = 0,4214$$

```
gen byte tratado = ///  
    (exporter=="COL" | importer=="COL") ///  
    & exporter!=importer  
gen double shock = -4*ln(.90)*tratado
```

Efecto bilateral directo: $100[0,9^{-4} - 1] = 52,42\%$.

La entrada es el **cambio logarítmico de la facilidad de comercio**; no $-0,10$ ni $52,42$.

Resolver y leer las salidas

```
ge_gravity exporter importer trade shock, ///  
    theta(4) gen_w(W) gen_X(X_cf) ///  
    gen_rw(RW) gen_nw(NW) gen_P(P)  
gen double bienestar_pct = 100*(W-1)
```

Salida	Significado
W, RW	Cocientes de bienestar y salario real
NW, P	Cocientes de salario nominal e índice de precios
X_cf	Nivel contrafactual de comercio bilateral

W, RW, NW y P pertenecen al **exportador** y se repiten por destino.

Práctica 3 · Comercio y bienestar de Colombia

```
do "stata/03_equilibrio_general.do"
```

1. Verificar que el shock nulo reproduce la base.
2. Comparar exportaciones parciales y de equilibrio general de Colombia.
3. Leer bienestar y salario real de Colombia y de dos socios.
4. Cambiar θ y el cierre: ¿se mantiene el resultado?

Entrega: tres cifras, una interpretación y dos supuestos de los que dependen.

Salidas: ge_paises.csv y ge_sensibilidad.csv. Escenario hipotético con base de manufacturas de 2006.

Resultados del contrafactual

	Bienestar	Salario real	Exportaciones
Colombia	3,546	3,288	59,73
Ecuador	0,817	0,599	9,58
Brasil	0,013	0,011	0,28
Estados Unidos	0,007	0,007	0,15
España	0,005	0,005	0,05
China	0,002	0,002	0,02

Todas las cifras son variaciones porcentuales. Costes de Colombia -10% ; $\theta = 4$; cierre aditivo.

Exportaciones de Colombia: cálculo parcial $+52,42\%$; equilibrio general $+59,73\%$.

Ejecución del código entregado. Base histórica, universo cerrado y sector representativo: no son efectos observados ni bienestar nacional total.

Sensibilidad: elasticidad y cierre

θ	Cierre aditivo	Cierre multiplicativo
3	3,422	3,094
4	3,546	3,255
6	3,843	3,631

Bienestar de Colombia, en %; caída de costes de 10 % en todos los casos.

- Al cambiar θ , recalcular $b = -\theta \ln(0,9)$.
- `multiplicative`: fija E'_i/Y'_i ; cambia la respuesta de los desequilibrios.
- La tabla es sensibilidad a supuestos, no un intervalo de confianza.

Salidas locales de `ge_gravity`. Para un shock estimado fijo, se mantendría b al variar θ .

Fuentes para un proyecto propio

USITC	Gravity Portal
ITPD-E / ITPD-S	Comercio y producción para estimación / simulación.
ITPD-U	Flujos clasificados por uso de los bienes.
DGD / DICL	Relaciones entre países y similitud lingüística.
MREID / LABPTA	Actividad multinacional y disposiciones laborales de acuerdos.

Los anexos detallan coberturas, aplicaciones y referencias.

Gravedad para universitarios: datos y códigos para comenzar

Documentación de USITC; Borchert et al. (2021); Larch, Shikher y Yotov (2026); Ahmad et al. (2023).

Convertir el taller en un primer proyecto

1. Formular una política, población y período concretos.
2. Construir un panel bilateral documentado y auditar sus cambios.
3. Justificar variación, comparación, efectos fijos e inferencia.
4. Estimar PPML y explicar las sensibilidades relevantes.
5. Si procede, definir un contrafactual con datos internos y cierre explícito.

Conexión con Marriage and Trade: las redes familiares pueden motivar una variable bilateral; distinguir preferencias y costes antes de usar un coeficiente en GE.

Preguntas y recursos para continuar

Tres ideas para llevar al proyecto

- Gravedad: costes bilaterales **relativos** a otras opciones.
- Estimación: PPML, efectos fijos y una comparación defendible.
- Contrafactual: shock, cierre y datos determinan la interpretación.

Guía y descargas de Yotov Bibliografía De $\hat{\beta}$ a GE

Material de la sesión: Beamer, códigos, guía docente y resultados reproducibles.

Armington-CES · Supuestos y notación

Cada país produce una variedad diferenciada por origen; la dotación Q_i es fija y su precio de fábrica es p_i .

$$p_{ij} = p_i \tau_{ij}, \quad \tau_{ij} \geq 1, \quad \sigma > 1, \quad \theta = \sigma - 1$$

El consumidor del destino j elige cuánto comprar de cada origen i . Los costes iceberg exigen enviar más de una unidad para entregar una.

$$Y_i = p_i Q_i, \quad Y = \sum_i Y_i = \sum_j E_j$$

E_j es gasto y Y_j es ingreso. Comercio equilibrado impone $E_j = Y_j$; la demanda puede derivarse antes de elegir ese cierre.

Armington-CES · El problema del consumidor

$$U_j = \left[\sum_i a_i^{1/\sigma} c_{ij}^{(\sigma-1)/\sigma} \right]^{\sigma/(\sigma-1)}$$

$$\max_{\{c_{ij} \geq 0\}} U_j \quad \text{s. a.} \quad \sum_i p_{ij} c_{ij} = E_j$$

c_{ij} es consumo entregado; $a_i > 0$ es el peso de la variedad. La elasticidad de sustitución entre orígenes es σ .

$$a_i = \beta_i^{1-\sigma}$$

Esta equivalencia reproduce la parametrización de Yotov (diapositiva 39).
Un mayor a_i aumenta la demanda, manteniendo los precios constantes.

Anderson (1979); Anderson y van Wincoop (2003).

Jordi Paniagua

Volver a gravedad estructural

CES · Elasticidad de sustitución

$$U = \left[\sum_i \alpha_i c_i^\rho \right]^{1/\rho}, \quad \rho = \frac{\sigma - 1}{\sigma}, \quad \alpha_i > 0, \quad \sum_i \alpha_i = 1$$

CES: elasticidad de sustitución constante. Si el precio relativo sube un 1 por ciento, la cantidad relativa demandada cae aproximadamente un σ por ciento.

σ mayor que 1: sustitutos brutos. σ entre 0 y 1: complementarios brutos.

Límites: σ tiende a infinito, sustitutos perfectos; a 1, Cobb-Douglas; a 0, complementarios perfectos (Leontief).

En el curso: σ mayor que 1 y elasticidad comercial igual a σ menos uno. Mayor σ facilita sustituir y aumenta la respuesta a los costes relativos.

Anderson (1979); Anderson y van Wincoop (2003).

Jordi Paniagua

Volver a gravedad estructural

Armington-CES · Condiciones de primer orden

La utilidad es creciente en la suma CES. Podemos maximizar esa suma con la misma restricción presupuestaria.

$$\mathcal{L} = \sum_i a_i^{1/\sigma} c_{ij}^{(\sigma-1)/\sigma} + \lambda_j \left(E_j - \sum_i p_{ij} c_{ij} \right)$$

$$\frac{\sigma-1}{\sigma} a_i^{1/\sigma} c_{ij}^{-1/\sigma} = \lambda_j p_{ij}$$

Dividir la condición de i por la de k elimina el multiplicador:

$$\frac{c_{ij}}{c_{kj}} = \frac{a_i}{a_k} \left(\frac{p_{ij}}{p_{kj}} \right)^{-\sigma}$$

Armington-CES · Demanda e índice de precios

La razón de consumos implica $c_{ij} = K_j a_i p_{ij}$ elevado a $-\sigma$. El presupuesto determina la constante K_j :

$$K_j = \frac{E_j}{\sum_k a_k p_{kj}^{1-\sigma}} = E_j P_j^{\sigma-1}$$

$$P_j = \left[\sum_i a_i (p_i \tau_{ij})^{1-\sigma} \right]^{1/(1-\sigma)}$$

$$c_{ij} = a_i (p_i \tau_{ij})^{-\sigma} P_j^{\sigma-1} E_j$$

P_j es el índice de precios CES: el coste de una unidad del agregado de consumo. Resume todas las alternativas de abastecimiento del destino.

Anderson (1979); Anderson y van Wincoop (2003).

Jordi Paniagua

Volver a gravedad estructural

Armington-CES · Del consumo al comercio

Multiplicar el consumo por su precio entregado da el gasto bilateral nominal:

$$X_{ij} = p_{ij}c_{ij} = a_i \left(\frac{p_i \tau_{ij}}{p_j} \right)^{1-\sigma} E_j$$

$$\pi_{ij} \equiv \frac{X_{ij}}{E_j} = \frac{a_i (p_i \tau_{ij})^{1-\sigma}}{\sum_k a_k (p_k \tau_{kj})^{1-\sigma}}$$

Las cuotas suman uno. No basta el coste bilateral: también importan los precios y costes de todos los orígenes alternativos.

$$\sum_i \pi_{ij} = 1, \quad \sum_i X_{ij} = E_j$$

Anderson (1979); Anderson y van Wincoop (2003).

Jordi Paniagua

Volver a gravedad estructural

Armington-CES · Equilibrio de mercado

La producción de cada origen se vende entre todos los destinos, incluido el mercado interno:

$$Y_i = \sum_j X_{ij} = a_i p_i^{1-\sigma} \sum_j \left(\frac{\tau_{ij}}{p_j} \right)^{1-\sigma} E_j$$

Dividimos por el ingreso mundial y definimos la resistencia multilateral de salida:

$$\Pi_i^{1-\sigma} \equiv \sum_j \left(\frac{\tau_{ij}}{p_j} \right)^{1-\sigma} \frac{E_j}{Y}$$

$$a_i p_i^{1-\sigma} = \frac{Y_i/Y}{\Pi_i^{1-\sigma}}$$

Anderson (1979); Anderson y van Wincoop (2003).

Jordi Paniagua

Volver a gravedad estructural

Armington-CES · La ecuación de gravedad

Sustituimos el término de origen obtenido del equilibrio de mercado en la demanda bilateral:

$$X_{ij} = \frac{Y_i/Y}{\bar{\Pi}_i^{1-\sigma}} \left(\frac{\tau_{ij}}{\bar{P}_j} \right)^{1-\sigma} E_j$$

$$X_{ij} = \frac{Y_i E_j}{Y} \left(\frac{\tau_{ij}}{\bar{\Pi}_i \bar{P}_j} \right)^{1-\sigma}$$

$$\theta = \sigma - 1 \quad \Rightarrow \quad X_{ij} = \frac{Y_i E_j}{Y} \left(\frac{\tau_{ij}}{\bar{\Pi}_i \bar{P}_j} \right)^{-\theta}$$

El tamaño determina el comercio de referencia. Las fricciones bilaterales actúan en relación con las resistencias multilaterales.

Anderson (1979); Anderson y van Wincoop (2003).

Jordi Paniagua

Volver a gravedad estructural

Armington-CES · El sistema estructural

Sustituir también en el índice de precios cierra las dos resistencias:

$$P_j^{-\theta} = \sum_i \left(\frac{\tau_{ij}}{\Pi_i} \right)^{-\theta} \frac{Y_i}{Y}$$

$$\Pi_i^{-\theta} = \sum_j \left(\frac{\tau_{ij}}{P_j} \right)^{-\theta} \frac{E_j}{Y}$$

$$X_{ij} = \frac{Y_i E_j}{Y} \left(\frac{\tau_{ij}}{\Pi_i P_j} \right)^{-\theta}$$

P_j resume la resistencia de entrada; Π_i , la de salida. Cambiar un coste bilateral modifica las alternativas y puede afectar a terceros países.

Armington-CES · Cierre e interpretación

$$Y_i = p_i Q_i, \quad Y_i = \sum_j X_{ij}, \quad E_i = Y_i$$

Con dotaciones fijas y comercio equilibrado, los precios ajustan para vaciar los mercados. Hay que fijar un numerario: solo los precios relativos están determinados.

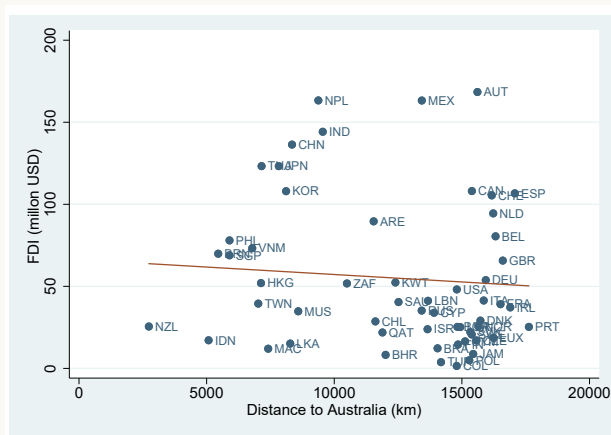
Para el cierre con déficit del curso se sustituye $E_i = Y_i$ por la regla de déficit correspondiente. No se mezclan cierres en un mismo contrafactual.

$$\frac{\partial \ln X_{ij}}{\partial \ln \tau_{ij}} = -\theta \quad \text{si } Y_i, E_j, P_j, \Pi_i \text{ fijos}$$

Esta es una elasticidad parcial. El efecto de equilibrio general incluye el ajuste de ingresos, gastos y resistencias multilaterales.

Anderson (1979); Anderson y van Wincoop (2003).

Australia · IED, tamaño e instituciones



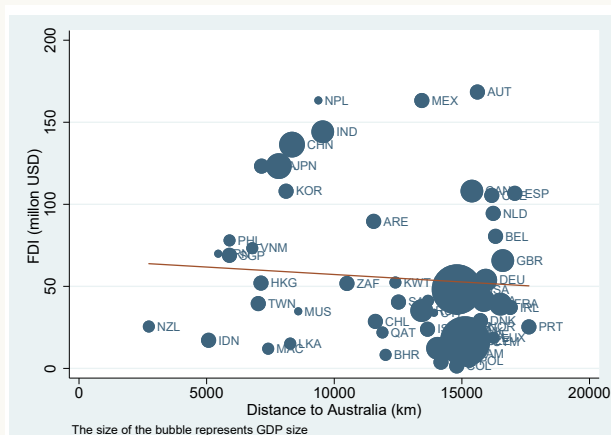
Volver al comercio de Australia

Paniagua (2021), Beamer AUS. Gráficos originales; tamaño del PIB y common law.

Jordi Paniagua

Apéndice IED

Australia · IED, tamaño e instituciones



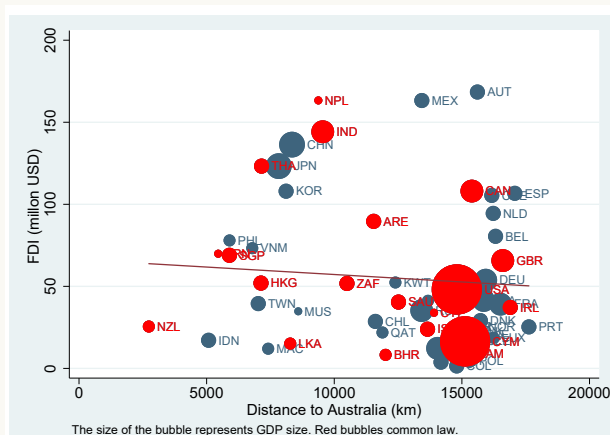
[Volver al comercio de Australia](#)

Paniagua (2021), Beamer AUS. Gráficos originales; tamaño del PIB y common law.

Jordi Paniagua

Apéndice IED

Australia · IED, tamaño e instituciones



Volver al comercio de Australia

Paniagua (2021), Beamer AUS. Gráficos originales; tamaño del PIB y common law.

Jordi Paniagua

Apéndice IED

De un coeficiente estimado al shock

$$b_{ij} = \hat{\beta} (RTA'_{ij} - RTA_{ij}), \quad \hat{\tau}_{ij} = \exp(-b_{ij}/\theta)$$

```
estimates use "resultados/ppml_principal.ster"  
scalar b_rta=_b[RTA]  
* Tras cargar una matriz completa y definir delta_rta:  
gen double shock_beta=b_rta*delta_rta  
ge_gravity exporter importer trade shock_beta, ///  
    theta(4) gen_w(W_beta) gen_X(X_beta)
```

Extensión: 04_puente_opcional.do. Transportar el coeficiente del capítulo a otra muestra es una hipótesis adicional; no es una evaluación del tratado Colombia–EE.UU.

El sistema en cambios

$$\hat{P}_j^{-\theta} = \sum_i \pi_{ij} \hat{w}_i^{-\theta} e^{b_{ij}}$$

$$X'_{ij} = \frac{\pi_{ij} \hat{w}_i^{-\theta} e^{b_{ij}}}{\hat{P}_j^{-\theta}} E'_j, \quad \sum_j X'_{ij} = Y_i \hat{w}_i$$

$$E'_j = Y_j \hat{w}_j + D_j, \quad \sum_i Y_i \hat{w}_i = \sum_i Y_i$$

Numerario: producción nominal mundial constante. Esto no impide cambios reales de bienestar.

Ayuda de `ge_gravity`; cierre aditivo. El algoritmo obtiene salarios y precios compatibles simultáneamente.

Comprobaciones económicas del código

```
* Sin shock: recuperar la base.  
assert abs(W0-1)<1e-6  
assert abs(X0-trade)/(1+trade)<1e-6  
* Vaciado de mercado y salario real.  
assert abs(Y1/Y0-NW)<1e-5  
assert abs(RW-NW/P)<1e-5  
* Cierre de gasto, en la diagonal.  
assert abs(E1-(Y0*NW+E0-Y0))/(1+E1)<1e-5 ///  
    if exporter==importer
```

También se verifican positividad, normalización mundial y la identidad de bienestar.

Código de la práctica 3; tolerancias numéricas explícitas.

Errores frecuentes y su solución

Problema	Comprobación o solución
<code>file not found</code>	Situar Stata en la raíz del curso y revisar datos/.
<code>command unrecognized</code>	Ejecutar 00_instalar.do con conexión antes del taller.
Distancia omitida	Con EF de par, es colineal; no es un fallo del programa.
Se pierden filas en PPML	Revisar separación, singletons y <code>e(sample)</code> .
<code>non-square data set</code>	Comprobar todos los pares y una diagonal positiva por país.
Bienestar de 103,5 %	Una salida 1,035 se convierte en $100(1,035 - 1) = 3,5 \%$.

Material base y referencias de consulta

- Yotov, Y. V. (2025). *Gravity for Undergrads*. Guía, traducción al español, datos y código.
- OMC y UNCTAD (2012). *A Practical Guide to Trade Policy Analysis*, capítulo 3, pp. 103–134. PDF solicitado.
- Yotov, Y. V. (2024). The evolution of structural gravity: The workhorse model of trade. *Contemporary Economic Policy*, 42(4), 578–603.
- Yotov, Y. V., Piermartini, R., Monteiro, J.-A. y Larch, M. (2016). *An Advanced Guide to Trade Policy Analysis: The Structural Gravity Model*, caps. 1–2. OMC/UNCTAD.

La guía de 2012 y la guía avanzada de 2016 son publicaciones distintas; el bloque GE se apoya además en la segunda.

Referencias metodológicas y software

- Anderson, J. E. y van Wincoop, E. (2003). Gravity with Gravitas. *American Economic Review*, 93(1), 170–192.
- Santos Silva, J. M. C. y Tenreyro, S. (2006). The Log of Gravity. *Review of Economics and Statistics*, 88(4), 641–658.
- Correia, S., Guimarães, P. y Zylkin, T. (2020). Fast Poisson estimation with high-dimensional fixed effects. *Stata Journal*, 20(1), 95–115. Ayuda de `ppmlhdfc`.
- Baier, S. L., Yotov, Y. V. y Zylkin, T. (2019). On the widely differing effects of free trade agreements. *Journal of International Economics*, 116, 206–226.
- Zylkin, T. `ge_gravity`, v1.1. Ayuda del autor; instalación mediante SSC.

El modelo que resuelve ge_gravity

$$\pi_{ij} = \frac{X_{ij}}{E_j}, \quad Y_i = \sum_j X_{ij}, \quad E_j = \sum_i X_{ij}$$

$$\hat{P}_j = \left[\sum_i \pi_{ij} \hat{w}_i^{-\theta} \exp(b_{ij}) \right]^{-1/\theta}, \quad \hat{W}_i = \frac{\hat{E}_i}{\hat{P}_i}$$

- Un sector y un factor; dotaciones y productividad constantes.
- Costes iceberg; sin recaudación arancelaria ni insumos intermedios.
- Cierre base: $E'_i = Y_i \hat{w}_i + D_i$, con $D_i = E_i - Y_i$ fijo.

Zylkin, ayuda de ge_gravity; Baier, Yotov y Zylkin (2019). Sombrero: cociente contrafactual/base.

Comprobar la matriz antes de simular

```
use "$GE", clear
keep if year==2006
isid exporter importer
assert !missing(trade) & trade>=0
count if exporter==importer
assert r(N)==69
assert trade>0 if exporter==importer
assert _N==69^2
```

03_equilibrio_general.do comprueba también conjuntos de países y socios por origen.

Una fila ausente y un cero observado son objetos diferentes

Solución numérica: lectura del algoritmo

1. Partir de $\pi_{ij} = X_{ij}/E_j$ y del shock b_{ij} .
2. Proponer cambios salariales positivos $\hat{w}_i$.
3. Obtener índices de precios y cuotas de gasto nuevas.
4. Calcular gasto con el cierre y ventas por origen.
5. Ajustar salarios hasta que ventas y producción coincidan.
6. Normalizar y verificar tolerancia, cierre y shock nulo.

La solución requiere condiciones de consistencia y convergencia; el código del comando implementa la iteración.

Esquema conceptual del equilibrio en cambios de `ge_gravity`; no es una implementación alternativa del solucionador.

Cuota interna y bienestar: una identidad condicionada

$$\lambda_{ii} \equiv X_{ii}/E_i = a_i(p_i\tau_{ii}/P_i)^{-\theta}$$

Con a_i , τ_{ii} , tecnología y dotaciones constantes:

$$\widehat{RW}_i = (\widehat{\lambda}_{ii})^{-1/\theta}, \quad \widehat{W}_i = \frac{\widehat{E}_i}{\widehat{w}_i} (\widehat{\lambda}_{ii})^{-1/\theta}.$$

Si además E_i/Y_i es fijo, $\widehat{W}_i = (\widehat{\lambda}_{ii})^{-1/\theta}$.

Con déficit aditivo fijo, no omitir el factor $\widehat{E}_i/\widehat{w}_i$.

Arkoulakis, Costinot y Rodríguez-Clare (2012); Yotov et al. (2016), cap. 2. Identidad para el modelo del curso.

Ejercicio adicional: la frontera a lo largo del tiempo

```
* Tras auditar datos y crear identificadores:
forvalues t=1987/2006 {
    gen byte border't'=(year=='t')*INTL
}
ppmlhdfe trade_m border1987-border2006, ///
    absorb(oi#year dj#year par) ///
    vce(cluster par_cluster)
```

05_frontera_opcional.do crea también el clúster, audita años y exporta coeficientes e intervalos.

Explicar por qué 1986 es la referencia y por qué el ejercicio falla sin diagonal.

Base histórica local; mantener todos los años disponibles. No se estima una política causal concreta.

Migración: una estructura de elección de destino

$$M_{ij} = N_i \frac{\exp(V_j - c_{ij})}{\sum_k \exp(V_k - c_{ik})}$$

- Ejemplo logit: N_i personas en riesgo de elegir; V_j atractivo; c_{ij} coste en unidades de utilidad.
- El denominador recoge destinos alternativos, incluido quedarse si $k = i$ pertenece al conjunto de elección.
- Escala del error normalizada; la elasticidad no es automáticamente la θ comercial.

El bienestar exige modelar salarios, vivienda, servicios y selección; no se obtiene introduciendo migrantes en el GE comercial.

Ejemplo pedagógico de elección discreta con errores valor extremo independientes; distinguir flujos de decisión y stocks acumulados.

Lecturas y datos para la siguiente investigación

- Larch, Shikher y Yotov (2025), *Estimating Gravity Equations: Theory Implications, Econometric Developments, and Practical Recommendations*. Artículo publicado. Versión de autores consultada.
- USITC Gravity Portal: ITPD-E/S/U, DGD, MREID, DICL y LABPTA.
- Santana-Gallego y Paniagua (2022), *Tourism and migration: Identifying the channels with gravity models*. *Tourism Economics*, 28(2), 394–417.
- UN DESA: International Migrant Stock y International Migration Flows.

Registrar fecha y versión de descarga; los portales se actualizan.

De la teoría a los efectos fijos

$$\ln \mu_{ij,t} = \underbrace{\ln Y_{i,t} + \theta \ln \Pi_{i,t}}_{\alpha_{i,t}} + \underbrace{\ln E_{j,t} + \theta \ln P_{j,t} - \ln Y_t}_{\delta_{j,t}} - \theta \ln \tau_{ij,t}$$

$$-\theta \ln \tau_{ij,t} = \mu_{ij} + Z'_{ij,t} \beta \quad \implies \quad \mathbb{E}[X_{ij,t} \mid Z, \text{EF}] = e^{\alpha_{i,t} + \delta_{j,t} + \mu_{ij} + Z'_{ij,t} \beta}$$

- Origen–año y destino–año recogen tamaños y resistencias.
- Par dirigido recoge fricciones bilaterales permanentes.
- $\mu_{ij,t}$ es la media; μ_{ij} es un efecto fijo de par.

Yotov (2025), sección 3; Yotov et al. (2016), cap. 1; convención $\theta > 0$.

USITC Gravity Portal · Elegir la base de comercio

Base	Contenido	Uso en un proyecto
ITPD-E	Flujos internacionales e internos de fuentes administrativas.	Estimación: documentar ceros, faltantes y unidades.
ITPD-S	Completa observaciones internas faltantes.	Simulación: revisar imputaciones y consistencia del equilibrio.
ITPD-U	Desagregación por uso de los bienes.	Preguntas sobre composición y uso.

Release 2025, anunciada en agosto de 2026: hasta 2023, 266 países y 170 industrias en la familia ITPD.

Cobertura histórica desigual por sector; no es un panel completo en todas las combinaciones.

USITC Gravity Portal. Consulta: 1 de octubre de 2026. Revisar metadatos y cobertura efectiva antes de unir bases.

USITC Gravity Portal · Relaciones y multinacionales

Base	Qué aporta	Cobertura publicada
DGD	Características y relaciones entre países.	1948–2019.
MREID	Ingresos, empleo e inversión de multinacionales; dimensión bilateral y sectorial.	185 países; 25 industrias; 2010–2021.
DICL	Similitud lingüística interna e internacional.	242 países.
LABPTA	Disposiciones laborales de acuerdos.	610 acuerdos; 196 países; 1990–2021.

Unir por claves documentadas; auditar merge; conservar la versión descargada.

USITC Gravity Portal. Consulta: 1 de octubre de 2026. Revisar metadatos y cobertura efectiva antes de unir bases.

Aplicación 1 · IED y actividad de multinacionales

Pregunta posible: ¿una disposición de un acuerdo cambia la actividad de filiales entre dos países?

$$\mathbb{E}[A_{ij,t}^k \mid \cdot] = \exp\{\alpha_{i,t}^k + \delta_{j,t}^k + \mu_{ij}^k + \beta_k Z_{ij,t}\}$$

- Elegir A : ingresos de filiales, empleo, inversión o número de proyectos.
- MREID ofrece una entrada bilateral y sectorial para investigar.
- Diferenciar flujo, stock, propietario inmediato y último.
- PPML requiere resultado no negativo: no borrar IED neta negativa para acomodarla al estimador.

Ahmad, Bergstrand, Paniagua y Wickramarachi (2023), MREID, USITC WP 2023–11–B; [datos y documentación](#). Ecuación propuesta para discusión.

Aplicaciones 2 y 3 · Turismo y migración

	Turismo	Migración
Resultado	Llegadas o pernoctaciones por origen–destino.	Nuevas entradas o stock residente: objetos distintos.
Mecanismo	Costes de viaje, información, visitas a familiares.	Elección de destino, redes y restricciones de movilidad.
Fuente inicial	UN Tourism / Yearbook: datos por país de origen.	UN DESA, International Migrant Stock 2024; registros de flujos.

Ejemplo: Santana-Gallego y Paniagua (2022), turismo y migración: separar información, costes y demanda de visitas.

Un stock migratorio no es un flujo; las llegadas no son visitantes únicos.

Tourism Economics 28(2), 394–417; UN DESA (2024); UN Tourism, Yearbook (2023). Enlaces y pautas de medición en la guía.