

# Modelos Gravitacionales para el Análisis del Comercio Exterior

José A. Cafiero\*

## Resumen

El denominado modelo gravitacional se ha convertido en una de las herramientas de mayor eficacia para analizar los flujos de comercio entre países. En el presente trabajo, con datos correspondientes a los 74 principales actores del comercio internacional y utilizando técnicas estadísticas de datos de panel, se ha realizado una estimación sobre el efecto que distintas variables económicas generan sobre el intercambio comercial a escala mundial. Los resultados resaltan la importancia del ingreso y del tipo de cambio. Por su parte, tales estimaciones permiten comparar la posición relativa de las exportaciones e importaciones de los distintos países. Se presenta un ejemplo para el caso de Argentina, respecto del arquetipo que subyace en el ámbito internacional, de esta forma es posible detectar fortalezas y debilidades en las relaciones comerciales bilaterales.

## 1. Introducción

Las políticas relacionadas con el comercio exterior, sean al nivel de negociaciones o de promoción comercial, suponen la toma de decisiones en forma cotidiana. En muchas de ellas el empleo adecuado de la información estadística puede resultar de ayuda. En tal sentido, existen métodos que suelen brindar un panorama más acabado acerca de lo que está sucediendo «adentro» de los datos y en consecuencia ampliar la comprensión del problema.

En el presente trabajo se describe un modelo gravitacional apto para el análisis del comercio exterior, con el objeto de examinar los principales determinantes de los flujos de comercio en el ámbito mundial. Sus resultados permiten «calibrar y calificar» el nivel de comercio de Argentina *vis-à-vis* sus socios comerciales.

En la próxima sección se describen brevemente los modelos gravitacionales y su justificación teórica. En la tercer sección se presenta la estimación del modelo, y en la cuarta sección se presentan los resultados obtenidos respecto a la posición bilateral de Argentina como país exportador en relación al promedio mundial. La última sección es de conclusiones.

## 2. Modelos gravitacionales

Una de las herramientas de mayor uso, y éxito, para el estudio de las corrientes de comercio internacio-  
\*Asesor de la Subsecretaría de Coordinación Económica. Ministerio de Economía

nal, en los últimos años, los denominados modelos gravitacionales se destacan por su popularidad. La idea central consiste en aplicar a las relaciones comerciales un concepto análogo a la ley de Newton que relaciona la atracción o gravedad entre dos objetos al tamaño de su masa y a la distancia entre ellos.

En este sentido, se suele afirmar que el flujo de comercio bilateral entre dos países está relacionado en forma directa con el tamaño de sus economías (aproximado por su nivel de ingreso o su población), la distancia entre ambos, los tipos de cambio bilaterales, la existencia de una frontera común, el lenguaje, la cultura, entre otros factores.

Se espera que el flujo de comercio esté positivamente relacionado con el nivel de ingreso de cada uno de los países e inversamente relacionado con la distancia entre ellos. En cuanto a las poblaciones, se han proporcionado distintas interpretaciones que han dado lugar a una ambigüedad en los signos esperados de sus coeficientes.<sup>1</sup> Con respecto al tipo de cambio, se espera que la revaluación de la moneda de un país en términos reales incremente sus compras externas.

Una de las formas de traducir estas relaciones a una expresión de tipo matemático y estadístico es la siguiente:

$$\ln fc_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 y_{it} + \beta_2 y_{jt} + \beta_3 n_{it} + \beta_4 n_{jt} + \beta_5 d_{ijt} + \beta_6 tc_{ijt} + \mu_{ijt} \quad (1)$$

$i, j = 1, 2, \dots, G$   
 $t = 1, 2, \dots, T$

donde:

- $i$ : indica el país importador,  $j$  el país exportador y  $t$  el tiempo
- $fc_{ijt}$ : denota el logaritmo natural del flujo de comercio entre los países  $i$  y  $j$  en el año  $t$ .
- $y_{it}$ ,  $y_{jt}$ : representan los respectivos logaritmos de los niveles de ingreso.
- $n_{it}$ ,  $n_{jt}$ : indican los logaritmos de la población de ambos países.
- $d_{ijt}$ : es el logaritmo de la distancia entre ambos países.
- $tc_{ijt}$ : es el logaritmo del tipo de cambio bilateral.
- $\mu_{ijt}$ : es el error aleatorio, que agrupa una serie de variables que influyen en los flujos de comercio pero que no es posible observar.

## 2.1. La justificación teórica

Aunque el modelo constituye un verdadero «suceso» por sus capacidades predictivas (las primeras aplicaciones datan de 1960), durante más de cuarenta años se trató de encontrar una justificación teórica de acuerdo a las distintas conjeturas sobre el comercio internacional.

En tal sentido, uno de los primeros intentos formales fue el realizado por Anderson (1979), quien demostró que la ecuación de gravedad puede ser derivada de las propiedades de los modelos de gasto en un contexto de bienes diferenciados, usando el denominado supuesto de Armington (1969), donde los productos se distinguen por su país de origen. A partir de allí un número considerable de estudios demostraron que dicha ecuación puede provenir tanto de las tradicionales como de las nuevas teorías del comercio internacional. Por ejemplo, Bergstrand (1985, 1989, 1990) propone un híbrido entre el modelo Heckscher-Ohlin-Samuelson (HOS) y el de un sector con competencia monopolística propuesto por Krugman (1979). Helpman (1987), por su parte, usó la relación entre (1) y el modelo de competencia monopolística para justificarla.

Deardoff (1995) señala que «cualquier modelo de comercio internacional generará algo parecido a la

<sup>1</sup> Por un lado, cuanto más grande es la población de un país, más diversificada podría estar su producción, haciendo que sea más autosuficiente. Esto implica menores importaciones. Por otro lado, cuanto más grande es la población, más posibilidades tiene el país de aprovechar las economías de escala, incrementando así su especialización productiva. Como consecuencia, las importaciones serían mayores.

ecuación de gravedad, cuyo éxito empírico ... es sólo algo común y corriente». Para agregar posteriormente «... lo que la ecuación de gravedad indica después de todo ... es que el comercio bilateral debe estar relacionado en forma positiva al ingreso de los dos países y en forma negativa a la distancia entre ellos».

Por su parte, Evenett y Keller (1998) sostienen que la ecuación (1) representa uno de los resultados más importantes en relación con los determinantes del volumen del comercio internacional. Ellos señalan que en el contexto del modelo HOS las diferencias en las proporciones de factores entre dos países deben ser muy importantes y estar fuera del espacio de diversificación para generar especialización de productos, este sería el caso del comercio tipo Norte-Sur. Por otra parte, un modelo con rendimientos crecientes a escala<sup>2</sup> podría ser el sustento teórico de (1) en el caso de comercio entre países desarrollados (comercio Norte-Norte) donde la diferenciación de productos y el comercio intraindustrial prevalecen. La evidencia que presentan en su estudio apunta más hacia la segunda conjetura que hacia la primera, no obstante queda demostrada la importancia que ejercen tanto la dotación relativa de factores como la existencia de rendimientos crecientes a escala, los determinantes del grado de especialización y los flujos de comercio internacional.

### 3. Estimación del modelo<sup>3</sup>

Inicialmente, para estimar la ecuación (1), se utilizó el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) de corte transversal (los datos corresponden a un único momento del tiempo). Sin embargo, este procedimiento adolece de una falla esencial y es que no tiene en cuenta cualquier característica heterogénea relacionada con la relación comercial bilateral. Por ejemplo, un país puede importar en forma distinta de dos países aunque estos sean de igual tamaño y estén a igual distancia, de esta forma el modelo adolece de un sesgo de heterogeneidad.

En la actualidad, las estimaciones generalmente se realizan a través de las técnicas de paneles de datos. Un panel de datos es aquel que contiene una serie de observaciones repetidas, sobre las mismas unidades, a través del tiempo. Esto es, se utilizan, en forma conjunta, datos de tipo transversal con datos en serie de tiempo. De este modo, mejora la cantidad de datos y la calidad del análisis. Es de aceptación generalizada que los estimadores basados en este tipo de modelo son mucho más precisos que los obtenidos por otros métodos y, además, reducen los problemas relacionados con la identificación de los modelos.

De la innumerable cantidad de técnicas que se han utilizado para estimar (1), en este artículo se seguirá la propuesta por Cheng y Wall (2004), quienes sugieren utilizar el modelo de efectos fijos (EF). Con relación al sesgo por heterogeneidad dichos autores señalan: «... en este sentido la modelización con efectos fijos es el resultado de nuestra ignorancia: nosotros no sabemos bien que variables son las responsables de esta heterogeneidad, entonces simplemente incorporamos una variable ficticia para cada par de países ... aquí se incluyen todas aquellas variables que son específicas de un corte de tipo transversal pero permanecen constantes en el tiempo, tales como distancia, frontera común, lenguaje, cultura, etc.». Es de señalar que este es un gran avance, entre otras cosas, teniendo en cuenta los serios problemas de medición que implica la distancia, como así también la consideración de todas aquellas variables constantes que influyen en la determinación de los flujos de comercio.

En este caso particular, la ecuación a estimar será:

$$fc_{ijt} = \varnothing_{ij} + \varnothing_t + \beta_1 y_{it} + \beta_2 y_{jt} + \beta_3 n_{it} + \beta_4 n_{jt} + \beta_5 tc_{ijt} + \mu_{ijt} \quad (2)$$

donde:

- $fc_{ijt}$ : es el logaritmo de las importaciones del país  $i$  provenientes del país  $j$  en el año  $t$ .
- $\varnothing_{ij}$ : es el coeficiente que intenta captar el efecto específico entre cada país e incluye todas aquellas variables que son «típicas» al nivel de corte transversal pero permanecen constantes en el tiempo

<sup>2</sup> Una función de producción presenta rendimientos crecientes a escala cuando el costo de producir una unidad de producto disminuye a medida que se producen más unidades.

<sup>3</sup> Esta sección es algo técnica, al igual que el Anexo, por lo cual es factible pasar directamente a la siguiente.

(distancia, frontera común, lenguaje común, cultura, etc.).

$\emptyset_i$ : son variables ficticias temporales que tratan de captar shocks particulares a cada período. Se incluyó también una variable de tiempo con el fin de captar movimientos tendenciales, tales como el proceso de globalización.

$y_{it}$ : es el logaritmo del ingreso del país  $i$  en  $t$ .

$y_{jt}$ : es el logaritmo del ingreso del país  $j$  en  $t$ .

$n_{it}$ : es el logaritmo del número de habitantes del país  $i$  en  $t$ .

$n_{jt}$ : es el logaritmo del número de habitantes del país  $j$  en  $t$ .

$tc_{ijt}$ : es el logaritmo del tipo de cambio real bilateral entre  $i$  y  $j$  en  $t$ .

Los datos empleados para la estimación del modelo corresponden al período 1998-2002, para 74 países compradores y 147 países proveedores. Las fuentes de información utilizadas son las siguientes:

Los datos del intercambio comercial, expresados en dólares estadounidenses, se obtuvieron de la base de datos PC-TAS.

El ingreso, expresado en dólares estadounidenses, y la población de cada país fueron obtenidos de la base de datos World Development Statistics del Banco Mundial.

Los tipos de cambio bilaterales se elaboraron con información obtenida del International Financial Statistics del Fondo Monetario Internacional, utilizando como defactor el índice de precios al consumidor de cada país.

En primer lugar, la ecuación (2) se estimó a través del modelo de efectos fijos, presentándose a continuación solamente los resultados de la estimación final (para más información sobre el método y los pasos previos de la estimación, ver Anexo).

## Cuadro 1

### Resultados estimación modelo 1 - Efectos Fijos

variable dependiente: importaciones del país  $i$  provenientes del país  $j$

N° de obs: 27.104

N° de grupos: 6.776

$R^2$ : 0,9640

Flujo comercial <sub>ij</sub>	Coefficiente	t	
ingreso <sub>i</sub>	0,8274	12,66	***
ingreso <sub>j</sub>	0,1734	2,64	***
población <sub>i</sub>	-0,5208	-1,08	
población <sub>j</sub>	-2,0126	-4,47	***
tipo de cambio bilateral <sub>ij</sub>	0,1138	2,26	**
tiempo	0,0518	7,72	***
constante	11,5980	1,88	*

Nota: \*\*\* significativo al 1% \*\* significativo al 5% \* significativo al 10%

Los signos están, en general, alineados con los esperados. Con respecto al valor de los coeficientes cabe señalar:

La importancia del ingreso de los países demandantes en la determinación de los flujos de comercio (un aumento del 1% en el ingreso de los países compradores genera una variación en igual sentido del 0,83% en las importaciones, todo lo demás constante).

El efecto también positivo del Producto Interno Bruto de los países exportadores sobre el comercio (un

- aumento del 1% en el ingreso de los países vendedores genera una variación en igual sentido del 0,17% en las importaciones, todo lo demás constante).

El signo positivo de la influencia del tipo de cambio real sobre los flujos de comercio, indicando que en promedio la devaluación del valor de la moneda local en términos reales es beneficiosa para las exportaciones (una devaluación del 1% en términos reales aumenta las compras del país que revalúa su moneda en un 0,11% aproximadamente, todo lo demás constante).

- El efecto positivo que las variables de tiempo, asimilables al proceso de globalización, generan sobre el comercio.

El efecto negativo de la población del país oferente.

Bun y Klaasen (2002) han analizado la importancia de introducir en la ecuación (2), como explicativa, la variable dependiente con algún tipo de rezago. Es de mucho sentido y práctica común que las operaciones de comercio exterior de un año estén relacionadas con las realizadas en períodos previos, en particular las del año anterior. Ahora bien, incorporar la variable dependiente rezagada dentro de las variables explicativas genera inconsistencias cuando se trabaja con datos de panel (Greene (2000)). Urge en consecuencia el uso de un modelo apropiado para hacer frente a este problema. En tal sentido, Bun y Klaasen recurren a una suerte de modelo con efectos fijos. Anderson y Hsiao (1981), por su parte, proponen tomar la primera diferencia de la ecuación gravitacional para eliminar los efectos fijos y luego utilizar como variables instrumentales<sup>4</sup> valores desfasados de la variable dependiente (en niveles o diferencias). Este método, si bien elimina la inconsistencia no es eficiente, al no utilizar todos los momentos disponibles. Este problema es solucionado por el método generalizado de momentos de Arellano y Bond (1991).<sup>5</sup>

En este trabajo se estima el modelo gravitacional mediante el método de Arellano y Bond (AB) (para mayor detalle ver Anexo). La ecuación (2) se transforma de la siguiente forma:

$$fc_{ijt} = \varnothing_{ij} + \varnothing_t + \beta_1 y_{it} + \beta_2 y_{jt} + \beta_3 n_{it} + \beta_4 n_{jt} + \beta_5 tc_{ijt} + \beta_6 tc_{ijt-1} + \mu_{ijt} \quad (3)$$

Donde :  $\mu_{ijt} = \mu_{ij} + u_{ijt}$  y  $t = 1, \dots, T$

A continuación se presenta el resultado final de la estimación (al igual que en caso anterior los pasos previos constan en el Anexo).

## Cuadro 2

### Resultados estimación modelo 2 - Arellano-Bond

variable dependiente: importaciones del país i provenientes del país j

N° de obs: 20.328

N° de grupos: 6.776

Flujo comercial <sub>ij</sub>	Coefficiente	t
flujo comercial <sub>ij-1</sub>	0,2371	5,92 ***
ingreso <sub>i</sub>	0,6417	7,55 ***
ingreso <sub>j</sub>	0,3054	3,82 ***
población <sub>i</sub>	-1,5072	-2,77 ***
población <sub>j</sub>	-1,6338	-3,36 ***
tipo de cambio bilateral <sub>ij</sub>	0,1626	-2,66 ***
constante	0,0475	6,75 ***

Nota: \*\*\* significativo al 1% \*\* significativo al 5% \* significativo al 10%

<sup>4</sup> Si una variable explicativa está relacionada con el error aleatorio el estimador de su coeficiente será sesgado e inconsistente. Una de las formas de solucionar este problema es a través de uso de variables instrumentales que son variables que están correlacionadas con la variable explicativa en cuestión pero son independientes de error aleatorio.

<sup>5</sup> Con posterioridad surgieron otros métodos más eficientes aún.

Los resultados indican que:

- Se detecta un componente inercial, a escala mundial, en el comercio internacional y una tendencia creciente en el mismo: un 1% de aumento del volumen del comercio en un año, todo lo demás constante, genera un incremento del 0,24% en el volumen del año siguiente.
- Los demás estimadores, excepto en el caso de la población del país demandante, confirman lo observado en el modelo anterior:

El efecto positivo del ingreso de los países demandantes sobre los flujos de comercio (un aumento del 1% en el Producto Interno Bruto de los países compradores genera una variación en igual sentido del 0,64% en las importaciones, todo lo demás constante).

El efecto también positivo del crecimiento de los países exportadores sobre el comercio (un aumento del 1% en el Producto Interno Bruto de los países vendedores genera una variación en igual sentido del 0,30% en las importaciones, todo lo demás constante).

El signo positivo de la influencia del tipo de cambio real sobre los flujos de comercio (una devaluación del 1% en términos reales aumenta las compras del país que revalúa su moneda en un 0,16% aproximadamente, todo lo demás constante).

El efecto negativo de la población tanto del país demandante como del país oferente.

## 4. Resultados

Se presenta a continuación una de las posibles aplicaciones de los resultados obtenidos en los modelos estimados en la sección anterior. En ella se determina, para cada país (en este caso Argentina), si el nivel de comercio bilateral está por sobre o en la media que «marca» el mercado mundial o, por el contrario, si se está por debajo de dicho promedio. En los dos primeros casos, el comercio es considerado «normal». En el último caso, en cambio, se considera que el comercio registrado está «por debajo del normal». Es decir, que nuestro país no estaría aprovechando plenamente la potencialidad del mercado de destino para sus exportaciones. Esta clasificación se realiza sobre la base de los valores estimados de los parámetros de ambos modelos.<sup>6</sup>

### Cuadro 3

#### Posición bilateral de Argentina como país exportador respecto del promedio mundial

País demandante	Resultado respecto al Promedio Mundial según el modelo 1 (EF)	Resultado respecto al Promedio Mundial según el modelo 2 (AB)
ALBANIA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
ALEMANIA	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
AUSTRALIA	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
AUSTRIA	Comercio por Debajo del Normal	Comercio por Debajo del Normal
BELGICA-LUXEMBURGO	Comercio Normal	Comercio Normal
BELICE	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
BIELORRUSIA	Comercio Normal	Comercio Normal
BOLIVIA	Comercio Normal	Comercio Normal
BRASIL	Comercio Normal	Comercio Normal
CANADA	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
CHILE	Comercio Normal	Comercio Normal
CHINA	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal

<sup>6</sup> Es de señalar que al igual que en International Trade Centre (1999) los promedios de cada uno de los países se corrigen teniendo en cuenta el desvío general de la estimación.

CHIPRE	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
COLOMBIA	Comercio Normal	Comercio Normal
COREA.	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
COSTA RICA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
CROACIA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
DINAMARCA	Comercio Normal	Comercio Normal
ECUADOR	Comercio Normal	Comercio Normal
EE.UU.	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
EL SALVADOR	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
ESLOVAQUIA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
ESLOVENIA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
ESPAÑA	Comercio Normal	Comercio Normal
ESTONIA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
FINLANDIA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
FRANCIA	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
GRECIA	Comercio Normal	Comercio Normal
GUATEMALA	Comercio Normal	Comercio Normal
GUYANA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
HOLANDA	Comercio Normal	Comercio Normal
HONDURAS	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
HONG KONG	Comercio Normal	Comercio Normal
HUNGRÍA	Comercio Normal	Comercio Normal
INDIA	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
INDONESIA	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
IRAN (ISLM.R)	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
IRLANDA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
ISLANDIA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
ISRAEL	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
ITALIA	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
JAPON	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
JORDANIA	Comercio Normal	Comercio Normal
LETONIA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
LITUANIA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
MALASIA	Comercio Normal	Comercio Normal
MAURICIO	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
MEXICO	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
NICARAGUA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
NORUEGA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
NUEVA ZELANDA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
PANAMA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
PARAGUAY	Comercio Normal	Comercio Normal
PERU	Comercio Normal	Comercio Normal
POLONIA	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
PORTUGAL	Comercio Normal	Comercio Normal
REINO UNIDO	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
REPUBLICA CHECA	Comercio Normal	Comercio Normal
RUMANIA	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
RUSIA	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
SACU	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
SAN VICENTE (RU)	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
SENEGAL	Comercio Normal	Comercio Normal
SINGAPUR	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal
SUECIA	Comercio por Debajo del Normal	Comercio por Debajo del Normal
SUIZA-LIECHTENSTEIN	Comercio por Debajo del Normal	Comercio por Debajo del Normal

TURQUIA	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
UGANDA	Comercio por Debajo del Normal	Comercio Normal
URUGUAY	Comercio Normal	Comercio Normal
VENEZUELA	Comercio Normal	Comercio Normal
ZAMBIA	Comercio Normal	Comercio por Debajo del Normal

No es sencillo esquematizar las características de los países con los cuales Argentina tiene un nivel de comercio «normal» o por «debajo del normal» según las estimaciones presentadas. En principio, en ambos modelos, y con la excepción de México, el comercio es normal en el caso de los países pertenecientes a la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI), incluyendo allí a nuestros socios del Mercosur.

Según el primer modelo (efectos fijos) las ventas argentinas están por debajo de la media mundial para los siguientes países:

- Países emergentes de gran crecimiento e importancia en los últimos años como India y China y un poco más lejos la Federación Rusa y Sud África.
- Países desarrollados como Alemania, Australia, Francia, Italia, Japón, Reino Unido, Suecia y Suiza.
- Los países miembros del Acuerdo de Libre Comercio de América del Norte: Canadá, Estados Unidos y México.

En cambio, en el segundo modelo (AB), el patrón que caracteriza a las exportaciones desde Argentina es algo diferente al descrito en el punto anterior. En esta ocasión los países en los que Argentina exporta a un nivel inferior al promedio son, entre otros:

- En el caso de los desarrollados o de desarrollo medio: Finlandia, Irlanda, Israel, Nueva Zelanda, Noruega, Singapur, Suecia y Suiza.
- Dentro de los países en desarrollo se destaca como región Centro América.

El lector podrá advertir ciertas divergencias entre las predicciones de ambos modelos. En tal sentido cabe señalar, en primer lugar, que se trabaja con modelos distintos que utilizan para su estimación técnicas diferentes. Por otro lado, dada esta disparidad, es factible utilizar los modelos como sucesivos filtros para una eventual clasificación. Esto es, si un país aparece en ambas columnas de la Tabla 3 con «Comercio por debajo del normal», caso Suecia y Suiza por ejemplo, se refuerza la presunción de que no se están aprovechando plenamente las oportunidades de exportación.

En suma, se cuenta con una herramienta que permite visualizar rápidamente en qué regiones o países nuestro comercio está sub explotado y en consecuencia en qué forma es posible coadyuvar al diseño de una estrategia de promoción comercial o de negociaciones.

Estos mismos cálculos pueden repetirse con mayor grado de desagregación. Ello permitiría calibrar mejor la estrategia no sólo a escala geográfica sino a nivel productivo. Es dable pensar en un cuadro de doble entrada donde aparecen países y productos y en cada celda conste la sentencia que corresponde según el modelo: Comercio Normal o Comercio por Debajo del Normal. De esta forma se puede diseñar un programa no sólo en el ámbito regional sino al nivel sectorial.<sup>7</sup> Más aún se puede realizar un análisis muy completo por país y al mayor grado de desagregación posible, por producto, estudiando la respuesta de las cantidades comerciadas internacionalmente a las variaciones de precios, tipo de cambio, nivel de ingreso, aranceles, etc., herramientas de utilidad para tareas de promoción comercial o de negociación.

<sup>7</sup> Una herramienta parecida a la comentada ofrece el International Trade Centre en sus Trade Maps.

Es posible también conocer qué es lo que pasa con otros competidores, dado el formato de la estimación y el tipo de la muestra. De esta forma, se puede hacer algo de inteligencia comercial sobre la situación de otros socios. Finalmente, es factible observar también que sucede con nuestro país por el lado de la demanda de importaciones.

## 5. Conclusión

Se ha trabajado con el popular modelo gravitacional, a fin de extraer conclusiones sobre los principales determinantes de los flujos de comercio en el ámbito mundial. Las estimaciones utilizaron la técnica de panel de datos y se desarrollaron dos modelos, uno estático (EF) y otro dinámico (AB), que posibilitaron «calibrar y calificar», en algún sentido, el nivel de comercio de Argentina *vis-à-vis* sus socios comerciales a escala agregada, de forma tal de poder identificar mercados con potencial exportador para nuestro país.

Se ha mencionado que es factible también realizar un análisis por país por sector productivo y por producto al mayor grado de desagregación posible estudiando la respuesta de los flujos de comercio a las variaciones de precios, tipo de cambio, nivel de ingreso, etc.

Si bien ninguna de las técnicas utilizadas es perfecta ni exacta, las estimaciones siempre son válidas dentro de un rango y están sujetas a que los supuestos sobre los cuáles se han obtenido se cumplan. En tal sentido, la interpretación de los resultados no debe soslayar un sopesado análisis de la realidad que los circunda.

---

## Bibliografía

Anderson, T.W. y C. Hsiao (1981). Estimation of Dynamic Models with Error Components. *Journal of the American Statistical Association* 76: 598-606.

Anderson, J.E. (1979). A Theoretical Foundation for The Gravity Equation. *American Economic Review* 69: 106-116.

Armington, P.S. (1969). A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. *International Monetary Fund Staff Papers* 16 (1): 170-201.

Arellano, M. y S. Bond (1991). Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. *Review of Economics Studies* 58: 277-297.

Bergstrand, J.H. (1985). The Gravity Equation in International Trade: Some Microeconomics Foundations and Empirical Evidence. *Review of Economic and Statistics* 67: 474-481.

Bergstrand, J.H. (1989). The Generalized Gravity Equation Monopolistic Competition and the Factor Proportion Theory in International Trade. *Review of Economic and Statistics* 71: 143-153.

Bergstrand, J.H. (1990). The Heckscher-Ohlin-Samuelson Model, the Linder Hypothesis and the Determinants of Bilateral Intra-Industry Trade. *Economic Journal* 100: 1216-1229.

Bun, M.J.G. y F.J.G.M. Klaassen (2002). The Importance of Dynamics in Panel Gravity Models of Trade. Amsterdam, University of Amsterdam.

Cheng I-Hui y H.J. Wall (2004). Controlling for Heterogeneity in Gravity Models of Trade and Integration.

WP 1999-010E. St. Louis, Federal Reserve Bank of Saint Louis.

Deardoff, A.V. (1995). Determinants of Bilateral Trade: Does Gravity Work in a Neoclassical World? WP 5377. Cambridge (Massachusetts), National Bureau of Economic Research.

Evenett S.J. y W. Keller (1998). On Theories Explaining the Success of the Gravity Equation. WP 6529. Cambridge (Massachusetts), National Bureau of Economic Research.

Greene, W.H. (2000). *Econometric Analysis*. Fourth Edition. Upper Saddle River, New Jersey, Prentice-Hall.

Hadri, K. y R. Larsson (2000). Testing for Stationarity in Heterogeneous Panel Data where the Time Dimension is Finite. En: [www/liv.ac.uk/Economics/staff/hadri.html](http://www.liv.ac.uk/Economics/staff/hadri.html).

Helpman, E. (1987). Imperfect Competition and International Trade: Evidence from Fourteen Industrial Countries. *Journal of the Japanese and International Economies* 1: 62-81.

International Trade Centre (1999). *Tools for Strategic Market Research*. Geneva.

Krugman, P.R. (1979). Increasing Returns Monopolistic Competition, and International Trade. *Journal of International Economics* 9: 469-479.

Sarlenga, L. y Y. Shin (2004). Gravity Models of the Intra-EU Trade: Application of the Hausman-Taylor Estimation in Heterogeneous Panels with Common Time-Specific Factors. Edinburgh, University of Edinburgh.

Wooldridge, J. (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge (Massachusetts), The MIT Press.

## ANEXO<sup>8</sup>

### 1. El modelo de efectos fijos

Dentro de las técnicas que utilizan paneles de datos existen dos grandes avenidas de análisis. Si a las  $a_{ij}$  (ver ecuación (2)), a las que se le suele asignar la heterogeneidad inobservable de cada grupo, se las considera como representativas de todos aquellos efectos que son peculiares a los países  $i, j$  y son fijas a través del tiempo, esto es son identificadoras primarias de las características del grupo, es posible trabajar con el denominado modelo de efectos fijos. Si en cambio se considera que las mismas pueden variar en forma aleatoria pero son independientes de las variables explicativas entonces es menester recurrir al denominado modelo de efectos aleatorios.

En consecuencia para comenzar el análisis se debe elucidar un punto crucial: ¿Qué modelo cabe aplicar, el de efectos fijos o el de efectos aleatorios? La idea general es comparar dos estimadores: uno de ellos (el de efectos fijos) es consistente tanto bajo la hipótesis (nula) que las  $a_{ij}$  no están relacionadas con las variables explicativas como bajo la hipótesis (alternativa) que las  $a_{ij}$  están relacionadas con las variables explicativas; el otro es sólo consistente en el primer caso pero es más eficiente que el anterior. Si ambos difieren en forma significativa, esto indica que la hipótesis nula debe ser rechazada.<sup>9</sup> En este caso se usa el modelo de efectos fijos, como así también en el caso en que la denominada heterogeneidad inobservable sea considerada fija y específica de cada grupo.<sup>10</sup>

Al igual que en el caso de los estimadores MCO tradicionales, y una vez comprobada su consistencia, si las propiedades de inexistencia de auto-correlación entre los errores aleatorios y constancia en la varianza de los mismos (homocedasticidad) no se cumplen, los estimadores siguen siendo consistentes pero resultan ineficientes y los tests que se utilizan para determinar su significatividad estadística no son válidos. En estos casos las estimaciones deben corregirse por presencia de heterocedasticidad y/o auto-correlación de los errores.

En suma, para aplicar correctamente las técnicas relacionadas con paneles de datos es necesario analizar siempre estos cuatro interrogantes:

1. El efecto inobservado  $a_{ij}$ , ¿está correlacionado con las variables independientes?
2. ¿Es útil para el análisis estimar los  $a_{ij}$ ?
3. El error aleatorio, ¿tiene esperanza matemática igual a cero dados los valores de todas las variables independientes y los efectos no observados?
4. Los errores aleatorios ¿tienen varianza constante y no están correlacionados?

Otra cuestión de importancia, normalmente omitida, en este tipo de análisis está referida al hecho de que generalmente se debe «forzar» a los distintos coeficientes a ser iguales por grupo. El precio que se debe pagar por este sesgo de agregación, es de alguna forma compensado por la mayor cantidad de datos con que se trabaja en la estimación.

Resta comentar los temas referidos a raíces unitarias, cointegración y regresión espuria. En primer término debe recordarse que estas cuestiones se enmarcan dentro de los problemas de inferencia que surgen cuando la cantidad de observaciones temporales tienden a infinito. En muchos casos dejando las observaciones temporales fijas y haciendo tender a las observaciones de grupos a infinito estos problemas

<sup>8</sup> Tanto las fórmulas utilizadas en ambas estimaciones como los resultados de las mismas están disponibles para quien así lo solicite.

<sup>9</sup> Para realizar este test se utiliza el estadístico denominado test de Hausman, este estadístico se distribuye bajo la hipótesis nula de no diferencia entre ambos estimadores, asintóticamente, como una Chi-cuadrado con K grados de libertad, que no es más que la cantidad de variables explicativas.

<sup>10</sup> Es dable analizar también la existencia o no de los efectos de grupo utilizando el estadístico F para testear la hipótesis de que todos los  $a_{ij}$  son iguales a cero.

desaparecen (como en este caso). Con gran cantidad de datos transversales y de series de tiempo, aún cuando el error que surge de considerar las series temporales exclusivamente indique la posible existencia de una regresión espuria entre las variables, si los errores entre los individuos resultan independientes, al «mezclar» es posible atenuar tal situación y trabajar asimismo con mayor cantidad de información, pudiendo obtenerse una estimación consistente del parámetro en cuestión.

Para estimar la ecuación (2) a través del modelo de efectos fijos se utilizó el programa Stata® y se siguieron los siguientes pasos:

\* Atento a las características y a la importante cantidad de variables independientes que se han utilizado en esta estimación, se entiende que es adecuado suponer que no debería haber variables relacionadas con estas que tengan vinculación con el error aleatorio. Téngase en cuenta que las perspectivas sobre el nivel de ingreso y la población tienden a afectar inicialmente la tasa de inversión y no las exportaciones, pudiendo eventualmente utilizarse ésta como variable explicativa o instrumental.

\* Seguidamente se deben elucidar las cuestiones relacionadas con la ausencia de autocorrelación entre los errores y su heterocedasticidad. Para ello se recurrió al método propuesto en Wooldridge (2002). En tal sentido:

- Se rechaza la hipótesis de existencia de autocorrelación de los errores, algo que no debería sorprender dado que la composición de la muestra: G, grande; T, chico.
- Se rechaza la hipótesis nula sobre varianzas iguales de los errores (homocedasticidad). En consecuencia, se debe usar la opción robusta para el cálculo de la matriz de varianzas y covarianzas de los errores.

\* Finalmente se ha utilizado en el presente trabajo un estadístico desarrollado por Hadri y Larsson (2000) donde se testea la hipótesis nula de la no-existencia de raíz unitaria<sup>11</sup> en las series involucradas. Dicha hipótesis no ha sido rechazada en el caso de ninguna variable, algo razonable atento a la importancia relativa de G sobre T.

## 2. El modelo de Arellano-Bond

En esencia, el método generalizado de momentos de Arellano-Bond es un procedimiento que consiste en igualar los momentos poblacionales, con respecto al origen, con los momentos muestrales formando tantas ecuaciones como parámetros se quieran estimar.

Para obtener las ecuaciones que dan origen al método, primero se toma la primera diferencia (d) en la ecuación (3) (ver texto principal).

$$dfc_{ijt} = \varphi_{ij} + \varphi_t + \beta_1 dy_{it} + \beta_2 dy_{it} + \beta_3 dn_{it} + \beta_4 dn_{it} + \beta_5 dtc_{ijt} + \beta_6 dtc_{ijt-1} + d\mu_{ijt}$$

t = 3, ..., T

En este caso  $fc_{ijt}$ , es un instrumento válido por que está correlacionado con  $(fc_{ijt} - fc_{ijt-1})$  y no con  $(u_{ijt} - u_{ijt-1})$  en la medida que no haya correlación serial entre las  $u_{ijt}$ .

En el caso de las otras variables:

- se las agrupará en un vector X
- habrá que determinar si:

- Son estrictamente exógenas, esto es  $E(x_{ijt} u_{ijs}) = 0$  para todo t,s. En este caso todas son válidas

<sup>11</sup> Estos tests se denominan del tipo KPSS caracterizados por la hipótesis nula de estacionariedad.

como instrumentos.

- Son predeterminadas  $E(x_{ijt} u_{jts})=0$  sólo para todo  $t>s$ . En este caso sólo son válidos como instrumentos para la ecuación en el período  $s$ , las  $x$  hasta  $x_{jts-1}$ .

Luego se define la matriz de instrumentos para cada uno de los grupos

Este es el denominado estimador en una etapa y de aquí es posible estimar residuos con el fin obtener el estimador de dos etapas. Se supone que los errores son homocedásticos pero los autores proponen también una alternativa «robusta».

AB, también expone un test que permite detectar una condición clave, que no exista auto correlación de segundo orden en los residuos, esto es se testea que  $E(\ddot{A}u_{jt}\ddot{A}u_{jt-2})=0$  se cumpla, dado que la consistencia del estimador depende ello.

Finalmente se utiliza el test de Sargan que es apto para analizar la performance de las variables explicativas sea como exógenas o como predeterminadas y se utiliza para detectar si los datos muestrales que se están utilizando son consistentes con las condiciones de momentos.

Para estimar (3) a través del método de AB utilizando Stata®, se han seguido los siguientes pasos:

- \* Dado que AB sostienen que para realizar inferencias correctamente se debe utilizar la variante «una etapa» del modelo, en primer lugar se efectúa dicha estimación.
- \* Se utiliza a continuación la opción «robusta», para la matriz de varianzas y covarianzas del error.
- \* En ambos casos todos los coeficientes han resultado estadísticamente significativos, con un nivel de confianza de más del 95%.
- \* Se realiza a continuación la estimación en «dos etapas», que es la que figura en el texto principal. El test de Sargan resulta algo más satisfactorio en esta última estimación.
- \* Finalmente se señala que, la inclusión de distintas combinaciones de variables explicativas como predeterminadas no ha generado mejora alguna, ni cambios de signo, tanto en los resultados de la estimación como en el ajuste.