

La Ecuación Gravitatoria: Una Aplicación al Comercio Internacional de Productos Manufacturados de Argentina

María Luisa Recalde y Marcelo Florensa

Instituto de Economía y Finanzas- UNC

El objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo econométrico que permita determinar si el MERCOSUR ha impactado sobre el comercio internacional de productos manufacturados de Argentina. La metodología utilizada se basa en la especificación y estimación de una ecuación gravitatoria que ha demostrado ser una herramienta muy útil en la modelación de corrientes de comercio de tipo bilateral.

Los resultados demuestran que a partir del año 1993 el proceso de integración del Mercosur comienza a impactar en el comercio internacional de productos manufacturados de Argentina. De la aplicación de este modelo surge que el producto, la población y la distancia son, en promedio, las variables que mejor explican los flujos bilaterales del comercio manufacturero de la Argentina. El idioma, en cambio, tiene escasa significación.

Palabras clave: Ecuación Gravitatoria, Integración, Comercio Internacional, Mercosur, Productos Manufacturados.

Clasificación JEL: F14, F15.

The Gravity Equation: An Application to International Trade in the Case of Manufactured Products

Abstract:

The aim of this work is to develop an econometric framework to determine whether the MERCOSUR has had an impact on the international trade of manufactured products of Argentina. This framework is based on the specification and estimation of a gravity equation. It has proved a very useful tool in modelling bilateral currents of trade.

Results demonstrate that since 1993, the process of integration of the Mercosur started to impact on the international trade of the agricultural products of Argentina. From the application of this model, it may be inferred that income, population and distance are, on average, the variables that better explain the bilateral flows of the agricultural trade of Argentina. The language, on the other hand, is of little significance.

Keywords: Gravity Equation, Integration, International Trade, Mercosur, Manufactured Products.

JEL Classification: F14, F15.

LA ECUACIÓN GRAVITATORIA: UNA APLICACIÓN AL COMERCIO INTERNACIONAL DE PRODUCTOS MANUFACTURADOS DE ARGENTINA¹

María Luisa Recalde y Marcelo Florensa

Instituto de Economía y Finanzas- UNC

I – Introducción

En diversos trabajos empíricos se ha demostrado que las corrientes de comercio responden a los principios físicos de la ley de gravedad. Dos fuerzas opuestas determinan el volumen de comercio bilateral entre los países: el nivel de actividad económica medida por el ingreso y la magnitud de las trabas o impedimentos al comercio. Lo último incluye a los costos de transporte, las políticas comerciales, las diferencias culturales, preferencias de los consumidores, etc. En consecuencia, variables como el ingreso, la población y la distancia geográfica resultan ser buenos predictores del comercio potencial y los modelos gravitatorios han podido ser usados extensamente en trabajos que tratan de explicar los determinantes del comercio internacional. (Havrylyshin and Pritchett, 1991; Bayoumi and Eichengreen, 1995; Sanz, 2000; Martínez-Zarzozo y Nowak-Lehman, 2003)

Los llamados modelos de impacto de comercio miden de manera ex-post los efectos de la integración sobre los flujos de comercio de los países miembros. Si bien algunos se han desarrollado teniendo como base conceptual modelos de equilibrio general o parcial, la mayoría de los mismos han usado la llamada "ecuación gravitatoria".

El proceso de integración del MERCOSUR comienza con la suscripción por parte de Argentina y Brasil, del Acta de Cooperación e Integración Argentino-Brasileña en 1986, en el marco de la ALADI. La firma del Tratado de Asunción en 1991 que da comienzo al MERCOSUR, constituye una zona de libre comercio entre Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay y establece el objetivo de alcanzar un mercado común que comenzaría a funcionar en el año 1995. El Tratado establece una rebaja inicial del 40% en los aranceles entre los países del bloque y a regir desde junio de 1991 con reducciones semestrales para llegar a una situación sin tarifas en el año 1995. En este año se llegaría también a un arancel externo común.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo econométrico que permita determinar si el MERCOSUR ha impactado sobre el comercio internacional de productos manufacturados de Argentina. La metodología utilizada se basa en la especificación y estimación de una ecuación gravitatoria.

Los resultados demuestran que a partir del año 1993 el proceso de integración en el Mercosur comienza a impactar en el comercio internacional de productos manufacturados de Argentina. De la aplicación de este modelo surge que el producto, la población y la distancia son, en promedio, las variables que mejor explican los flujos bilaterales del comercio de manufacturas de Argentina. El lenguaje, en cambio, tiene escasa significación.

El trabajo está dividido en seis partes principales. En la próxima sección se hace una descripción de la evolución del comercio internacional del sector manufacturero. En el apartado III se desarrolla en detalle el modelo gravitatorio adoptado. En el capítulo IV se plantea la posibilidad de avanzar sobre los aspectos dinámicos del modelo; en el punto V se comentan los resultados y finalmente se elaboran las conclusiones.

¹ Se agradece la colaboración de Ivan Iturralde, integrante del equipo de trabajo.

II- El Comercio Internacional Argentino de Productos Manufacturados

El comercio internacional argentino de productos manufacturados en el período 1970-2003 ha tenido un comportamiento muy diferente según se consideren las exportaciones o importaciones (Gráfico 1).



Fuente: Elaboración propia en base a CEPAL (2005)

Si se comparan el primero y el último año del período, las exportaciones crecieron cerca de 18 veces mientras que las importaciones tan solo lo hicieron casi 9 veces. Es necesario destacar la escasa fluctuación pero con tendencia creciente de las exportaciones en relación al comportamiento cíclico que presentan las importaciones. Lo anterior ha tenido como resultado que en tan sólo ocho años del período considerado haya habido un saldo positivo en la balanza comercial de productos manufacturados. Se destaca la magnitud de los déficits de la década del 90 debido fundamentalmente al atraso cambiario y la política de apertura. En el caso de Argentina, las fluctuaciones del comercio internacional de productos manufacturados están determinadas no solo por la política cambiaria y comercial externa que ha implementado el país sino también por el ciclo del nivel de actividad interna. La participación de las exportaciones de productos manufacturados en las exportaciones totales, muestran una clara tendencia creciente con el 38% a comienzos del período y el 60% en el año 2003. Se observa un pico del 70% en el año 1989 (Gráfico 2).

El comportamiento de las importaciones ha sido mucho más estable variando entre el 80% y un poco más del 90%.

Con respecto a la distribución geográfica del comercio, las tablas 1 y 2 muestran los principales orígenes y destinos del comercio manufacturero de Argentina. En las exportaciones pueden señalarse tres hechos: la caída de la importancia relativa de la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá como destinos; el aumento en la participación de Brasil, Chile, Países Árabes y el Resto del Mundo y el fuerte incremento y posterior disminución de la participación del Mercosur de manera similar a lo ocurrido con Brasil.



Fuente: Elaboración propia en base a CEPAL (2005)

Tabla 1: Distribución geográfica de las exportaciones argentinas de manufacturas (%)

	1970	1974	1978	1982	1987	1991	1995	1999	2003
Alemania	5.97	4.59	6.45	4.52	3.80	3.26	1.80	1.78	2.11
España	0.97	1.93	2.05	1.04	1.26	2.56	2.09	3.14	4.42
Francia	2.62	2.24	3.04	1.99	1.38	1.75	1.32	1.44	1.39
Italia	5.54	4.46	4.71	3.60	3.11	4.21	3.98	3.53	3.96
Países Bajos	19.55	8.05	11.05	11.75	10.59	10.57	5.16	4.14	5.25
TOTAL UNION EUROPEA	47.23	28.73	35.25	29.07	26.33	27.49	19.87	19.01	21.93
Estados Unidos y Canadá	22.02	17.64	18.28	26.74	22.80	15.94	11.45	13.60	14.18
Brasil	7.75	12.91	9.57	7.43	8.02	11.86	26.85	26.89	18.13
TOTAL MERCOSUR	13.45	18.34	16.96	13.72	13.52	17.78	35.23	35.79	23.15
Chile	4.51	7.62	4.85	3.61	3.38	4.92	5.17	5.80	8.96
RESTO DE AMÉRICA LATINA	9.06	15.27	15.88	11.13	10.24	11.13	9.04	8.03	10.35
PÁISES ÁRABES	0.47	6.89	2.83	3.89	3.77	6.65	6.03	4.79	4.44
China, República Popular de	0.10	0.10	0.44	1.43	3.20	2.77	0.86	2.15	7.06
RESTO DEL MUNDO	1.91	4.74	3.82	6.02	7.71	10.16	11.58	10.05	9.44
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia en base a CEPAL (2005)

Tabla 2: Distribución geográfica de las importaciones argentinas de manufacturas (%)

	1970	1974	1978	1982	1987	1991	1995	1999	2003
Alemania	12.56	13.72	14.51	10.98	13.15	11.38	6.79	5.95	6.19
España	2.00	1.19	3.74	4.04	2.49	3.19	4.26	4.11	3.13
Francia	4.21	4.05	4.68	4.50	5.86	5.21	5.37	6.34	2.53
Italia	8.15	7.05	9.40	5.29	6.05	6.41	6.98	5.64	3.50
Países Bajos	2.10	2.47	1.87	2.21	2.43	1.44	1.75	1.14	0.84
TOTAL UNION EUROPEA	43.04	41.67	48.94	37.20	38.77	35.92	32.85	31.13	23.01
Estados Unidos y Canadá	45.14	44.14	50.80	39.41	41.20	37.36	34.60	32.27	23.84
Brasil	10.28	8.26	7.65	13.20	14.27	16.85	20.22	22.31	34.89
TOTAL MERCOSUR	11.28	10.08	9.72	16.00	17.04	19.77	24.38	24.85	37.92
Chile	4.70	6.03	4.08	3.23	3.32	2.33	3.62	2.31	2.05
RESTO DE AMÉRICA LATINA	3.76	4.20	2.65	3.06	6.09	4.58	2.81	2.67	2.37
PAÍSES ÁRABES	0.03	0.23	0.00	0.00	0.00	0.13	0.22	0.21	0.19
China, República Popular de	0.06	0.03	0.07	0.15	0.16	0.87	1.07	4.19	5.75
RESTO DEL MUNDO	1.55	2.58	2.82	4.11	6.01	7.74	6.98	8.29	7.20
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia en base a CEPAL (2005)

La imagen es similar cuando se analizan las importaciones; ha caído la importancia relativa de la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá y se ha incrementado el Mercosur y Brasil. La diferencia con respecto al comportamiento de las exportaciones es que las importaciones provenientes del Mercosur y Brasil han tenido un constante aumento en la participación relativa sin mostrar altibajos como se señalara para el caso de las exportaciones.

III- El Modelo: La Ecuación Gravitatoria

El primer intento en utilizar el modelo gravitatorio para medir los efectos de la integración fue realizado por Aitken (1973) quien utilizó un análisis de tipo cross-section basado en los desarrollos de Linnemann y Tinbergen. Mediante el uso de variables dummy estimó el efecto que la integración en la Comunidad Económica Europea (CEE) y la Asociación de Libre Comercio Europea (EFTA) tuvieron sobre los países miembros en el período 1959-67. Se estimó una ecuación para cada uno de los años de este período con el fin de testear la existencia y magnitud de los efectos de la integración. Esta ecuación también se calculó para varios años anteriores al período de la integración con el objeto de tener una visión de las fuerzas que estaban actuando antes de la constitución de la CEE (1951-67).

En este primer método, Aitken(1973) utilizó las variables dummy, llamadas variables de preferencia, y la estimación de la ecuación gravitatoria le permitió determinar el primer año a partir del cual tuvieron lugar los efectos de la integración por medio de la observación de los niveles de significación de las variables de preferencia. Luego obtuvo la creación bruta de comercio para cada uno de los bloques. Una limitación de este procedimiento es que no permite distinguir entre creación y desviación del comercio.

En un segundo método, Aitken (1976) eliminó de la ecuación los coeficientes estimados correspondientes a las variables dummy de preferencia del último año en el cual no había causado efecto la integración (cross section del año 1958) y esa estructura fue luego proyectada para el período post integración. El procedimiento le permitió evaluar la creación externa y las desviaciones de comercio. Un método similar al primero que utilizara Aitken, fue también usado en trabajos posteriores por Aitken y Obutelewicz (1976), Sapir (1981) y Brada y Méndez (1985) para otros acuerdos comerciales.

Pelzman (1977) desarrolló un método más sofisticado que los usados por los otros autores (nivel de significación de la variable de preferencia dummy) para detectar los quiebres estructurales. Este método consistió en seleccionar un período de pre-integración sobre el cual se estimó la ecuación gravitatoria. Los parámetros estimados son utilizados luego para proyectar los flujos de comercio entre los países miembros durante el período post-integración. La diferencia entre el volumen actual de comercio entre los países miembros y el volumen esperado sería una consecuencia de la integración. El modelo fue aplicado para un grupo de países pertenecientes al CMEA (países de Europa Oriental) para el período 1954-70.

A pesar de los avances introducidos por Pelzman (1977), es necesario destacar que la estructura de la ecuación gravitatoria es básicamente estática, porque no toma en cuenta la evolución de los flujos de comercio a lo largo del tiempo. Esto significa considerar, que si no hubiera integración, factores como la penetración de las exportaciones en los mercados externos, los niveles de eficiencia de las firmas, la aparición de economías de escala en la producción, la evolución de barreras no arancelarias, los ciclos económicos, etc. permanecen constantes o sus efectos sobre el comercio internacional son exactamente compensados, Mayes (1978).

Entre los trabajos recientes que han aplicado la ecuación gravitatoria para medir los flujos de comercio se destaca el de Martínez-Zarzoso y Nowak-Lehmann (2002) quienes usan una variante de la ecuación gravitatoria para clasificar los productos de acuerdo a la sensibilidad a la distancia geográfica y económica. Argumentan que los productos que son altamente sensibles a la distancia económica (usando como proxy las diferencias absolutas en el ingreso per-cápita) y a la distancia geográfica, son los mejores candidatos para intercambios futuros entre la Unión Europea y el Mercosur. Estimaron un modelo empírico aplicando la metodología de datos de panel para ver los efectos sobre los flujos de comercio entre pares de países. En la estimación se usaron adicionalmente dos variables explicativas, infraestructura y tipo de cambio. Los resultados expresan que los diferentes productos tienen distinta sensibilidad a las distancias.

Por su parte, Groot, H.L. et.al (2003) aplicaron el modelo gravitatorio para estudiar el efecto de las instituciones en los flujos de comercio. Consideraron si la calidad de los gobiernos, especialmente los aspectos relacionados con la homogeneidad y calidad institucional, tienen impacto en las corrientes de comercio.

Dentro de esta amplia literatura, las ecuaciones gravitatorias poseen un diseño común que puede ser adaptado para diferentes propósitos:

- a) una ecuación gravitatoria es bilateral. Explica el comportamiento de una variable dependiente relacionada con el comercio exterior (por ejemplo las exportaciones) por un conjunto de variables macroeconómicas (ingreso, tipos de cambio, precios, etc.) entre dos países;
- b) una ecuación gravitatoria puede ser utilizada para estimar tanto los determinantes del volumen de las corrientes de comercio como su naturaleza; en este último caso, se usa un índice del comercio intra-industrial como variable dependiente;

- c) la teoría provee importantes fundamentos para una modelación basada en indicadores más o menos aproximados, lo cual es bastante útil cuando el propósito es integrar un gran número de países en una muestra o cuando la información estadística de los países es limitada;
- d) existe una discrepancia inevitable entre el modelo teórico y la ecuación “ideal” que ajuste bien a los datos. El comercio entre países limítrofes, el comercio estacional, las preferencias comerciales o la integración regional, pueden ser controlados para pares de países; sin embargo tal solución puede hacer peligrar cualquier intento de utilizar el modelo con fines predictivos. Esto justifica la introducción de determinantes de tipo histórico, cultural o institucional en ecuaciones diseñadas con objetivos empíricos;
- e) dado el tipo de variables bajo consideración, los modelos econométricos de tipo gravitatorios son estimados utilizando datos agregados. Numerosos estudios han usado en sus estimaciones a las exportaciones totales (UNCTAD/WTO, 2003).

La metodología utilizada en este trabajo se basa en la estimación de una ecuación gravitatoria que responde a la siguiente especificación:

$$X_{ij} = A Y_i^1 Y_j^2 L_i^3 L_j^4 D_{ij}^5 e^{u_{ij}} \quad (1)$$

donde

X_{ij} = el valor corriente de las ventas del país i al país j

A = constante

Y = ingreso

L = población

D_{ij} = distancia entre los países i y j

u_{ij} = término de error

IV-Resultados

a-Datos

La información utilizada en el trabajo está conformada por 34 cross-section anuales, que abarcan el periodo 1970-2003. Se han considerado los flujos bilaterales entre Argentina y 53 países: Alemania, Arabia Saudita, Argelia, Australia, Austria, Bélgica-Luxemburgo, Bolivia, Brasil, Canadá, Chile, China, Colombia, Corea del Sur, Cuba, Dinamarca, Ecuador, Egipto, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Grecia, Haití, India, Indonesia, Irán, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Jordania, Libia, Malasia, Marruecos, México, Nigeria, Países Bajos, Panamá, Paraguay, Perú, Portugal, Reino Unido, Singapur, Siria, Sudáfrica, Suecia, Suiza, Tailandia, Taiwán, Túnez, Turquía, Países de la Ex URSS, Uruguay y Venezuela. De esta manera se cuenta con 106 observaciones por año, que representan alrededor del 90% del comercio internacional del sector manufacturero de Argentina.

Los datos sobre los flujos de comercio fueron obtenidos de la Base de Datos de Comercio Exterior (BADECEL) de la CEPAL. Se tomaron los valores en dólares (u\$s) corrientes de las exportaciones e importaciones de Argentina, correspondientes a los rubros que se detallan en el Anexo 1. Los datos referidos a ingreso y población fueron obtenidos de International Financial Statistics Online, publicada por el Fondo Monetario Internacional en su sitio web.

Las bases de datos de Angus Maddison (del libro “The World Economy”) y del SESRTCIC (Statistical, Economic and Social Research and Training Centre for Islamic Countries) fueron utilizadas para ciertos países en que la información no es completa².

Los datos correspondientes a las distancias se obtuvieron de la base de datos de comercio internacional disponible en el sitio web de Jon Haveman.

b-Resultados de las Estimaciones

Los primeros trabajos empíricos que utilizaron el modelo gravitatorio para modelar los flujos bilaterales de comercio, entre los que se encuentra Aitken (1973), hicieron uso de una especificación log-lineal de la ecuación gravitatoria. Posteriormente Sanso, Cuairan y Sanz (1993) mostraron que la especificación de la ecuación gravitatoria en términos logarítmicos no necesariamente constituye la mejor forma funcional. Como el modelo en logaritmo representa un caso particular de la transformación Box-Cox, un análisis apropiado de la mejor forma funcional consistiría en estimar los parámetros óptimos de tal transformación.

Por lo tanto, para cada año se ha especificado el siguiente modelo³

$$M_{ij}^0 = \beta_0 + \beta_1 y_i^1 + \beta_2 y_j^2 + \beta_3 L_i^3 + \beta_4 L_j^4 + \beta_5 D_{ij}^5 + \beta_6 \text{Merco} + \beta_7 \text{Lenguaje} + \beta_{ij} \quad (2)$$

donde

M , L y D fueron definidas previamente

y = ingreso per cápita⁴ (el subíndice i es para el país exportador y el j para el importador)

Merco = variable dummy que toma el valor 1 si el comercio argentino es mantenido con un miembro del Mercosur

Lenguaje = variable dummy con valor 1 si el comercio argentino es realizado con un país hispano-parlante.

β_{ij} = es el parámetro de la transformación Box-Cox asociado a la correspondiente

Variable

Como el objetivo del trabajo es determinar si el Mercosur tuvo efectos sobre el comercio internacional de productos manufacturados de Argentina, la variable dummy Merco busca determinar el primer año donde se produce el impacto de la unión aduanera sobre el comercio.

La variable dummy Lenguaje controla la importancia del idioma como determinante del comercio bilateral

Los resultados de las estimaciones de la ecuación 2 se muestran en la Tabla 3.

² Estos países son: Arabia Saudita, Argelia, Cuba, Egipto, Indonesia, Irán, Jordania, Libia, Siria, Túnez y Países de la Ex URSS.

³ El procedimiento mediante el cual se obtienen los valores de los parámetros de la transformación Box-Cox se expone en detalle en el Apéndice 2.

⁴ Sanso, Cuairan y Sanz (1993) muestran que la ecuación gravitatoria donde se define el ingreso en términos per-cápita muestra un mejor desempeño que aquella donde el ingreso es simplemente el PBI o PNB.

Tabla 3. Estimaciones máximo verosímiles de los Parámetros Box-Cox (lambdas)							
Año	$\hat{\epsilon}_0$	$\hat{\epsilon}_1$	$\hat{\epsilon}_2$	$\hat{\epsilon}_3$	$\hat{\epsilon}_4$	$\hat{\epsilon}_5$	TRV
1970	0.12	-0.19	-0.21	0.22	0.01	0.39	27.3*
1971	0.12	-0.16	-0.16	0.21	-0.21	0.37	26.67*
1972	0.13	-0.13	-0.28	0.24	0.06	0.39	32.62*
1973	0.16	-0.16	-0.28	0.07	-0.1	0.43	48.01*
1974	0.16	-0.19	-0.53	0.23	-0.18	0.42	48.87*
1975	0.16	-0.01	-0.31	0.08	-0.09	0.28	42.68*
1976	0.18	-0.17	0.07	0.15	0.15	0.36	62.52*
1977	0.17	-0.17	-0.05	0.13	0.3	0.4	58.8*
1978	0.19	-0.12	0.61	0.12	0.09	0.35	72.16*
1979	0.2	-0.07	0.48	0.16	0.07	0.34	81.05*
1980	0.17	-0.06	0.03	0.2	0.08	0.22	60.2*
1981	0.19	0	0.17	0.19	0.17	0.27	70.99*
1982	0.19	-0.05	0.54	0.15	0.14	0.24	71.62*
1983	0.19	-0.03	1.19	0.12	-0.16	0.19	63.76*
1984	0.18	-0.11	0.75	0.17	0.25	0.27	67.92*
1985	0.19	-0.13	1.75	0.09	0.11	0.29	73.12*
1986	0.19	-0.04	0.43	0.09	0.12	0.24	66.77*
1987	0.19	-0.16	-0.08	0.15	0.2	0.24	84.35*
1988	0.2	-0.11	0.35	0.07	0.21	0.28	83.94*
1989	0.2	-0.25	0.23	0.03	0.29	0.25	78.92*
1990	0.19	-0.17	0.59	-0.09	0.03	0.1	77.21*
1991	0.19	-0.22	0.35	0.24	-0.02	0.19	81.2*
1992	0.18	-0.01	-0.26	0.17	-0.09	0.19	68.48*
1993	0.16	-0.05	-0.21	0.21	-0.1	0.17	68.56*
1994	0.16	0.03	-0.38	0.24	-0.14	0.22	69.49*
1995	0.17	-0.14	-0.67	0.24	-0.03	0.29	79.8*
1996	0.16	-0.03	-0.94	0.13	-0.02	0.3	59.17*
1997	0.14	-0.18	-0.97	0.26	-0.06	0.21	61.61*
1998	0.17	-0.01	-0.73	0.18	-0.12	0.19	69.72*
1999	0.2	0.01	-0.41	0.1	-0.12	0.18	94.23*
2000	0.18	-0.13	-0.39	0.18	-0.12	0.26	77.78*
2001	0.18	-0.21	-0.8	0.16	-0.07	0.26	76.48*
2002	0.2	-0.32	0.66	-0.03	0.2	0.29	80.76*
2003	0.22	-0.16	0.88	0.02	0.27	0.19	100.26*

TRV (Test de Razón de Verosimilitud): el * significa que la variable es significativa al 5%

Una vez obtenida la forma funcional óptima, las variables transformadas apropiadamente son utilizadas como insumos para obtener los β , mediante mínimos cuadrados ordinarios, los cuales se muestran en la Tabla 4.

El signo de los coeficientes que acompañan a las variables ingreso per-cápita y población es positivo, como lo predice la ecuación gravitatoria. El coeficiente de la variable distancia tiene el signo esperado (negativo), para todos los años excepto el año 2002, donde además es no significativo. En los dos últimos años del período se observa un importante cambio en la participación de los países de origen y destino del comercio exterior. Por un lado en las exportaciones se incrementa la participación relativa de China y la Unión Europea y disminuye la importancia de Brasil y el Mercosur. En las importaciones en cambio, aumenta la participación de China y Brasil y el Mercosur en particular, con una disminución de la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá.

Respecto a la significación estadística de los coeficientes, tomando un nivel de 0.05, se verifica que y_i^1 , y_j^2 , L_i^3 y L_j^4 son significativas para todos los años del período. La variable D_{ij} es significativa para todos los años del período excepto para los años 2002 y 2003.

Respecto a las variables dummy, la variable lenguaje sólo es significativa en 1993 y 1994, por lo tanto puede afirmarse que Argentina no comercia más, en promedio, con los países de habla hispana.

Lo que resulta relevante es que la variable dicotómica Merco comienza a ser estadísticamente significativa a partir de 1993, período en el cual el Mercosur ya estaba en vigencia. Por lo tanto se encuentra evidencia a favor de 1993 como el primer año en el que la integración produce efectos sobre los flujos bilaterales de comercio.

Tabla 4 – Estimación por MCO de los parámetros de posición ($\hat{\alpha}_i$)									
Año (D.S)	$\hat{\alpha}_0$ (C)	$\hat{\alpha}_1$ (pbipc _i)	$\hat{\alpha}_2$ (pbipc _j)	$\hat{\alpha}_3$ (población _i)	$\hat{\alpha}_4$ (población _j)	$\hat{\alpha}_5$ (distancia)	$\hat{\alpha}_6$ (Merco)	$\hat{\alpha}_7$ (lenguaje)	R2
1970	-132.6817* (16.7032)	17.2135* (2.1287)	14.4036* (2.3684)	0.0599* (0.0116)	1.5322* (0.4529)	-0.0097* (0.0031)	2.9198 (3.0699)	0.5872 (1.939)	0.57
1971	-406.5610* (77.465)	14.0262* (1.6825)	8.5080* (1.6054)	0.0744* (0.0131)	70.6572* (16.537)	-0.0119* (0.0039)	2.6281 (2.9041)	1.267 (1.8337)	0.58
1972	-150.1939* (18.2363)	14.4915* (1.6146)	24.7955* (4.2516)	0.0479* (0.0084)	0.8858* (0.1923)	-0.0120* (0.0031)	1.4083 (3.2797)	0.9186 (2.0743)	0.61
1973	-318.2210* (37.9724)	21.9668* (2.2997)	24.5559* (5.1674)	1.1616* (0.1935)	18.0873* (3.4268)	-0.0094* (0.0022)	1.2947 (3.793)	0.8261 (2.4355)	0.62
1974	-650.9428* (93.0698)	28.9064* (2.9524)	126.1680* (28.42779)	0.0781* (0.0124)	60.6272* (12.5697)	-0.0106* (0.0026)	0.6949 (3.79649)	2.2765 (2.4266)	0.61
1975	-264.5851* (42.0774)	7.7886* (0.9087)	32.0425* (7.8237)	1.1565* (0.1972)	14.1337* (3.4826)	-0.0822* (0.0236)	0.5583 (4.3935)	4.1677 (2.7111)	0.57
1976	-159.5016* (19.9838)	32.4929* (3.575)	2.4741* (0.5763)	0.4326* (0.0682)	0.2349* (0.063)	-0.0370* (0.0086)	-0.6737 (4.8878)	3.7229 (3.0778)	0.6
1977	-183.6036* (21.093)	34.8909* (3.6973)	6.7085* (1.4970)	0.4999* (0.0753)	0.0175* (0.0042)	-0.0152* (0.0036)	-1.0403 (4.6873)	5.3507 (2.9879)	0.61
1978	-158.7623* (20.0198)	25.2916* (2.7547)	0.0399* (0.0084)	0.7442* (0.1164)	0.9048* (0.2107)	-0.0368* (0.0104)	3.1522 (5.5315)	6.34 (3.4946)	0.61
1979	-168.7048* (20.8231)	20.2808* (2.1094)	0.1349* (0.0265)	0.4654* (0.0705)	1.6777* (0.3439)	-0.0432* (0.0128)	5.4654 (6.1823)	8.0525 (3.8962)	0.63
1980	-162.2312* (22.3155)	16.5798* (1.9135)	3.9634* (0.934)	0.1865* (0.0307)	1.2951* (0.2466)	-0.1756* (0.083)	7.0275 (5.949)	8.0016 (3.5816)	0.58
1981	-142.6403* (20.3807)	12.6584* (1.4312)	1.8434* (0.3706)	0.2753* (0.0448)	0.3043* (0.0589)	-0.1056* (0.0462)	7.1277 (6.9876)	7.333 (4.2627)	0.59
1982	-140.2085* (21.0208)	18.7991* (2.0673)	0.0777* (0.0161)	0.5043* (0.0825)	0.4173* (0.0884)	-0.2047* (0.0721)	5.2957 (6.5188)	6.4989 (3.9464)	0.59
1983	-447.2396* (92.3544)	14.0295* (1.7139)	0.0002* (0.0001)	0.7549* (0.145)	60.5758* (15.0458)	-0.3486* (0.1482)	6.8923 (6.7606)	6.681 (4.0625)	0.52
1984	-136.2011* (21.0607)	26.1805* (3.0525)	0.0108* (0.0028)	0.2758* (0.0524)	0.0550* (0.01269)	-0.1100* (0.0409)	6.3952 (6.3218)	6.3798 (3.8691)	0.55
1985	-193.7770* (24.5841)	32.3098* (3.6278)	0.0000* (0)	1.1975* (0.2119)	0.8246* (0.1519)	-0.1023* (0.031)	5.2085 (6.3076)	4.6829 (3.9072)	0.59
1986	-151.8866* 19.8247	15.3092* 1.5455	0.1493* 0.0355	1.5209* 0.2304	0.7699* 0.1301	-0.2137* 0.0617	3.9262 6.0007	7.4625 3.6483	0.62

Tabla 4 – Estimación por MCO de los parámetros de posición ($\hat{\alpha}_i$) (continuación)									
Año	$\hat{\alpha}_0$	$\hat{\alpha}_1$	$\hat{\alpha}_2$	$\hat{\alpha}_3$	$\hat{\alpha}_4$	$\hat{\alpha}_5$	$\hat{\alpha}_6$	$\hat{\alpha}_7$	R2
(D.S)	(C)	(pbipc _i)	(pbipc _j)	(población _i)	(población _j)	(distancia)	(Merco)	(lenguaje)	
1987	-263.4316*	41.7482*	12.2118*	0.5047*	0.2387*	-0.2484*	2.5993	5.9426	0.71
	(23.8749)	(3.3907)	(1.9417)	(0.0648)	(0.0296)	(0.0567)	(5.3425)	(3.219)	
1988	-192.2790*	27.3348*	0.2966*	2.1336*	0.2030*	-0.1396*	4.9514	6.9741	0.64
	(23.108)	(2.7847)	(0.0603)	(0.3399)	(0.029)	(0.0391)	(6.4439)	(3.9496)	
1989	-317.4777*	72.3904*	1.0364*	4.1747*	0.0443*	-0.1818*	4.7258	6.9288	0.62
	(36.4435)	(8.3483)	(0.1602)	(0.6537)	(0.0065)	(0.0564)	(6.3168)	(3.8147)	
1990	-495.5508*	38.3480*	0.0302*	36.9838*	3.6913*	-1.2907*	7.9811	7.0759	0.66
	(49.0292)	(3.8899)	(0.0057)	(4.5043)	(0.5912)	(0.4793)	(5.9013)	(3.4024)	
1991	-355.1760*	66.2441*	0.2173*	0.1144*	9.1425*	-0.3809*	6.1524	8.7014	0.68
	(32.6715)	(5.7093)	(0.0495)	(0.0141)	(1.3648)	(0.1215)	(5.7849)	(3.4248)	
1992	-397.6552*	10.7683*	30.9049*	0.3763*	26.6374*	-0.3837*	7.5768	6.3617	0.67
	(49.7237)	(0.9971)	(7.105)	(0.0444)	(4.1296)	(0.122)	(5.4808)	(3.2383)	
1993	-357.1658*	14.5354*	18.8711*	0.1497*	26.9967*	-0.4040*	8.8715	5.9743*	0.7
	(43.4853)	(1.1936)	(4.2369)	(0.0165)	(4.3431)	(0.1322)	(4.6756)	(2.7347)	
1994	-539.4586*	6.8021*	66.3604*	0.0823*	51.9534*	-0.1685*	9.1538*	5.6837*	0.72
	(63.7304)	(0.549)	(13.2472)	(0.0097)	(7.3846)	(0.0574)	(4.0901)	(2.4349)	
1995	-1440.1*	35.1689*	779.7985*	0.1306*	9.8411*	-0.0619*	10.8932*	4.0055	0.8
	(189.7955)	(2.2103)	(123.8273)	(0.0106)	(1.1624)	(0.0181)	(3.9672)	(2.4093)	
1996	-3586.62*	11.34*	3190.69*	0.7121*	7.4641*	-0.0411*	11.4457*	3.7139	0.77
	(879.3069)	(0.8343)	(822.7003)	(0.0644)	(0.9104)	(0.0145)	(3.5609)	(2.1769)	
1997	-4327.41*	34.03*	3942.59*	0.0565*	13.8263*	-0.1279*	10.4585*	2.7066	0.76
	(981.7737)	(2.4673)	(949.2094)	(0.0053)	(1.6569)	(0.0525)	(3.2835)	(1.9422)	
1998	-1665.32*	11.0357*	894.7554*	0.3181*	50.3706*	-0.2466*	16.4386*	4.5534	0.77
	(296.0559)	(0.805)	(205.5906)	(0.0283)	(6.0595)	(0.1045)	(4.4348)	(2.6159)	
1999	-823.9210*	12.8435*	99.4086*	2.1544*	63.5893*	-0.4063*	22.6739*	5.0946	0.76
	(97.6567)	(0.9788)	(27.2515)	(0.1868)	(8.0451)	(0.1605)	(5.9534)	(3.5025)	
2000	-724.8783*	35.9902*	74.2856*	0.3900*	50.9623*	-0.1027*	20.6168*	3.0701	0.74
	(84.0422)	(2.8763)	(20.7426)	(0.03589)	(7.0215)	(0.0394)	(5.1593)	(3.1239)	
2001	-2166.48*	62.0071*	1400.56*	0.5721*	18.3567*	-0.1065*	18.5750*	2.4183	0.73
	(592.4769)	(5.0946)	(468.9191)	(0.0521)	(82.6838)	(0.0402)	(4.9371)	(2.9918)	
2002	-675.9916*	154.0557*	0.01606*	20.6115*	0.1949*	-0.0689	25.8144*	5.8240	0.63
	(71.3084)	(19.6116)	(0.0032)	(2.4549)	(0.0309)	(0.0346)	(7.2025)	(4.4342)	
2003	-400.6119*	49.8358*	0.0022*	9.9439*	0.0842*	-0.2517	37.8154*	11.8614	0.62
	(46.5904)	(6.51)	(0.0005)	(1.2251)	(0.014)	(0.2229)	(9.9846)	(5.935)	

Nota: el * significa que la variable es significativa al 5%

V – Dinámica del Modelo

Los efectos que provienen de la integración económica son principalmente dos (Bela Balassa, 1967): la creación de comercio, que se manifiesta como la aparición de nuevas corrientes de comercio entre los países miembros y que reemplazan a la producción doméstica. Este efecto es posible cuando los países miembros de un acuerdo bajan sus tarifas a las importaciones de terceros países como parte del compromiso de llegar a una tarifa externa común. Las desviaciones de comercio, por su parte, consisten en la sustitución de las importaciones de los países que no son miembros del acuerdo (productos de menor costo) por importaciones de los países miembros (productos de mayor costo). La creación

de comercio menos la desviación del mismo constituyen el efecto neto de un acuerdo sobre el resto del mundo⁵.

Mayes (1978) señala que si las barreras al comercio, las tarifas y las cuotas son eliminadas, habría que esperar que el comercio se incremente (creación de comercio); en tanto si las tarifas al comercio con un determinado país son suprimidas pero no se modifican las vigentes con el resto de los países, se esperaría que las importaciones del primer país aumenten a expensas de las importaciones de los otros países (desviación de comercio).

La discusión de solamente estos efectos, que son de corto plazo, deja de lado la consideración de otros importantes cambios que ocurren en el comercio internacional como consecuencia de la integración y que están originados en: la especialización en la producción que proviene de las ventajas comparativas, las economías de escala, los cambios en los términos del intercambio, cambios en los niveles de eficiencia de las empresas como consecuencia de la mayor competencia externa, cambios en la tasa de crecimiento, etc. Lipsey (1975).

En el modelo de la ecuación gravitatoria se pueden estimar las corrientes de comercio que hipotéticamente hubieran ocurrido si la integración no se hubiera implementado. Se conoce como el "mundo" (monde en francés) a la estructura que generan los datos en el período posterior a la integración, mientras el "antimundo" (antimonde) se refiere al escenario que hubiese existido, durante el mismo período, pero en ausencia de tal acuerdo. Obviamente, la mayor dificultad estará en la estimación del antimundo. El impacto del proceso de integración se define como la diferencia entre las predicciones de ambas estructuras suponiendo que esta diferencia es estadísticamente significativa. Generalmente se supone que el comercio en el antimundo permanece constante comenzando en un período cercano a la firma del tratado. No obstante ello, los efectos de la integración son esencialmente dinámicos.

La manera de introducir los aspectos dinámicos consiste en actualizar los parámetros estimados de la ecuación gravitatoria, tomando como punto de partida el primer año en que se evidencia el impacto de la integración comercial. Para dinamizar los parámetros estimados se utiliza el filtro de Kalman que es un algoritmo recursivo usado generalmente en los modelos lineales. El filtro de Kalman permite computar un nuevo vector de coeficientes cuando se dispone de nueva información. A medida que se extiende el horizonte de pronóstico, el poder explicativo de estas regresiones se reduce porque el pronóstico para cada año está basado en un pronóstico anterior y no en los datos observados. No obstante, esta transformación resulta más realista que suponer que nada ha ocurrido durante el período posterior a la integración.

La medición de los efectos de la integración en el comercio internacional requiere que los coeficientes del modelo gravitatorio, los β_i , varíen en el tiempo, ya que, como ha sido mencionado con anterioridad, factores como la penetración de las exportaciones en los mercados externos, los niveles de eficiencia de las firmas, la aparición de economías de escala en la producción, la evolución de barreras no arancelarias, los ciclos económicos, etc. son dinámicos. Si bien existen diferentes alternativas para modelar la dinámica, resultaría particularmente conveniente colocar la ecuación gravitatoria en lo que se denomina Forma Espacio-Estado (FEE).

Una vez que el modelo haya sido puesto en FEE podría aplicarse un conjunto de algoritmos, conocidos como Filtro de Kalman. La ventaja de utilizar la FEE y el Filtro de Kalman es que este último proporciona un estimador estadísticamente óptimo, en el sentido que minimiza el

⁵ Aitken (1973) considera una tercera alternativa, definiendo como creación externa de comercio a los incrementos en el comercio entre los países miembros de un tratado y los países ajenos al mismo.

error cuadrado medio de estimación, del vector de estado al momento t proporcionando de esta manera una solución al marco de regresión dinámica.

El Filtro de Kalman se puede utilizar para estimar el antimundo de una manera esencialmente dinámica, aplicándolo sobre la ecuación gravitatoria.

Este algoritmo utiliza todos los datos disponibles sobre los flujos de comercio anteriores a la integración y ninguno de los datos del periodo post-integración, definiendo un antimundo diferente para cada año de la post-integración.

Dado los buenos resultados encontrados en la aplicación del modelo gravitatorio, un paso posterior sería la aplicación de este algoritmo con el fin de poder calcular el antimundo y así estimar la creación y desviación del comercio. El período 1993-2003 debería considerarse como el de pre-integración y para definir el antimundo, debería aplicarse el Filtro de Kalman a los betas estimados en este período.

Sanz (2000) y Sanz y Gil (2001) han utilizado esta metodología para el comercio de productos manufacturados de España en su incorporación a la Unión Europea habiendo logrado muy buenos resultados en la estimación.

VI- Conclusiones

El comercio internacional de productos manufacturados de Argentina ha tenido un comportamiento inestable para las importaciones y relativamente estable para las exportaciones. En general los superávits o déficits de la balanza comercial se pueden explicar mejor por caídas o aumentos en las importaciones que por variaciones en las exportaciones.

Con respecto a la distribución geográfica del comercio, en las exportaciones se destaca la caída de la importancia relativa de la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá como destinos; el aumento en la participación de Brasil, Chile, Países Árabes y el Resto del Mundo y el fuerte incremento y posterior disminución de la participación del Mercosur de manera similar a lo ocurrido con Brasil. Por otra parte, cuando se analizan las importaciones, se observa una disminución de la importancia relativa de la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá y un incremento del Mercosur y Brasil.

El modelo gravitatorio aplicado explica correctamente los flujos bilaterales de productos manufacturados de Argentina durante todo el período 1970-2003.

De la aplicación de este modelo surge que el ingreso per-cápita, la población y la distancia son, en promedio, las variables que mejor explican los flujos bilaterales del comercio de productos manufacturados de Argentina. El idioma, en cambio, tiene escasa significación.

Los resultados muestran que el Mercosur ha impactado en los flujos bilaterales de productos manufacturados especialmente a partir del año 1993. Esto hace que deba considerarse a 1993 como el primer año del periodo post-integración y no a 1991, año en el cual se firmó el Tratado de Asunción que da comienzo al Mercosur.

Dado que el período que debería tomarse como de pre-integración para alimentar el Filtro de Kalman resulta tener un buen poder explicativo, los resultados que podrán obtenerse en lo que respecta al cálculo de la creación y desviación de comercio serán confiables.

Bibliografía Consultada

Aitken, N. D. 1973. The Effect of the EEC and EFTA on European Trade: A Temporal Cross-Section Analysis. *American Economic Review* 63 (5): 881-92.

Aitken, N.D. y Lowry, W.R. 1973. A Cross-Sectional Study of the Effects of LAFTA and CACM on Latin American Trade. *Journal of Common Markets Studies*, (June), 11(4), pp.326-36.

Aitken, N.D. and R.S.Obutelewicz. 1976. A Cross-Sectional Study of EEC Trade with the Association of African Countries. *Review of Economics and Statistics* 58 (4): 425-33.

Balassa. B. 1967. Trade Creation and Trade Diversion in the European Common Market. *Economic Journal*, March, 77, 1-21.

Balassa. B. 1974. Trade Creation and Trade Diversion in the European Common Market: An Appraisal of the Evidence. *Manchester Sch. Econ. Soc. Stud.*, (June),42 (2) pp. 99-135.

Bayoumi,T., Eichengreen B. 1995. "Is Regionalism Simply a Diversion ?. Evidence from the Evolution of the EC and EFTA". *IMF Discussion Paper*, 109.

Bergstrand J.H. 1989. "The Generalized Gravity Equation, Monopolistic Competition, and the Factor-Proportions Theory of International Trade". *Review of Economics and Statistics*, Vo.23, pp.143-153.

Brada, J. y Méndez, J.A. 1985. Economic Integration among Developed, Developing and Centrally Planned Economies: A Comparative Analysis. *Review of Economics and Statistics* 67 (4): 549-56.

CEPAL. 2005. Base de datos de Comercio Exterior, División Estadística y Proyecciones Económicas. Sitio Web: <http://www.eclac.cl/badecel/>

Deardoff, Alan. 1995. Determinants of Bilateral Trade: Does Gravity work in a neoclassical world?. *NBER Working Paper Series* 5377.

Evenett, S. Y Keller W. 1998. On Theories Explaining the Success of the Gravity Equation. *NBER Working Paper Series* 6529.

Feenstra, R., Markusen J. y Rose A. 2001. Using The Gravity Equation To Differentiate Among Alternative Theories Of Trade. *Canadian Journal of Economics*, Vol. 34, Issue 2, pp. 430-447.

Feenstra, R., Markusen J. y Rose A. 1998. Understanding the home market and the Gravity Equation: the role of differentiating goods. *NBER Working Paper* 6804.

FMI, 2005. International Financial Statistics Online. Sitio web: <http://ifs.apdi.net/imf/>

Groot, H.L., Linders, G, Rietveld, P. And Subramanian, U. 2003. The Institutional Determinants of Bilateral Trade Patterns. *Tinbergen Institute Discussion Paper*. IT 2003-044/3.

Harvey, Andrew C. 1989. *Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter.* Cambridge, Cambridge University Press.

Haveman, Jon. Base de datos de distancias
<http://www.eiit.org/Trade.Resources/TradeData.html>

Havrylyshyn O.,Pritchett L. 1991. "European Trade Patterns after the Transitions". *PRE Working Paper Series*, 748, World Bank.

- Lipsey, R.G. 1957.** The Theory of Customs Unions: Trade Diversion and Welfare. *Económica*, Vol.24, (93): 40-46.
- Maddison, Angus. 2003.** The World Economy: Historical Statistics Sitio Web: <http://www.eco.rug.nl/~Maddison/>
- Martinez-Zarzoso, I. y Nowak-Lehman , F. 2002.** Explaining MERCOSUR sectoral exports to the EU: The role of economic and geographical distance. Instituto Ibero-Americano de Investigaciones Económicas, Documento de Trabajo No. 85.
- Martinez-Zarzoso, I. y Nowak-Lehman , F. 2003.** Augmented Gravity Model: An Empirical Application to Mercosur-European Union Trade Flows. *Journal of Applied Economics*, Vol. VI, No. 2, págs. 291-316.
- Mayes, D. G. 1978.** The Effects of Economic Integration on Trade. *Journal of Common Market Studies* 17 (1): 97-121.
- Meinhold, R. y Singpurwalla, N.1983.** Understanding the Kalman Filter. *American Statistician* 37(2): 123-127.
- Nogués, J.; Sanguinetti, P. y Sturzenegger, F. 2001.** Argentina y la agenda de negociaciones comerciales internacionales: el MERCOSUR, el NAFTA y la Unión Europea. ABA, Buenos Aires.
- Pelzman, Joseph. 1977.** Trade Creation and Trade Diversion: in the Council of Mutual Economic Assistance: 1954-70. *American Economic Review* 67 (4).
- Recalde, M.L. y Florensa M. 2005.** Effects of Mercosur on the Argentine Agricultural International Trade: An Application of a Gravity Equation. Arnoldshain VI Seminar: Trade Integration and Institutional Reforms in Latin America and the EU, Ascochinga, 14-18 de Marzo de 2005.
- Sanso, M. B., R. Cuairán and F. Sanz. 1993.** Bilateral Trade Flows, the Gravity Equation, and Functional Form. *Review of Economics and Statistics* 75 (2): 266-275.
- Sanz, F. and José M. Gil. 2001.** An Assessment of the Agricultural Trade Impact of Spain's Integration into the EU. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 49(1), 53-69.
- Sanz, Fernando. 2000.** A Kalman Filter-Gravity Equation Approach to Assess the Trade Impact of Economic Integration: the Case of Spain, 1986-1992. *Weltwirtschaftliches Archiv* 136 (1): 84-109.
- Sapir, André. 1981.** Trade Benefits under the EEC Generalized System of Preferences. *European Economic Review* 15 (3): 339-55.
- Truman, E. M. 1969.** The European Economic Community: Trade Creation and Trade Diversion. *Yale Economic Essays* 9: 201-257.
- SESRTCIC 2005.** Base de datos, Statistical, Economic and Social Research and Training Centre for Islamic Countries. Sitio Web: <http://www.sesrtcic.org/>
- UNCTAD/WTO 2003.** TradeSim, a gravity model for the calculation of the calculation of trade potentials for developing countries and economies in transition, Explanatory notes, Market Analysis Section. <http://www.intracen.org>
- Verdoorn, P. J. And Schwatz, A.N. R. 1972.** Two Alternative Estimates of the Effects of EEC an EFTA on the Pattern of Trade. *European Economic Review*, 3 (1): 291-335.
- Yeats, Alexander. 1997.** Does Mercosur's Trade Performance Raise Concerns about the Effects of Regional Trade Arrangements?. Research Working Paper 1729. World Bank.

Anexo 1

- 013 Carnes envasadas herméticamente, n.e.p. y preparados
- 022 Leche y crema
- 023 Mantequilla
- 024 Queso y cuajada
- 032 Pescado envasado herméticamente, n.e.p. y preparados
- 046 Sémola y harina de trigo o de comuña
- 047 Sémola y harina de cereales
- 048 Preparados de cereales y preparados de harina
- 052 Frutas secas (incluso las deshidratadas artificialmente)
- 053 Frutas en conserva y preparados de frutas
- 055 Legumbres, raíces y tubérculos, en conserva o preparados
- 061 Azúcar y miel
- 062 Dulces de azúcar y otros preparados de azúcar
- 071 Café
- 072 Cacao
- 073 Chocolate y otros preparados
- 081 Materias destinadas a la alimentación de animales
- 091 Margarina y mantecas
- 099 Preparados alimenticios, n.e.p.
- 111 Bebidas no alcohólicas, n.e.p.
- 112 Bebidas alcohólicas
- 122 Manufacturas de tabaco
- 243 Madera desbastada o simplemente trabajada
- 251 Pulpa y desperdicios de papel
- 261 Seda
- 266 Fibras sintéticas y artificiales
- 267 Desperdicios de telas (incluso trapos)
- 332 Productos derivados del petróleo
- 411 Aceites y mantecas animales
- 421 Aceites vegetales fijos líquidos
- 422 Otros aceites vegetales fijos
- 431 Aceites y grasas de origen animal y vegetal, elaborados
- 512 Productos químicos orgánicos
- 513 Productos químicos inorgánicos: elementos y óxidos
- 514 Otros productos químicos inorgánicos
- 515 Materiales radiactivos y conexos
- 521 Alquitrán mineral y productos químicos crudos
- 531 Materias colorantes orgánicas sintéticas, índigo (añil)
- 532 Extractos para teñir y curtir materiales curtientes
- 533 Pigmentos, pinturas, barnices y productos conexos
- 541 Productos medicinales y farmacéuticos
- 551 Aceites esenciales y materias aromatizantes
- 553 Productos de perfumería, cosméticos y dentífricos
- 554 Jabones y preparados de limpiar y pulir
- 561 Abonos manufacturados
- 571 Explosivos y productos de pirotecnia
- 581 Materias plásticas artificiales, celulosa regenerada
- 599 Materias y productos químicos, n.e.p.
- 611 Cuero
- 612 Manufacturas de cuero natural, regenerado o artificial
- 613 Pieles finas, preparadas o curtidas (incluso teñidas)
- 621 Materiales de caucho
- 629 Artículos de caucho, n.e.p.
- 631 Chapas y maderas terciadas, madera « mejorada »
- 632 Manufacturas de madera, n.e.p.
- 633 Manufacturas de corcho
- 641 Papel y cartón
- 642 Artículos de pulpa, de papel o de cartón
- 651 Hilados e hilos de fibras textiles
- 652 Tejidos de algodón
- 653 Tejidos de fibras
- 654 Tules, encajes, bordados, cintas, pasamanería y otras confecciones
- 655 Tejidos especiales de fibras textiles y productos conexos
- 656 Artículos confeccionados principalmente de materias textiles
- 657 Alfombrados y tapicería, etc.
- 661 Cal, cemento y materiales minerales elaborados para construcción
- 662 Materiales de arcilla y materiales refractarios de construcción
- 663 Manufacturas de minerales, n.e.p.
- 664 Vidrio
- 665 Manufacturas de vidrio
- 666 Artículos de alfarería
- 667 Perlas y piedras preciosas y semipreciosas, sin trabajar
- 671 Hierro en bruto, fundición especular y hierro poroso
- 672 Lingotes y otras formas primarias
- 673 Barras, varillas, ángulos, perfiles y secciones
- 674 Planos canteados (universales), planchas y láminas
- 675 Flejes y tiras, de hierro o acero
- 676 Rieles y otros elementos, de hierro o acero, para vías
- 677 Alambre de hierro o acero (con excepción del fermachín)
- 678 Tubería y sus accesorios, de hierro o acero
- 679 Piezas de molde y de forja, de hierro o acero, sin trabajar
- 681 Plata, platino y metales del grupo platino
- 682 Cobre
- 683 Níquel
- 684 Aluminio
- 685 Plomo
- 686 Zinc
- 687 Estaño
- 688 Uranio y torio y sus aleaciones
- 689 Otros metales comunes no ferrosos empleados en metalurgia
- 691 Piezas estructurales acabadas y estructuras, n.e.p.
- 692 Envases de metal para transporte y almacenamiento
- 693 Artículos de alambre (excepto para electricidad)
- 694 Clavos, pernos, tuercas, arandelas, remaches, tornillos
- 695 Herramientas de mano y para máquinas
- 696 Cuchillería
- 697 Enseres domésticos de metales comunes
- 698 Manufacturas de metales comunes, n.e.p.
- 711 Maquinaria generadora de fuerza (excepto la eléctrica)

712 Maquinaria y artefactos mecánicos para la agricultura
714 Máquinas para oficina
715 Máquinas para trabajar metales
717 Maquinaria textil y para trabajar cuero
718 Maquinaria para las industrias especiales
719 Maquinaria y aparatos (que no sean eléctricos) y piezas
722 Máquinas generadores eléctricas y mecanismos para operación
723 Equipo para distribución de energía eléctrica
724 Aparatos de telecomunicación
725 Aparatos eléctricos de uso doméstico
726 Aparatos eléctricos para servicios médicos y radiológicos
729 Otras máquinas y aparatos eléctricos
731 Material rodante para ferrocarriles
732 Vehículos automotores para carreteras
733 Vehículos de carretera que no sean automotores
734 Aeronaves
735 Barcos y botes
812 Artículos sanitarios, accesorios y artefactos
821 Muebles

831 Artículos de viaje, bolsas de mano y artículos similares
841 Vestuario (excepto el confeccionado de pieles)
842 Vestuario (excepto sombreros) y otros artículos de piel
851 Calzado
861 Instrumentos y aparatos científicos, médicos y ópticos
862 Productos fotográficos y cinematográficos
863 Películas cinematográficas reveladas
864 Relojes
891 Instrumentos musicales, aparatos para grabación y reproducción
892 Impresos
893 Artículos de materias plásticas artificiales, n.e.p.
894 Cochechitos para niños, juguetes y juegos
895 Artículos de oficina, n.e.p.
896 Obras de arte, objetos para colecciones y antigüedades
897 Joyas y otros objetos de orfebrería de oro y plata
899 Artículos manufacturados, n.e.p.

Anexo 2:

La transformación Box-Cox para una variable X (en nuestro caso $M_{ij}, y_i, y_j, L_i, L_j, D_{ij}$) se define como

$$X^{(r)} = \begin{cases} (X^r - 1)/r & \text{si } r \neq 0 \\ \log X & \text{si } r = 0 \end{cases} \quad r = 0, 1, \dots, 5 \quad (\text{A1})$$

Diferentes valores de r definirán diferentes formas funcionales.

En la ecuación 9, deben ser estimados no solo los β_n ($n = 0, 1, \dots, 7$) sino también los r . Son precisamente los valores de estos últimos los que definen la forma funcional óptima. Tanto la estimación de los parámetros de la ecuación gravitatoria como los de la forma funcional deben ser resueltos de manera simultánea. Esto puede ser llevado a cabo aplicando el método de máxima verosimilitud.

Supóngase, en términos generales, que se tiene una sección cruzada constituida por N observaciones para cada uno de los T años disponibles y que las observaciones de los diferentes años son independientes. En este caso, cada uno de los años puede ser estimado separadamente. La forma de proceder es la siguiente (donde el subíndice $t = 1, \dots, T$ ha sido omitido para no cargar demasiado la simbología).

Sea $y^{(t)}$ el vector de observaciones de la variable dependiente, de dimensión $N \times 1$, para cierto año y $X^{(t)}$ la matriz de observaciones de las variables exógenas para el mismo año, de dimensión $N \times k$ (en el caso que se está analizando $k = 8$). Si se simboliza con ϵ al vector de los términos del error, de dimensión $N \times 1$, se puede escribir:

$$y^{(t)} = X^{(t)} \beta + \epsilon \quad \epsilon \sim N(0, \sigma^2 I) \quad (\text{A2})$$

donde β es el vector de n parámetros.

La función de verosimilitud de la muestra es, bajo los supuestos especificados

$$L(\beta, \sigma^2; y, X) = \text{constante} - (N/2) \ln \sigma^2 - \left(\frac{(y^{(t)} - X^{(t)} \beta)^T (y^{(t)} - X^{(t)} \beta)}{2 \sigma^2} \right) + (0-1) \sum_{i=1}^N \log y_i$$

Si el vector β es conocido, los métodos usuales de estimación, con las variables apropiadamente transformadas, funcionan. Si es desconocido pero todos sus elementos son iguales a c , será necesario escoger \hat{c} de manera que la función soporte sea maximizada. La búsqueda del valor óptimo de c puede llevarse a cabo pues el logaritmo de la función de verosimilitud concentrada depende solamente de c y es suficiente recurrir a un algoritmo de búsqueda en grilla para determinar dicho valor.

Para el caso en que cada r sea diferente, el logaritmo de la función de verosimilitud generalizada para cada valor de θ resulta ser

$$\tilde{L}(\theta) = \text{constante} - (N/2) \ln \tilde{\sigma}^2(\theta) + (\theta - 1) \sum_{i=1}^N \ln y_i \quad (\text{A3})$$

donde $\tilde{\sigma}^2(\theta)$ es el estimador máximo verosímil de σ^2 .

En este caso, la aplicación de un procedimiento de búsqueda en grilla no es posible. No obstante es posible aplicar mínimos cuadrados no lineales. El algoritmo consiste en tomar a θ_0 como parámetro guía en el proceso de optimización. Una vez que θ_0 es determinado, los otros parámetros son estimados utilizando mínimos cuadrados no lineales. De esta manera, para cada valor de θ_0 , se obtienen las estimaciones de los parámetros que dan a la función soporte el valor máximo, ya que la verosimilitud depende finalmente de este parámetro. Así, basta con seleccionar aquel valor de θ_0 , que podría ser simbolizado con $\tilde{\theta}_0$, que maximiza

$$\tilde{L}(\theta_0) = \text{constante} - (N/2) \ln \tilde{\sigma}^2(\theta_0) + (\theta_0 - 1) \sum_{i=1}^N \ln y_i \quad (\text{A4})$$

con

$$\tilde{\sigma}^2(\theta_0) = \left[\left(y^{(\theta_0)} - X^{(\tilde{\theta}(\theta_0))} \tilde{\beta}(\theta_0) \right)^T \left(y^{(\theta_0)} - X^{(\tilde{\theta}(\theta_0))} \tilde{\beta}(\theta_0) \right) \right] / N \quad (\text{A5})$$

donde $\tilde{\theta}(\theta_0)$ y $\tilde{\beta}(\theta_0)$ son los vectores que maximizan la función soporte para el valor dado de θ_0 . Una vez hallado $\tilde{\theta}_0$, las restantes estimaciones máximo-verosímiles, $\tilde{\theta}(\tilde{\theta}_0)$, $\tilde{\beta}(\tilde{\theta}_0)$ y $\tilde{\sigma}^2(\tilde{\theta}_0)$ son obtenidas de manera directa.