

# **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

# Introducción

- Las corrientes de comercio responden a principios físicos de la ley de gravedad.
- Fuerzas opuestas de atracción y expulsión determinan el volumen de comercio bilateral entre los países:
  - el nivel de actividad económica (medido por el ingreso)
  - magnitud de las trabas o impedimentos al comercio (costos de transporte, políticas comerciales, diferencias culturales, otros)

# Introducción

- Los modelos de impacto de comercio miden los efectos ex-post de la integración sobre los flujos comerciales de los países miembros.
- Ecuación Gravitatoria.

# El proceso de integración del MERCOSUR

- Tratado de Integración y Cooperación Argentino-Brasileño (1986 )
- Tratado de Asunción (1991): da comienzo al MERCOSUR, constituyendo una zona de libre comercio entre Argentina, Brazil, Paraguay y Uruguay.
- Objetivo: alcanzar un mercado común en el año 1995.

# Objetivo del trabajo

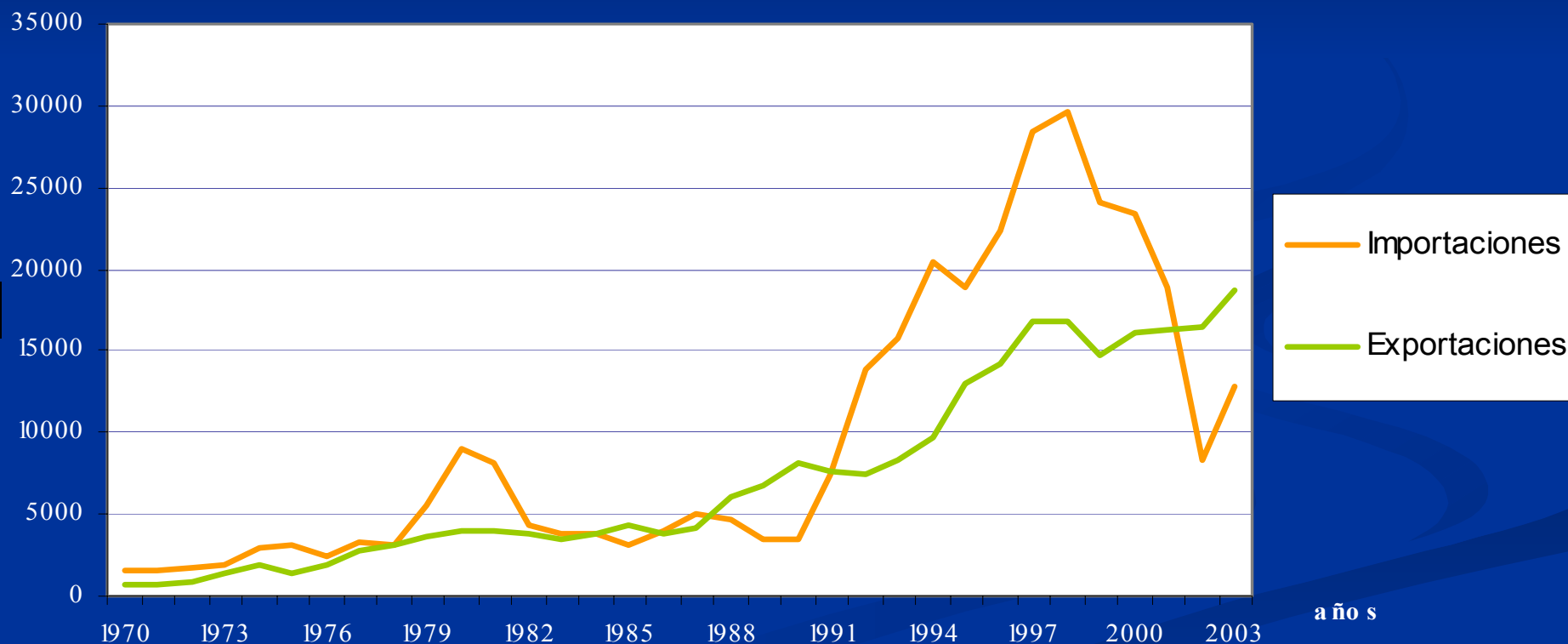
- Desarrollar un modelo econométrico que permita determinar si el MERCOSUR ha impactado en el comercio internacional de productos manufacturados de Argentina.
- El modelo está basado en la especificación y estimación de una ecuación gravitatoria.

# Contenido

- I. Introducción
- II. El Comercio Internacional de Productos Manufacturados
- III. El Modelo Gravitatorio
- IV. Resultados
- V. Dinámica del Modelo
- VI. Conclusiones

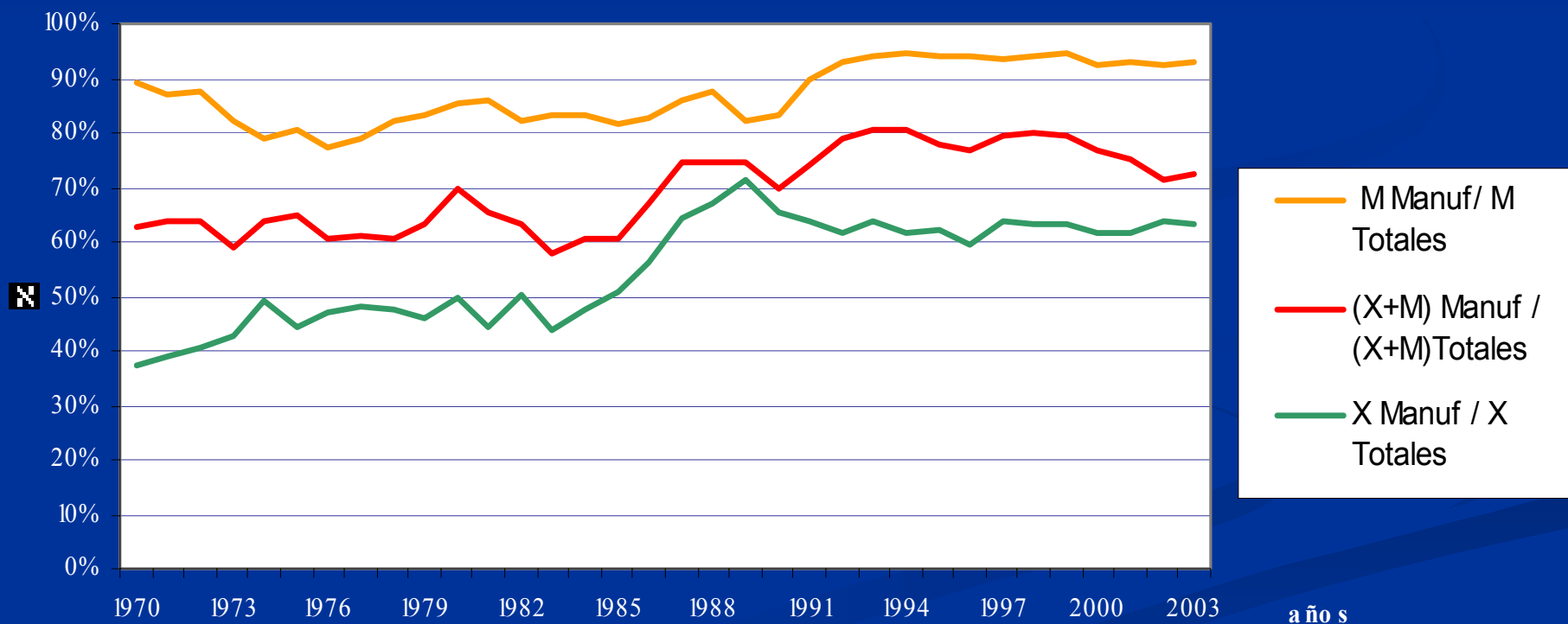
# Comercio exterior de productos manufacturados de Argentina

Gráfico 1: Evolución de las Exportaciones e Importaciones Manufactureras en millones de u\$s



# Comercio exterior de productos manufacturados de Argentina

Gráfico 2: Participación de las Exportaciones e Importaciones Manufactureras en el Comercio Exterior Argentino









# El Modelo: La Ecuación Gravitatoria

- Aitken(1973): fue el primero en intentar utilizar el modelo gravitatorio para medir los efectos de la integración.
- Aitken (1976); Aitken y Obutelewicz (1976)  
Sapir (1981); Brada y Mendez (1985)
- Pelzman (1977). Seleccionó un período de pre-integración sobre el cual estimó la ecuación gravitatoria.

# El Modelo: La Ecuación Gravitatoria

- Martínez-Zarzoso y Nowak-Lehmann (2002)
- Groot, H.L. et.al (2003)
- Sanz (2000)
- Sanz y Gil (2001): resuelven la cuestión de la estática de la ecuación gravitatoria con la aplicación del llamado modelo de Espacio-Estado y el Filtro de Kalman

# Las Ecuaciones Gravitatorias

- Son de tipo bilateral.
- Pueden ser utilizadas para estimar tanto los determinantes del volumen de las corrientes de comercio como su naturaleza.
- Permiten el uso de indicadores básicos y en consecuencia la integración de un gran número de países en una muestra.
- Se estiman utilizando datos agregados.
- No responden a ningún modelo específico de comercio internacional.
- La estructura de la ecuación gravitatoria es básicamente estática. No toma en cuenta la evolución de los flujos de comercio a lo largo del tiempo.

# La Ecuación Gravitatoria

$$M_{ij} = A Y_i^{\beta 1} Y_j^{\beta 2} L_i^{\beta 3} L_j^{\beta 4} D_{ij}^{\beta 5} e^{u_{ij}}$$

- $M_{ij}$  = el valor corriente de las ventas desde el país  $i$  al país  $j$
- $A$  = término constante
- $Y$  = ingreso
- $L$  = población
- $D_{ij}$  = distancia entre los países  $i$  y  $j$
- $U_{ij}$  = el término de error

# Datos

- 34 cross-section anuales
- Período 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 cerca del 90% del comercio internacional del sector de manufacturas de Argentina.

# Datos

- Los datos sobre los flujos de comercio fueron obtenidos de la Base de Datos de Comercio Exterior (BADECEL) de la CEPAL.
- Ingreso y población fueron obtenidos de International Financial Statistics Online. Fueron utilizadas las bases de datos de Angus Maddison (del libro “The World Economy”) y del SESRTCIC para los países árabes.
- Los datos correspondientes a las distancias se obtuvieron de la base de datos de comercio internacional disponible en el sitio web de Jon Haveman.



# Resultados de las Estimaciones

$$M_{ij}^{\lambda_0} = \beta_0 + \beta_1 y_i^{\lambda_1} + \beta_2 y_j^{\lambda_2} + \beta_3 L_i^{\lambda_3} + \beta_4 L_j^{\lambda_4} + \\ + \beta_5 D_{ij}^{\lambda_5} + \beta_6 \text{Merco} + \beta_7 \text{Lenguaje} + \mu_{ij}$$

- **M, L, D** = fueron definidas previamente
- **Y** = ingreso per capita (i es para el país exportador y 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.
- $\lambda_i$  = es el parámetro de la transformación Box-Cox asociado a la correspondiente Variable

**Tabla 3. Estimaciones máximo verosímiles de los Parámetros Box-Cox (lambdas)**

Año	$\lambda_0$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	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*

**Tabla 3. Estimaciones máximo verosímiles de los Parámetros Box-Cox (lambdas)**

Año	$\lambda_0$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	TRV
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*

Tabla 4 – Estimación por MCO de los parámetros de posición ( $\beta_i$ )

Año	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$		$\beta_6$	$\beta_7$	
(D.S)	(C)	(pbipc <sub>i</sub> )	pbipc <sub>j</sub> )	(población <sub>i</sub> )	(población <sub>j</sub> )	$\beta_5$ (distancia)	(Merco)	(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* -1.497	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

Tabla 4 – Estimación por MCO de los parámetros de posición ( $\beta_i$ )

Año	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$		$\beta_6$	$\beta_7$	
(D.S)	(C)	(pbipc <sub>i</sub> )	(pbipc <sub>j</sub> )	(población <sub>i</sub> )	(población <sub>j</sub> )	$\beta_5$ (distancia)	(Merco)	(lenguaje)	R2
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
1987	-263.4316* -23.8749	41.7482* -3.3907	12.2118* -1.9417	0.5047* -0.0648	0.2387* -0.0296	-0.2484* -0.0567	2.5993 -5.3425	5.9426 -3.219	0.71
1988	-192.2790* -23.108	27.3348* -2.7847	0.2966* -0.0603	2.1336* -0.3399	0.2030* -0.029	-0.1396* -0.0391	4.9514 -6.4439	6.9741 -3.9496	0.64
1989	-317.4777* -36.4435	72.3904* -8.3483	1.0364* -0.1602	4.1747* -0.6537	0.0443* -0.0065	-0.1818* -0.0564	4.7258 -6.3168	6.9288 -3.8147	0.62
1990	-495.5508* -49.0292	38.3480* -3.8899	0.0302* -0.0057	36.9838* -4.5043	3.6913* -0.5912	-1.2907* -0.4793	7.9811 -5.9013	7.0759 -3.4024	0.66
1991	-355.1760* -32.6715	66.2441* -5.7093	0.2173* -0.0495	0.1144* -0.0141	9.1425* -1.3648	-0.3809* -0.1215	6.1524 -5.7849	8.7014 -3.4248	0.68
1992	-397.6552* -49.7237	10.7683* -0.9971	30.9049* -7.105	0.3763* -0.0444	26.6374* -4.1296	-0.3837* -0.122	7.5768 -5.4808	6.3617 -3.2383	0.67

Tabla 4 – Estimación por MCO de los parámetros de posición ( $\beta_i$ )

Año	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$\beta_6$	$\beta_7$	
(D.S)	(C)	(pbipc <sub>j</sub> )	(pbipc <sub>j</sub> )	(población <sub>j</sub> )	(población <sub>j</sub> )	(distancia)	(Merco)	(lenguaje)	R2
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*	5.824	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	

# Resultados

- 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.
- Respecto a la significación estadística de los coeficientes, a un nivel de 0.05, se verifica que  $Y_i^{\lambda 1}$ ,  $Y_j^{\lambda 2}$ ,  $L_i^{\lambda 3}$  y  $L_j^{\lambda 4}$  son significativas para todos los años del período. La variable  $D_{ij}$  es significativa para todos los años del período excepto para 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

# Dinámica del Modelo



# 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.

# Conclusiones

- Respecto al destino de las exportaciones, se destaca la caída de la importancia relativa de la UE, Estados Unidos y Canadá. Y el aumento en la participación de Brasil, Chile, Países Árabes y Resto del Mundo.
- En las importaciones, se verifica una disminución de la importancia relativa de la UE, Estados Unidos y Canadá; y el aumento en la participación del Mercosur y Brasil.

# Conclusiones

- El modelo gravitatorio aplicado explica correctamente los flujos bilaterales de comercio de productos manufacturados de Argentina durante todo el período 1970-2003.
- El ingreso per-cápita, la población y la distancia son, en promedio, las variables que mejor explican.
- El idioma, en cambio, tiene escasa significación.

# Conclusiones

- El Mercosur ha impactado especialmente a partir del año 1993.
- Esto hace que deba considerarse a este año como el primero del periodo post-integración y no a 1991, año en el cual se firmó el Tratado de Asunción que da comienzo al Mercosur.

# Conclusiones

- 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.

- 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

- 51 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 espeular 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
- 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 eléctricos 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 Cochecitos 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.



# La Ecuación Gravitatoria en la Forma Espacio- Estado (SSF)

$$Y_t = Z_t \alpha_t + d_t + \varepsilon_t$$

$$t = 1, \dots, T$$

$Y_t$  = es un vector de  $n$  elementos

$\alpha_t$  = es un vector de  $m$  elementos

$Z_t$  = es una matriz  $n \times m$

$d_t$  = es un vector de  $n$  elementos

$\varepsilon_t$  = es un vector  $n \times 1$  de perturbaciones  
serialmente no correlacionadas con media cero y  
matriz de covarianzas  $H$

- En general los elementos de  $\alpha_t$  son no observables. Sin embargo se conoce que son generados por un proceso de Markov de primer orden con la siguiente estructura:

$$\alpha_t = T_t \alpha_{t-1} + c_t + R_t \eta_t$$

$t = 1, \dots, T$

$\alpha_t$  y  $\alpha_{t-1}$  = son vectores  $m \times 1$

$T_t$  = es una matriz  $m \times m$

$c_t$  = es un vector  $n \times 1$

$R_t$  = es una matriz  $m \times j$

$\eta_t$  = es un vector  $j \times 1$  de perturbaciones serialmente no correlacionadas con media cero y matriz de covarianzas  $Q$

El modelo en términos matriciales sería

$$M_t = X_t \beta_t + \mu_t \quad t = 1, K, T$$

$$\beta_t = C \beta_{t-1} + v_t$$

$M_t$  = vector  $N \times 1$  de flujos de comercio durante el período  $t$

$X_t$  = matriz  $N \times k$  de variables exógenas de la ecuación gravitatoria

$\beta_t$  = el llamado vector de estado  $k \times 1$  que define la estructura durante el período  $t$

$\mu_t, v_t$  = vectores de errores aleatorios, con distribución  $N(0, H_t)$  y  $N(0, Q)$  respectivamente

- El modelo que genera independientemente cada  $\beta_t$  está dado por:

$$\beta_{i_t} = c_i \beta_{i_{t-1}} + v_{i_t} \quad i = 1, 2, \dots, K, k \quad t = 1, 2, \dots, T$$

Que es lo mismo que decir que C es diagonal en la última ecuación.

- El vector de errores  $v_t$  tiene una distribución normal con un vector de medias cero y matriz de varianza-covarianza Q, siendo Q una matriz diagonal  $k \times k$ . Además, el vector de estado inicial  $\beta_0$  se supone está no correlacionado con los errores aleatorios  $\mu_t$  y  $v_t$ , también no correlacionados entre sí.

# El Filtro de Kalman para el modelo

- Ecuaciones de Predicción:

$$b_{t/t-1} = Cb_{t-1}$$

$$P_{t/t-1} = CP_{t-1}C'$$

- Ecuaciones de Actualización:

$$b_{t/t} = b_{t/t-1} + P_{t/t-1}X_t'F_t^{-1}(M_t - X_t b_{t/t-1})$$

$$P_{t/t} = P_{t/t-1} - P_{t/t-1}X_t'F_t^{-1}X_tP_{t/t-1}$$

donde  $F_t = X_tP_{t/t-1}X_t' + H_t$

- Ecuaciones de suavizado:

$$b_{t/T} = b_t + P_tC'P_{t+1/t}^{-1}(b_{t+1/T} - b_{t+1/t})$$

$$P_{t/T} = P_t - P_tC'P_{t+1/t}^{-1}(P_{t+1/T} - P_{t+1/t})P_{t+1/t}^{-1}'CP_t'$$

# El Filtro de Kalman para el modelo

- Este algoritmo utiliza solamente la información disponible en el período de pre-integración, definiendo un *antimundo* diferente para cada año del período post-integración.