

## INFRAESTRUCTURAS, COSTOS DE TRANSPORTE Y FLUJOS DE COMERCIO\*

---

PEDRO COCA CASTAÑO\*\*

Universidad Politécnica de Valencia

LAURA MARQUEZ RAMOS\*\*

Universitat Jaume I

INMACULADA MARTINEZ ZARZOSO\*\*

Universitat Jaume I

### Abstract

*This paper aims to investigate the effects of logistic performance on international trade flows. In order to analyse empirically the impact of logistics on trade, two kinds of logistic indicators are considered: hardware and software indicators. A gravity model augmented with hardware and software variables is estimated. Moreover, geographical and social variables are also included as determinants of trade flows. Hardware indicators represent overland and maritime infrastructure endowments, and also how well countries are connected in the world economy, and software indicators reflect the logistics management performance in different countries. The results of this research indicate that investing in logistics leads to improve and maintain the level of competitiveness.*

**Keywords:** *International Trade, Hardware Infrastructure, Software Infrastructure, Gravity Equation.*

**JEL Classification:** *F10.*

\* Los autores expresan su más sincero agradecimiento a los árbitros de la *Revista de Análisis Económico* por los comentarios y sugerencias realizados a este artículo.

\*\* Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. E-mail: pcoca@tra.upv.es  
Departamento de Economía, Universidad Jaume I, Castellón, España. E-mail: lmarquez@eco.uji.es  
Departamento de Economía, Universidad Jaume I, Castellón, España. E-mail: martinei@uji.es

## I. Introducción

La competitividad es un fenómeno estudiado por numerosos autores desde diferentes perspectivas en las últimas décadas. Algunos trabajos empíricos apuntan hacia los intercambios comerciales, exportaciones e importaciones nacionales, como una buena medida de competitividad, y tratan de determinar cuáles son las variables de las que dependen dichos flujos por medio de análisis de regresión que muestran la significatividad de las variables que se incluyen en los modelos. Otros autores utilizan los costos de transporte como variable dependiente en vez de utilizar los flujos de comercio (Limao y Venables, 2001; Martínez-Zarzoso *et al.*, 2003). Estos modelos demuestran que cuando se incluye una variable que representa la dotación de infraestructuras, ésta es significativa, indicando que mejores infraestructuras reducen los costos de transporte y mejoran indirectamente la competitividad nacional. También se ha demostrado que una razón que explica el crecimiento lento e incluso desacelerador de algunos países menos competitivos puede ser su deficiente infraestructura y redes de transporte. En este contexto y ante los nuevos cambios del entorno globalizador, existe la necesidad de delimitar la competitividad logística como un concepto capaz de influir de manera decisiva sobre la competitividad nacional.

Por otra parte, existe una amplia literatura empírica sobre el impacto de la infraestructura sobre el crecimiento y la desigualdad económica. Por ejemplo, Calderón y Servén (2004) apuntan que una adecuada dotación de infraestructuras es esencial para mejorar la productividad y el crecimiento económico, además de disminuir las desigualdades de renta entre países. El efecto de la infraestructura sobre el desarrollo económico se produce tanto a través de una perspectiva macroeconómica como microeconómica. La primera, permitiendo el acceso a nuevas oportunidades de producción, disminuyendo los costos productivos, de transacción, de información y de transporte, así como creando empleo. El efecto microeconómico se deriva de una mayor accesibilidad y conectividad entre las empresas y los mercados de destino. Por tanto, la infraestructura afecta tanto de manera directa como indirecta al desarrollo económico, ya que es, a su vez, un importante determinante del comercio internacional.

El principal objetivo de este trabajo es analizar la importancia de la eficiencia logística para incrementar el comercio y el desarrollo económico. Por este motivo, se utilizan indicadores que representan la dotación de infraestructuras terrestres y portuarias, entendidas éstas como *hardware* logístico, ya que determinan que un país tenga mejores accesos y conexiones con el resto del mundo.

Por otra parte, consideraremos indicadores *software*, es decir, aquellos factores que influyen sobre una gestión logística adecuada. Se considerará la capacidad de innovación y de difusión, el capital humano y el grado de libertad económica existente en cada país. Todos estos elementos mejoran la eficiencia de las dotaciones *hardware*, por lo que es importante tenerlos en cuenta en el análisis.

El análisis incluye una muestra de 65 países y los resultados apoyan la hipótesis que la competitividad logística influye de manera directa sobre la competitividad nacional.

En la sección II se presenta la descripción de las variables utilizadas en el análisis. En la sección III se desarrolla el análisis empírico realizado y los resultados. Finalmente, en la sección IV se concluye.

## II. Descripción de las Variables

Las variables que componen el *hardware* logístico son la dotación de infraestructura terrestre, portuaria y tecnológica. La primera variable se calcula mediante los kilómetros de carreteras pavimentadas y de autopistas por kilómetro cuadrado, pero dándole una mayor importancia a los segundos, porque una amplia red de autopistas permite un acceso más rápido a las distintas zonas o regiones del país. Calculamos el índice a partir de la ecuación (1).

$$\text{Infraestructura terrestre} = \frac{((0.75 \cdot \text{carreteras pavimentadas (km)}) + \text{autopistas (km)})}{\text{Area terrestre (km}^2\text{)}} \quad (1)$$

La variable de infraestructura portuaria que utilizamos es el índice de eficiencia portuaria obtenido del trabajo realizado por Clark *et al.* (2001), que utilizan el valor de varios años para analizar su efecto sobre los costos de transporte marítimo. Demuestran que las variaciones de la eficiencia portuaria en los diferentes países dependen de su grado de regulación, de la existencia del crimen organizado y de las condiciones generales de la infraestructura del país. Este indicador lo calcula el World Economic Forum, obteniéndolo de encuestas realizadas a empresas representativas de cada país con el fin de conocer si las facilidades portuarias y las vías de navegación internas existentes son suficientes para el intercambio y el suministro, y eficientes en su funcionamiento. Este indicador es subjetivo y varía entre 1 (las empresas están totalmente en desacuerdo con que las facilidades portuarias y las vías de navegación internas del país son suficientes y eficientes) y 7 (las empresas están totalmente de acuerdo con que las facilidades portuarias y las vías de navegación internas del país son suficientes y eficientes).

Por último, se considera una variable tecnológica representativa del avance del sector de telecomunicaciones en los países: el número de servidores de Internet por cada 1000 habitantes. De esta manera se consideran como *hardware* logístico las conexiones del país con el resto del mundo.

El *software* logístico se compone de la variable de tecnología y capital humano, medidos con el índice de adelanto tecnológico (TAI), y de un indicador de libertad económica. El TAI es un indicador introducido por Naciones Unidas en su *Human Development Report* de 2001. Representa el logro de los países en participar, crear, usar y difundir tecnología, teniendo en cuenta las capacidades humanas como un elemento clave para la consecución del conocimiento que permita y facilite el adelanto tecnológico. Es difícil cuantificar en un único índice algunos de estos aspectos debido a su complejidad. Para solucionar este inconveniente, el TAI se construye usando indicadores del éxito alcanzado por los países en cuatro

dimensiones, de esta manera se clasifica a una amplia muestra de países en cuatro grupos: líderes, líderes potenciales, seguidores dinámicos y marginados. Cada una de las dimensiones que componen el TAI incluye dos variables. A continuación se exponen las variables utilizadas en su construcción:

- **Dimensión 1: Creación de tecnología.** Medida por el número de patentes otorgadas a los residentes per cápita, y los ingresos recibidos del exterior per cápita por concepto de derechos de patente y honorarios de licencias.
- **Dimensión 2: Difusión de innovaciones recientes.** Medida por el número de sitios de Internet per cápita y la proporción de exportaciones de alta tecnología y tecnología media en comparación con el total de las exportaciones de bienes.
- **Dimensión 3: Difusión de innovaciones no recientes (anteriores).** Medida por el número de teléfonos (fijos y móviles) per cápita y el consumo de electricidad per cápita.
- **Dimensión 4: Habilidades humanas.** Medidas por el promedio de años de escolaridad de la población y la tasa bruta de matriculación en asignaturas científicas a nivel terciario.

Los valores de cada índice se obtienen teniendo en cuenta el valor máximo y mínimo logrado por los países en cualquiera de estas variables. Cada índice toma un valor entre 0 y 1 calculado de acuerdo a la ecuación (2). El valor del TAI es la media aritmética de estas cuatro dimensiones<sup>1</sup>:

$$I1 = \frac{(\text{valor real} - \text{min valor observado})}{(\text{max valor observado} - \text{min valor observado})} \quad (2)$$

Por otra parte, The Heritage Foundation calcula un índice para medir el grado de libertad económica nacional, porque se afirma que cuanto mayor sea la libertad económica existente en un país, mayor será el crecimiento económico experimentado. Para poder crecer los países necesitan políticas que atraigan a los inversores e incentiven a los empresarios.

El índice se evalúa y se califica analizando 50 variables independientes de cada país, las cuales se clasifican en 10 categorías (política comercial, carga impositiva del Gobierno, intervención del Gobierno en la economía, política monetaria, flujos de capital e inversión extranjera, actividad bancaria y financiera, salarios y precios, derechos de propiedad, regulaciones, mercado informal). En el año 2004 califican numéricamente 155 países, de los cuales 16 se clasifican como “libres”, 55 como “mayormente libres”, 72 como “mayormente controlados” y 12 como “reprimidos”. Utilizamos el valor del índice para 1999.

La Tabla 1 muestra la descripción de las variables utilizadas en el análisis empírico, así como la fuente de los datos.

**TABLA 1**  
DESCRIPCION DE LAS VARIABLES Y FUENTES DE LOS DATOS

Variable	Descripción	Fuente
$X_{ij}$ : Exportaciones desde i hasta j	Valor nominal de las exportaciones bilaterales entre el país exportador y el país importador	Statistics Canada (2001)
$Y_i, Y_j$ : Nivel de ingresos del país i, j	PIB del exportador y del importador (\$ internacionales corrientes)	Banco Mundial (2001)
$P_i, P_j$ : Población en el país i, j	Población total en el país exportador e importador	Banco Mundial (2001)
$Adj_{ij}$ : <i>Dummy</i> adyacencia	Variable <i>dummy</i> = toma el valor 1 si los países que comercian comparten frontera y 0 en caso contrario	CIA (2003)
$Isl_i$ : <i>Dummy</i> exportador es isla	Variable <i>dummy</i> = toma el valor 1 si el país exportador es una isla y 0 en caso contrario	CIA (2003)
$Isl_j$ : <i>Dummy</i> importador es isla	Variable <i>dummy</i> = toma el valor 1 si el país importador es una isla y 0 en caso contrario	CIA (2003)
$Land$ : <i>Dummy</i> landlocked	Variable <i>dummy</i> = toma el valor 1 si alguno de los países no tiene salida al mar y 0 en caso contrario	CIA (2003)
$Dist_{ij}$ : Distancia	"Great circle distances between country capitals of trading partners" (km)	Great circle distances between cities (2003)
$Rem_i$ : <i>Remoteness</i>	Esta medida representa lo alejado que se encuentra el país exportador de sus socios comerciales cuando éstos se ponderan por sus ingresos	Cálculos de los autores
$Lang_{ij}$ : <i>Dummy</i> lenguaje	Variable <i>dummy</i> = toma el valor 1 si los países que comercian comparten una misma lengua oficial y 0 en caso contrario	CIA (2003)
$Inf_i, Inf_j$ : Infraestructura terrestre en el país i, j	Variable de infraestructura terrestre	CIA (2003), cálculos de los autores
$Port_i, Port_j$ : Infraestructura portuaria en el país i, j	Variable de infraestructura portuaria	Clark <i>et al.</i> (2001)
$TAI_i, TAI_j$ : valor del TAI en el país i, j	Variable tecnológica	UNDP (2001), cálculos de los autores
$TAI2_i, TAI2_j$ : valor del TAI en el país i, j	Variable tecnológica, construida a partir del método de componentes principales	UNDP (2001), cálculos de los autores
$InternetHosts_i, InternetHosts_j$	Variable de infraestructura tecnológica	UNDP (2001)
$Free_i, Free_j$ : Grado de libertad económica en el país i, j	Variable de libertad económica	Miles <i>et al.</i> (2004)

*Nota:* UNDP denota "United Nations Development Programme" y CIA denota "Central Intelligence Agency".

### III. Análisis Empírico

Para evaluar el efecto de las diferencias en el grado de competitividad logística sobre la competitividad nacional, utilizamos un modelo de gravedad de comercio aumentado con las variables representativas del *hardware* y *software* logístico, aplicamos una transformación logarítmica y añadimos varias variables ficticias. Las ecuaciones de gravedad se utilizan para intentar explicar la estructura y el patrón de los flujos de comercio internacional y esto es útil para analizar los determinantes de los flujos bilaterales de comercio, como han demostrado diversos autores (Deardorff, 1995; Bergstrand, 1985, 1989; Anderson y van Wincoop, 2003).

La ecuación estimada es:

$$\begin{aligned} \ln X_{ij} = & \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \ln Y_i + \alpha_2 \cdot \ln Y_j + \alpha_3 \cdot \ln P_i + \alpha_4 \cdot \ln P_j + \alpha_5 \cdot Adj_{ij} + \alpha_6 \cdot Isl_i + \\ & \alpha_7 \cdot Isl_j + \alpha_8 \cdot Land + \alpha_9 \cdot CAN + \alpha_{10} \cdot MERC + \alpha_{11} \cdot NAFTA + \alpha_{12} \cdot UE + \\ & + \alpha_{13} \cdot \ln Dist_{ij} + \alpha_{14} \cdot \ln Rem_i + \alpha_{15} \cdot Lang_{ij} + \alpha_{16} \cdot Inf_i + \alpha_{17} \cdot Inf_j + \\ & + \alpha_{18} \cdot \ln Port_i + \alpha_{19} \cdot \ln Port_j + \alpha_{20} \cdot \ln InternetHosts_i + \alpha_{21} \cdot \ln InternetHosts_j + \\ & + \alpha_{22} \cdot TAI_i + \alpha_{23} \cdot TAI_j + \alpha_{24} \cdot \ln Free_i + \alpha_{25} \cdot \ln Free_j + u_{ij} \end{aligned} \quad (3)$$

donde  $\ln$  denota logaritmos naturales.  $X_{ij}$  denota el valor nominal de las exportaciones desde el país  $i$  hasta  $j$ ;  $Y_i$  y  $P_i$  son los ingresos y la población en el mercado exportador,  $Y_j$  y  $P_j$  son los ingresos y la población en el mercado de destino;  $Adj_{ij}$  es una *dummy* que toma el valor 1 cuando los países comparten frontera y 0 en caso contrario;  $Isl_i$  y  $Isl_j$  toman el valor 1 cuando el país exportador o importador son una isla;  $Land$  es una *dummy* para países que no tienen salida al mar (alguno de los dos países es *landlocked*).  $CAN$  es una *dummy* para los miembros de la Comunidad Andina de Naciones;  $MERC$  es una *dummy* para los países miembros de Mercosur;  $NAFTA$  toma el valor 1 cuando los países son miembros del acuerdo, y  $UE$  toma el valor 1 cuando los países son miembros de la Unión Europea. Introducimos variables de integración comercial para tener en cuenta el impacto de los acuerdos comerciales sobre el patrón de comercio internacional y sobre la competitividad nacional, además de ser una manera de tratar la heterogeneidad de la muestra.  $Dist_{ij}$  es la distancia en kilómetros entre las capitales del país  $i$  y  $j$ .  $Rem_i$  representa la distancia promedio de una economía de sus socios comerciales y refleja lo alejado que se encuentra el país exportador de sus socios comerciales ponderado por su participación en la renta mundial. En este trabajo se calcula mediante la ecuación (4):

$$Rem_i = \sum_j \left( \frac{Y_j}{Y^w} \right) Dist_{ij} \quad (4)$$



TABLA 2

DETERMINANTES DEL COMERCIO INTERNACIONAL. MODELO BASE Y  
CONTRIBUCION DE VARIABLES ESPECIFICAS

Variable	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
Constante	-41.83*** (-33.77)	-38.42*** (-24.25)	-28.95*** (-20.63)	-38.27*** (-24.13)	-28.05*** (-19.95)
Ingresos del exportador	1.42*** (62.29)	0.8*** (10.67)	0.67*** (13.98)	0.81*** (10.65)	0.67*** (14.08)
Ingresos del importador	0.98*** (52.12)	0.74*** (9.35)	0.64*** (13.02)	0.75*** (9.19)	0.64*** (13.09)
Población del exportador	-0.33*** (-13.07)	0.19** (2.23)	0.37*** (7.83)	0.18** (2.2)	0.37*** (7.99)
Población del importador	-0.16*** (-6.21)	0.11 (1.35)	0.18*** (3.73)	0.11 (1.26)	0.18*** (3.73)
<i>Dummy</i> adyacencia	0.43*** (3.19)	0.51*** (3.2)	0.33** (2.49)	0.31* (1.95)	0.18 (1.37)
<i>Dummy</i> exportador es isla	-0.43*** (-5.41)	-0.51*** (-5.19)	-0.56*** (-7.19)	-0.52*** (-5.19)	-0.55*** (-7.19)
<i>Dummy</i> importador es isla	0.02 (0.25)	-0.26** (-2.51)	-0.09 (-1.23)	-0.27*** (-2.64)	-0.09 (-1.31)
<i>Dummy</i> landlocked	-0.49*** (-6.86)	-0.29** (-2.19)	-0.82*** (-11.56)	-0.34** (-2.53)	-0.86*** (-12.09)
<i>Dummy</i> CAN	-	-	-	1.58*** (5.76)	1.31*** (5.79)
<i>Dummy</i> MERCOSUR	-	-	-	1.05*** (6.22)	0.83* (1.81)
<i>Dummy</i> NAFTA	-	-	-	0.48 (0.98)	-0.17 (-0.26)
<i>Dummy</i> UE	-	-	-	-0.26** (-2.39)	-0.47*** (-5.79)
Distancia	-1.22*** (-36.95)	-1.03*** (-25.99)	-1.31*** (-39.72)	-1.06*** (-23.32)	-1.35*** (-37.99)
<i>Remoteness</i>	1.17*** (9.39)	1.3*** (9.34)	1.18*** (9.66)	1.27*** (9.11)	1.12*** (9.17)

Tabla 2 (Cont.)

Variable	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
<i>Dummy</i> lenguaje	0.71*** (9.14)	1.06*** (10.56)	0.58*** (7.37)	0.93*** (9.15)	0.52*** (6.53)
Infraestructuras terrestres en el país exportador	–	0.51*** (11.86)	–	0.52*** (12.22)	–
Infraestructuras terrestres en el país importador	–	0.37*** (6.83)	–	0.38*** (7.15)	–
Eficiencia portuaria en el país importador	–	0.52*** (2.94)	–	0.57*** (3.31)	–
Eficiencia portuaria en el país exportador	–	0.48*** (2.81)	–	0.53*** (3.14)	–
Servidores de internet en el país exportador	–	0.19*** (4.24)	–	0.21*** (4.36)	–
Servidores de internet en el país importador	–	0.04 (1.09)	–	0.05 (1.23)	–
TAI del país exportador	–	–	4.05*** (11.87)	–	4.07*** (12.01)
TAI del país importador	–	–	0.75* (1.92)	–	0.83** (2.11)
Libertad económica en el país exportador	–	–	–2.15*** (–9.58)	–	–2.24*** (–10.01)
Libertad económica en el país importador	–	–	–1.92*** (–9.49)	–	–1.98*** (–9.81)
Coefficiente de determinación	0.786	0.829	0.81	0.834	0.812
Coefficiente de determinación ajustado	0.785	0.828	0.809	0.831	0.811
Error estándar de la regresión	1.518	1.192	1.431	1.179	1.424
AIC	3.676	3.201	3.558	3.183	3.551
Número de observaciones	3433	1536	3347	1536	3347

*Nota:* \*\*\*, \*\*, \*, indican significatividad del 1%, 5% y 10%, respectivamente. Los valores del estadístico T aparecen entre paréntesis. La variable dependiente es el valor de las exportaciones en logaritmos naturales (US\$ corrientes). Las variables de ingresos, población, distancia, *remoteness*, servidores de internet y los indicadores de eficiencia portuaria y de libertad económica también aparecen en logaritmos naturales. La estimación se calcula teniendo en cuenta el test de White. La estimación es para 1999.

En la Tabla 2, el modelo 1 presenta los resultados de la estimación para el caso base. En este modelo se consideran los efectos de la renta, la población, la distancia y otras variables geográficas (ser isla, compartir frontera, *remoteness*, no tener salida al mar) y culturales (compartir un mismo idioma oficial). Los coeficientes de la renta son positivos para el exportador y el importador, como se esperaba, ya que esta variable tiene en cuenta el hecho de que aquellas economías con mayores ingresos están más interesadas en la diferenciación y especialización de los productos y servicios, por tanto, comercian más.

Los coeficientes de la población son negativos y significativos, aunque hay que tener en cuenta que hemos incluido países con diferente nivel de desarrollo económico y no podemos observar el efecto demográfico, porque depende de la especialización de los países. Los países más desarrollados pueden considerarse como exportadores de productos manufacturados y los países en vías de desarrollo, como exportadores de productos no manufacturados. La elasticidad de las variables demográficas debería tener un signo y una elasticidad diferente, dependiendo del tipo de país que sea (Filippini y Molini, 2003).

El coeficiente de la distancia geográfica es negativo, porque una menor distancia implica menores costos de transporte y una mayor cantidad de bienes comerciados. Las variables geográficas: adyacencia, no tener salida al mar y ser una isla, y la variable sociocultural, compartir un mismo idioma oficial, son significativas y tienen el signo esperado, a excepción de la *dummy* “importador es una isla”<sup>2</sup>. Finalmente, la variable *remoteness*, indicativa de la intensidad de comercio entre dos países cuando están muy alejados de mercados alternativos, es positiva y significativa, demostrándose que cuando un país es “remoto” comercia más con los países que tiene más cerca. Los valores de esta variable se han obtenido de acuerdo con Wei (1996) (ver ecuación (4)). En el apéndice aparecen los valores obtenidos para cada país en esta variable (Tabla 5). Las variables introducidas en este modelo explican el 78.5% de las variaciones en los flujos de comercio.

En el modelo 2, se incluyen las variables *hardware*, dotación de infraestructuras terrestres, eficiencia portuaria y servidores de internet. Vemos que los resultados de la estimación cambian con respecto a los obtenidos en el modelo anterior, principalmente en los coeficientes de la distancia geográfica (al considerar las dotaciones de *hardware* logístico es menor) y de la *dummy* lenguaje (al considerar las dotaciones de *hardware* logístico es mayor) y la variable población es positiva, además no es significativa para el país importador. El coeficiente de la variable *remoteness* es también positiva y significativa. Las variables introducidas en este modelo explican el 82.8% de las variaciones en los flujos de comercio.

Las variables consideradas como componentes del *hardware* logístico son significativas y positivas, mayor dotación de infraestructuras terrestres, mayor eficiencia portuaria y mayor avance en el sector de telecomunicaciones, fomentan el comercio internacional.

Aunque los indicadores de transporte lo hacen en mayor medida, según nuestros resultados, al ser mayores sus coeficientes.

En el modelo 3, se incluyen las variables de *software* logístico. La variable TAI es positiva y significativa, por lo que una mayor dotación de *software* logístico

fomenta el comercio internacional. El coeficiente de libertad económica es negativo, por lo que un mayor valor de este indicador disminuye el comercio internacional (mayores valores de este indicador reflejaban menor libertad económica en los países). Observamos ciertas diferencias en la estimación con respecto al caso base. La magnitud de la renta es menor, las variables de población tienen signo positivo y compartir un mismo idioma parece tener un menor efecto sobre el comercio, quizás debido a que mayor adelanto tecnológico y capital humano facilitan una mayor transmisión de información y permiten que las empresas no dependan tanto del idioma que se hable en sus países socios. El coeficiente de la variable *remote-ness* sigue siendo positivo y significativo. Las variables introducidas en este modelo explican el 80.9% de las variaciones en los flujos de comercio.

En los modelos 4 y 5, se incluyen las variables de integración. Estas *dummies* corrigen el problema de heterogeneidad de la muestra, ya que, como señalan Fontagné *et al.* (2002), incluir países desarrollados y países en desarrollo en una misma regresión podría provocar el sesgo en los estimadores. Sin embargo, el hecho de incluirlas no cambia significativamente los resultados obtenidos en el modelo anterior, aunque sí aumenta el coeficiente de determinación, demostrando la robustez del *hardware* y *software* logístico en la regresión. Los resultados también señalan que el comercio es mayor cuando se produce entre los miembros de los acuerdos de la Comunidad Andina y MERCOSUR, y que los miembros de la Unión Europea comercian menos. Este último resultado se encuentra también en otros trabajos (p.e. Cyrus, 2002) aunque podría deberse a la existencia de flujos de comercio que son cero y no se consideran al estimar por MCO. Para tratar de corregir este problema, estimamos el modelo mediante Tobit (Tabla 3).

TABLA 3

DETERMINANTES DEL COMERCIO INTERNACIONAL. ESTIMACION TOBIT

Variable	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8
Constante	-46.12*** (-14.85)	-34.75*** (-11.24)	-32.92*** (-10.85)
Ingresos del exportador	0.81*** (5.26)	0.84*** (7.89)	0.83*** (7.75)
Ingresos del importador	1.01*** (6.61)	0.86*** (8.24)	0.74*** (9.27)
Población del exportador	0.31** (1.98)	0.68*** (6.59)	0.69*** (6.55)
Población del importador	-0.03 (-0.22)	0.33*** (3.29)	0.42*** (4.96)

Tabla 3 (Cont.)

Variable	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8
<i>Dummy</i> adyacencia	0.44 (1.32)	0.01 (0.02)	0.05 (0.17)
<i>Dummy</i> exportador es isla	-0.79*** (-4.03)	-0.51*** (-3.24)	-0.52*** (-3.29)
<i>Dummy</i> importador es isla	-0.53*** (-2.77)	-0.17 (-1.11)	-0.26* (-1.65)
<i>Dummy</i> landlocked	-4.37*** (-20.65)	-1.78*** (-13.01)	-1.82*** (-13.36)
<i>Dummy</i> CAN	2.62*** (4.46)	2.63*** (3.57)	2.7*** (3.67)
<i>Dummy</i> MERCOSUR	0.66 (0.39)	2.25** (2.35)	2.36** (2.47)
<i>Dummy</i> NAFTA	0.82 (0.83)	-0.94 (-0.71)	-1.01 (-0.76)
<i>Dummy</i> UE	0.44* (1.67)	-0.17 (-0.63)	-0.18 (-0.66)
Distancia	-0.72*** (-7.73)	-1.27*** (-16.48)	-1.24*** (16.16)
<i>Remoteness</i>	1.59*** (5.76)	1.05*** (3.88)	0.99*** (3.67)
<i>Dummy</i> lenguaje	1.53*** (7.72)	1.51*** (9.36)	1.55*** (9.67)
Infraestructuras terrestres en el país exportador	0.86*** (9.16)	-	-
Infraestructuras terrestres en el país importador	0.68*** (7.24)	-	-
Eficiencia portuaria en el país importador	-1.34*** (-4.01)	-	-
Eficiencia portuaria en el país exportador	-1.35*** (-4.08)	-	-
Servidores de internet en el país exportador	0.45*** (5.72)	-	-
Servidores de internet en el país importador	0.11 (1.31)	-	-

Tabla 3 (Cont.)

Variable	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8
TAI del país exportador	–	1.39* (1.67)	–
TAI del país importador	–	–3.39*** (–4.17)	–
TAI2 del país exportador	–	–	1.22* (1.67)
TAI2 del país importador	–	–	–2.21*** (–4.64)
Libertad económica en el país exportador	–	–7.43*** (–17.73)	–7.44*** (–17.78)
Libertad económica en el país importador	–	–6.48*** (–16.27)	–6.61*** (–16.45)
Log likelihood	–3644.89	–9342.03	–9340.07
AIC	4.473	4.644	4.643
Número de observaciones	1640	4032	4032

*Nota:* \*\*\*, \*\*, \*, indican significatividad del 1%, 5% y 10%, respectivamente. Los valores del estadístico *z* aparecen entre paréntesis. La variable dependiente es el valor de las exportaciones en logaritmos naturales (US\$ corrientes). Las variables de ingresos, población, distancia, *remoteness*, servidores de internet y los indicadores de eficiencia portuaria y de libertad económica también aparecen en logaritmos naturales. La estimación es para 1999.

Los modelos 6 (considera las dotaciones en *hardware* logístico), 7 y 8 (consideran las dotaciones en *software* logístico) se han estimado mediante Tobit para tener en cuenta en la estimación aquellas observaciones de la variable dependiente iguales a cero. En este caso vemos que el coeficiente y el signo de algunas variables cambia.

La característica de que un país no tenga salida al mar parece más importante, ya que la magnitud de esta variable pasa de ser inferior a la unidad a ser superior a 4 en el modelo 6 y cercana a 2 en los modelos 7 y 8. Sin embargo, el coeficiente de la distancia es menor, mientras que la variable de compartir frontera, aunque es positiva, no es significativa. Respecto a la variable idioma, tiene ahora un mayor coeficiente. También la magnitud de las variables consideradas como *hardware* y *software* logístico cambia.

Es mayor para el caso de las infraestructuras terrestres y de dotación en telecomunicaciones, aunque el efecto de la eficiencia portuaria es ahora negativo. Una posible explicación podría ser que la variable *landlocked* esté recogiendo parte de lo que se trata de explicar con las infraestructuras portuarias.

El TAI en el país exportador tiene un menor coeficiente, mientras que en el caso del país importador es negativo. Sin embargo, el índice de libertad económica tiene un mayor peso en la regresión.

La importancia de las variables geográficas y culturales cambia. Mientras que no tener salida al mar parece un factor determinante de las exportaciones (aumenta los costos de transporte), compartir frontera y la distancia geográfica con otros socios comerciales parece que tienen un menor efecto sobre los flujos de comercio, sobre todo cuando se consideran las infraestructuras *hardware*. Compartir un mismo idioma oficial es un importante determinante de comercio, ya que facilita la transmisión de información entre los países. Se observa que la *dummy* UE, cuando es negativa no es significativa, por lo que se puede afirmar que el coeficiente negativo que obteníamos para esta variable en la Tabla 2 puede deberse al método de estimación.

Algunas de las variables de infraestructura *hardware* y *software* tienen mayores coeficientes en las regresiones que se estiman con Tobit, mientras que otras cambian de signo. Por este motivo, en el modelo 8 incluimos la variable TAI2. Esta variable se calcula a partir del método de componentes principales, dado que las dimensiones que componen este indicador están muy correlacionadas entre ellas. Al aplicar este método vemos que el primer componente principal obtenido explica el 77% de la varianza total y está muy correlacionado con las cuatro dimensiones del índice. Concretamente, la correlación con la dimensión de creación de tecnología (CRE) es del 77.9%, con la de difusión de innovaciones recientes (RECENT) del 91.8%, con la de difusión de innovaciones no recientes (OLD) del 89.3% y con la dimensión de habilidades humanas (HUMAN) del 92.1%. Podemos comprobar en la ecuación (5) que las mayores ponderaciones las aportan los componentes de difusión de innovaciones recientes y de habilidades humanas:

$$TAI2_i = 0.252 \cdot CRE_i + 0.297 \cdot RECENT_i + 0.288 \cdot OLD_i + 0.298 \cdot HUMAN_i \quad (5)$$

En el modelo 8, comprobamos que el uso de este indicador no cambia significativamente los resultados obtenidos al estimar con el TAI.

Por último, en la Tabla 4 consideramos el desglose de las dimensiones del TAI en la regresión, con el objetivo de analizar el efecto de cada una de ellas sobre el comercio internacional. En el modelo 9 se estima por MCO y en el 10 se estima un modelo Tobit, de esta manera consideramos aquellas observaciones de la variable dependiente que son iguales a cero.

En el modelo 9 vemos que, para la muestra de países considerada, la difusión de innovaciones no recientes es la que tiene un mayor efecto positivo sobre el comercio internacional. También se espera un efecto positivo de la variable habilidades humanas; sin embargo, el coeficiente obtenido para esta variable es negativo. Quizás, esto sea debido a la existencia de multicolinealidad entre esta variable y la de difusión de innovaciones no recientes (correlación de 78%).

TABLA 4

DETERMINANTES DEL COMERCIO INTERNACIONAL. EFECTO DE LAS DIMENSIONES  
CONSIDERADAS EN EL TAI SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL

Variable	Modelo 9	Modelo 10
Constante	-26.58*** (-19.16)	-31.01*** (-9.71)
Ingresos del exportador	0.33*** (5.32)	0.13 (0.88)
Ingresos del importador	0.42*** (5.95)	0.79*** (5.35)
Población del exportador	0.7*** (11.31)	1.39*** (9.42)
Población del importador	0.41*** (5.85)	0.38*** (2.59)
<i>Dummy</i> adyacencia	0.17 (1.35)	0.04 (0.12)
<i>Dummy</i> exportador es isla	-0.62*** (-7.92)	-0.65*** (-4.03)
<i>Dummy</i> importador es isla	-0.14* (-1.87)	-0.38** (-2.41)
<i>Dummy</i> landlocked	-0.92*** (-12.68)	-1.8*** (-13.05)
<i>Dummy</i> CAN	1.28*** (5.86)	2.32*** (3.19)
<i>Dummy</i> MERCOSUR	0.81* (1.87)	2.01** (2.12)
<i>Dummy</i> NAFTA	-0.04 (-0.06)	-0.18 (-0.14)
<i>Dummy</i> UE	-0.39*** (-4.88)	-0.08 (-0.28)
Distancia	-1.34*** (-37.76)	-1.22*** (-15.99)
<i>Remoteness</i>	1.26*** (10.15)	1.05*** (3.72)

Tabla 4 (Cont.)

Variable	Modelo 9	Modelo 10
<i>Dummy</i> lenguaje	0.54*** (6.84)	1.56*** (9.77)
Creación de tecnología en el país exportador	1.07*** (5.49)	1.35** (2.48)
Creación de tecnología en el país importador	0.42* (1.73)	1.82*** (3.38)
Difusión de innovaciones recientes en el país exportador	1.57*** (5.86)	-0.55 (-1.03)
Difusión de innovaciones recientes en el país importador	0.11 (0.43)	-2.45*** (-4.85)
Difusión de innovaciones no recientes en el país exportador	3.7*** (9.37)	6.16*** (7.81)
Difusión de innovaciones no recientes en el país importador	2.05*** (5.26)	0.86 (1.11)
Habilidades humanas en el país exportador	-0.33 (-1.38)	-1.54*** (-2.82)
Habilidades humanas en el país importador	-0.44* (-1.72)	-2.27*** (-4.24)
Libertad económica en el país exportador	-2.64*** (-11.87)	-8.41*** (-19.39)
Libertad económica en el país importador	-2.27*** (-11.03)	-6.79*** (-16.24)
Coefficiente de determinación	0.816	-
Coefficiente de determinación ajustado	0.815	-
Error estándar de la regresión	1.409	-
Log likelihood	-	-9291.15
AIC	3.531	4.622
Número de observaciones	3347	4032

*Nota:* \*\*\*, \*\*, \*, indican significatividad del 1%, 5% y 10%, respectivamente. Los valores de los estadísticos T, z aparecen entre paréntesis. La variable dependiente es el valor de las exportaciones en logaritmos naturales (US\$ corrientes). Las variables de ingresos, población, distancia, *remoteness*, y los indicadores de libertad económica también aparecen en logaritmos naturales. La estimación se calcula teniendo en cuenta el test de White en el modelo 9. La estimación es para 1999.

Al considerar las observaciones de la variable dependiente iguales a 0, vemos que varios de los componentes pasan a tener signo negativo; por este motivo, también analizamos la variabilidad entre los valores máximos y mínimos de dichas dimensiones. La variabilidad de los índices es del 61.9% para el componente de creación de tecnología, del 79.35% para la difusión de innovaciones recientes, del 87.86% para la difusión de innovaciones no recientes y del 89.72% para la dimensión de habilidades humanas. Por tanto, aquellos países que no alcancen un nivel básico de logro tecnológico deberían invertir en mayor medida en la difusión de innovaciones no recientes (telefonía, fija y móvil, y consumo eléctrico) y en educación. Esta parece ser una buena alternativa para fomentar el comercio internacional.

Con el fin de evaluar la posible existencia de problemas de multicolinealidad que afectan a los resultados, hemos construido una matriz de correlación entre todas las variables explicativas del modelo y no hemos encontrado relaciones significativas entre ellas, a excepción de las regresiones 9 y 10, en las que sí que existirían relaciones de multicolinealidad sobre todo entre las dimensiones de difusión de innovaciones no recientes y habilidades humanas. A pesar de esto, las estimamos en la misma regresión, porque de no incluirlas tendríamos el problema de variables omitidas.

Si comparamos el criterio de Akaike (AIC), vemos que el menor valor se obtiene en el modelo 4, cuando se estima la regresión considerando la dotación de infraestructuras *hardware* y se estima por MCO ( $R^2 = 83.13\%$ ). Sin embargo, en todas las regresiones consideradas en este trabajo se demuestra que las variables geográficas pueden condicionar los patrones de comercio, aunque la inversión en *hardware* y *software* logístico puede disminuir las desventajas geográficas existentes en los países, afectando de manera positiva a la competitividad nacional y al desarrollo económico.

Finalmente, es importante señalar que la variable de libertad económica (*software* logístico) es muy general, por lo que sería conveniente incluir una variable de regulación más específica de la provisión de servicios de infraestructura o incluso estudiar si hay diferencias cuando es el sector público o privado quien provee el servicio de infraestructura para analizar cómo la estructura de propiedad afecta a la eficiencia con la que se provee el servicio.

#### IV. Conclusiones

En este trabajo hemos estimado una ecuación de gravedad aumentada con variables *hardware* y *software* de logística, con el objetivo de analizar el impacto de la competitividad logística sobre el comercio internacional y, por tanto, sobre la competitividad nacional. También se consideran otras variables, geográficas (distancia, adyacencia, ser una isla, no tener salida al mar y *remoteness*) y sociales (acuerdos preferenciales y de integración y compartir una misma lengua oficial).

Varios autores han demostrado que la geografía económica determina los patrones del comercio internacional. Otros autores han estudiado la importancia de las dotaciones de infraestructura nacional y de los costos de transporte sobre los flujos de comercio. Sin embargo, es necesario considerar el efecto que tiene el aumento de la transmisión de información y el cambio tecnológico, porque pueden transformar la influencia de los factores geográficos sobre el comercio y la producción.

En nuestro modelo, la distancia tiene un bajo poder explicativo sobre el comercio si lo comparamos con el de las variables representativas del desarrollo logístico nacional. Este tiene en el país importador un menor efecto sobre el comercio que el de los exportadores, porque un mayor grado de desarrollo logístico en el país exportador conduce a mayores exportaciones. De acuerdo con nuestros resultados, invertir en infraestructura y en tecnología ayuda a mejorar y a mantener el nivel de competitividad. Estas variables pueden ser consideradas como una barrera comercial para aquellos países con menor grado de desarrollo de *hardware* y *software* logístico; por tanto, una inversión logística planificada y centrada en aspectos estratégicos que se necesiten mejorar puede aumentar la participación de los países más pobres en una economía mundial globalizada.

## Notas

- <sup>1</sup> Además del método seguido por UNDP (2001) para calcular el valor del TAI, utilizamos el método de componentes principales, ya que las dimensiones de este índice están muy correlacionadas entre ellas (Sección III).
- <sup>2</sup> Existen algunos autores que encuentran que los efectos de que un país sea una isla son positivos y significativos para ambos, importador y exportador; mientras que otros demuestran que el signo depende de la dirección del comercio, siendo positiva cuando la variable dependiente son las importaciones y negativa cuando son las exportaciones las que se consideran como variable dependiente (ver Soloaga y Winters, 2001).

## Referencias

- ANDERSON, J. E. y E. VAN WINCOOP (2003). "Gravity With Gravitas: A Solution to the Border Puzzle". *American Economic Review*, 93 (1), pp. 170-192.
- BANCO MUNDIAL (2001). *World Development Indicators*, Washington.
- BERGSTRAND, J. H. (1985). "The Gravity Equation in International Trade: Some Microeconomic Foundations and Empirical Evidence". *The Review of Economics and Statistics*, 67 (3), pp. 474-481.
- BERGSTRAND, J. H. (1989). "The Generalized Gravity Equation, Monopolistic Competition, and the Factor-Proportions Theory in International Trade". *The Review of Economics and Statistics*, 71 (1), pp. 143-153.
- CALDERON, C. y L. SERVEN (2004). "The Effects of Infrastructure Development on Growth and Income Distribution". *The World Bank, Working Paper* 3400, September.
- CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY –CIA– (2003). *The World Factbook*. En: <http://www.odci.gov/cia/publications/factbook>.

Villa Kota Bunga [http://www.cead.ufop.br/images/EDITAIS\\_2013/30-10-kotabunga.pdf](http://www.cead.ufop.br/images/EDITAIS_2013/30-10-kotabunga.pdf)

- CLARK, X.; D. DOLLAR y A. MICCO (2001). "Maritime Transport Costs and Port Efficiency". *World Bank Working Paper* 2781.
- COULIBALY, S. y L. FONTAGNE (2004). "South-South Trade: Geography Matters". *Working Paper* 2004-08, Centre d'études prospectives et d'informations internationales. En: <http://www.cepii.fr>
- CYRUS, T. L. (2002). "Income in the Gravity Model of Bilateral Trade: Does Endogeneity Matter?": *The International Trade Journal*, 16 (2), pp. 161-180.
- DEARDORFF, A. V. (1995). "Determinants of Bilateral Trade: Does Gravity Work in a Neo-classical World". *NBER Working Paper* 5377.
- FILIPPINI, C. y V. MOLINI (2003). "The Determinants of East Asian Trade Flows: A Gravity Equation Approach". *Journal of Asian Economics*, 14 (5), pp. 695-711.
- FONTAGNE, L.; M. PAJOT y J-M. PASTEELS (2002). "Potentiels de Commerce entre Économies Hétérogènes: Un Petit Mode d'Emploi des Modèles de Gravité". *Economie et Prévision*, 152-153, pp. 115-139.
- GREAT CIRCLE DISTANCES BETWEEN CITIES (2003). En: <http://www.wcrl.ars.usda.gov/cec/java/lat-long.htm>. U.S. Department of Agriculture.
- LIMAO, N. y A. J. VENABLES (2001). "Infrastructure, Geographical Disadvantage, Transport Costs and Trade". *The World Bank Economic Review*, 15 (3), pp. 451-479.
- MARTINEZ-ZARZOSO, I.; L. GARCIA-MENENDEZ y C. SUAREZ-BURGUET (2003). "The Impact of Transport Costs on International Trade: The Case of Spanish Ceramic Exports". *Maritime Economic and Logistics*, 5 (2), pp. 179-198.
- MILES, M. A.; E. J. FEULNER JR., M. A. O'GRADY y A. I. EIRAS (2004). *Index of Economic Freedom*. The Heritage Foundation. En: <http://www.heritage.org/research/features/index/index.html>
- SOLOAGA, I. y L. A. WINTERS (2001). "Regionalism in the Nineties: What Effect on Trade?": *North American Journal of Economics and Finance*, 12 (1), pp. 1-29.
- STATISTICS CANADA (2001). *World Trade Analyzer*. The International Trade Division of Statistics of Canada. En: <http://www.statcan.ca>
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME –UNDP– (2001). *Human Development Report*, New York, Oxford University Press. En: <http://hdr.undp.org/reports/global/2001/en/>
- WEI, S-J. (1996). "Intra-National Versus International Trade: How Stubborn are Nations in Global Integration? *NBER Working Paper* 5531, April.

