



## RESUMEN AMPLIADO

### Impacto de las interacciones espaciales endógenas y exógenas en la distribución interior de los flujos marítimos

Ticiania Grecco Zanon Moura [tgzmoura@uesc.br](mailto:tgzmoura@uesc.br)  
Dpto. Economía aplicada, REGIOlab, Universidad de Oviedo  
Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil

Zhangliang Chen [zchen105@illinois.edu](mailto:zchen105@illinois.edu)  
Agricultural and Consumer Economics & Regional Economics Applications  
Laboratory, University of Illinois

Lorena García Alonso [lorena@uniovi.es](mailto:lorena@uniovi.es)  
Dpto. Economía aplicada, REGIOlab, Universidad de Oviedo

#### Área Temática:

6. *Globalization, foreign sector, foreign direct investment and interregional flows*

#### Resumen

La relación entre la economía regional y la dotación de infraestructuras ha sido analizada ampliamente en la literatura. En lo que respecta a los puertos, en tanto son responsables de la canalización de la mayor parte de los flujos comerciales internacionales, puede decirse que sirven a las regiones; pero también que las regiones sirven a los puertos en tanto su tráfico se genera en ellas. Teniendo esto en cuenta, la hipótesis de este documento es que los posibles efectos de interacción espacial, exógenos y endógenos, podrían influir en la distribución interportuaria de los flujos comerciales regionales. Es decir, los factores que explican los vínculos entre una región y un puerto específico también podrían estar influidos por la elección del puerto en las regiones vecinas (efecto de interacción endógena) y, simultáneamente, los cambios en las características de los vecinos de una región podrían influir en sus flujos (efecto de interacción exógena).

Para confirmar esta hipótesis, se estudiaron los flujos marítimos españoles desde la perspectiva regional y los Modelos de Interacción Econométrica Espacial (SEIM). Los resultados confirman que deben tenerse en cuenta dos aspectos a la hora de analizar la distribución interportuaria de estos flujos: las características de sus orígenes y destinos, y la presencia de dependencia espacial entre ellos.

**Palabras Clave:** *área de influencia; comercio exterior; distribución interior; elección portuaria; modelos econométricos de interacción espacial; tráfico marítimo*

**Clasificación JEL:** L92, R49.



## 1. Introduction

La relación entre la infraestructura y la economía regional ha sido discutida ampliamente en la literatura. La mayoría de los estudios consideran a la primera como un motor positivo del crecimiento regional, estableciendo un vínculo entre las mejoras de infraestructura y el aumento de la productividad, la reducción de los costes generalizados y el aumento del volumen de comercio (Alamá-Sabater et al., 2015, 2012; Albarran et al., 2013; Bensassi et al., 2015). Asimismo, hay trabajos empíricos que muestran que esta relación positiva no siempre tiene lugar (Arbués et al., 2015; Banerjee et al., 2012; Martin y Rogers, 1995). La principal razón de la heterogeneidad de los resultados está relacionada con las condiciones iniciales de la región analizada, en particular su grado de desarrollo y dotación de infraestructuras, así como el modo de transporte analizado (Olarreaga, 2016).

Este trabajo se centra en el caso de la infraestructura portuaria, en tanto es la que canaliza más del 80% del comercio mundial en términos de volumen y más del 70% en términos de valor (UNCTAD, 2017). Por lo tanto, los puertos desempeñan un papel muy importante para la economía de las regiones (efecto portuario). Pero también hay que subrayar que, al mismo tiempo, las regiones también juegan un papel importante para los puertos en tanto en ellas se genera el tráfico de los puertos (efecto regional).

En cuanto al efecto portuario, (Clark et al., 2004) destacaron que los costes de transporte son una gran barrera para llegar al mercado internacional, incluso más que los aranceles de importación. En la misma línea (Limao y Venables, 2001) encontraron un fuerte vínculo entre la eficiencia portuaria y los costos de transporte, llegando a la conclusión de que el desempeño portuario repercute en el comercio internacional de la región en la que se ubica la infraestructura, influyendo considerablemente en su competitividad y crecimiento. (Cohen y Mónaco, 2008) observaron que los puertos permiten la adquisición a bajo coste de productos del extranjero y facilitan el acceso a los mercados externos. Finalmente, (Brodzicki y Uminski, 2017) evidenciaron que la cercanía a los grandes puertos favorece la exportación.

El efecto regional se debe a la dependencia de la actividad portuaria de su entorno geográfico (entre otros factores) (ver, por ejemplo (Chapelon, 2006; Notteboom, 2008; Notteboom y Rodrigue, 2007)). En este sentido, (Vanoutrive, 2012) destacó que la



accesibilidad del interior es el principal determinante de la cantidad de flujos que realiza un puerto. A este respecto, (Guerrero et al., 2015) descubrieron que las líneas marítimas de un puerto dependen en gran medida del potencial económico y del tamaño demográfico de las zonas del interior de Europa. Además, el volumen y la especialización del tráfico portuario se explica en gran medida por el tamaño y la especialización de las regiones más cercanas, siendo las grandes ciudades las principales responsables de la naturaleza e intensidad de las interacciones marítimas (Ducruet et al., 2018; Ducruet e Itoh, 2016). Por último, (García-Alonso y Márquez, 2017) señalaron que el mercado potencial de las regiones explica en parte la configuración del hinterland.

En resumen, la literatura anterior sugiere que los puertos sirven a las regiones y que también las regiones sirven a los puertos. Las características de la región y de la infraestructura portuaria pueden influir en la capacidad de generación y atracción de flujos comerciales, por lo que es importante analizar la interacción entre ambos factores. Pero, además, la decisión de un agente económico de enviar/recibir flujos hacia/desde un puerto específico es un proceso de elección espacial que puede estar influido por elecciones realizadas en su entorno: las regiones vecinas pueden tener experiencias similares en cuanto a costos de transporte o incluso oportunidades de ganancias.

Dicho esto, la hipótesis de este trabajo es que la distribución interior de los flujos marítimos podría estar influida por efectos de interacción espacial, tanto exógenos como endógenos. Es decir, los factores que explican los vínculos entre las regiones vecinas y un puerto específico también podrían influir en la elección de la propia provincia (efecto de interacción endógena) y, además, los cambios en las características de los vecinos de una región también podrían influir en sus flujos (efecto de interacción exógena).

La incorporación del espacio como un componente más del análisis de los flujos marítimos interiores está teóricamente relacionada con la teoría de la Nueva Geografía Económica (NGE), que busca dar explicaciones sobre la distribución de las actividades en las regiones. Para alcanzar nuestra meta, el enfoque del Modelo de Interacción Econométrica Espacial (SEIM) (Fischer y Griffith, 2008; LeSage y Pace, 2008) se aplicó al caso español.



## 2. Revisión de la literatura

El análisis de los efectos de la interacción espacial con relación al efecto de la infraestructura en la economía regional está ganando presencia en la literatura (Cohen, 2010). El auge de los métodos econométricos espaciales aplicados a los datos de flujos ha contribuido a ello (LeSage y Pace, 2008), si bien esta perspectiva aún es escasa en la literatura centrada en la problemática del transporte (Lesage y Polasek, 2008). En la Tabla 1 se recogen las principales aportaciones habidas en este sentido.

Tabla 1. Resumen de la literatura que estudia el efecto entre las economías regionales y el transporte marítimo.

Artículo	Modelo	Metodología	Variable
(Wilson et al., 2004)	SIM	OLS	Exportaciones
(Artuc et al., 2014)	SIM	PPML	Exportaciones
(Bottasso et al., 2014)	SDM	ML	PIB
(Márquez-Ramos, 2014)	SIM (1) and SAR SIM (2)	OLS (1) and IV (2)	Exportaciones
(Fageda and Gonzalez-Aregall, 2014)	SDM	ML	Empleo
(Bensassi et al., 2015)	SIM	OLS	Exportaciones
(Tsekeris, 2016)	SDM	QML	Exportaciones
(Bottasso et al., 2018)	SIM	PPML	Exportac. e importaciones
(Debrue and Guerrero, 2008)	SIM	Poisson	Exportaciones
(Ferrari et al., 2011)	SIM	ML	Exportaciones
(Guerrero, 2014)	SIM	Poisson	Exportaciones
(Moura et al., 2017)	SIM	Poisson	Exportaciones

Modelos: SIM (Modelo de Interacción Espacial); SDM (Modelo de Durbina Espacial); SAR (Modelo Autorreactivo Espacial). Métodos: OLS (Ordinary Least Squares); PPML (Poisson Pseudo-Maximum Likelihood); ML (Maximum Likelihood); IV (Instrumental Variables); QML (Quasi-Maximum Likelihood).

(Wilson et al., 2004) concluyeron que las instalaciones portuarias y aeroportuarias afectan positivamente el comercio bilateral de 75 países. (Artuc et al., 2014) encontraron una correlación positiva entre las exportaciones de las regiones croatas y su proximidad a los puertos de embarque, la densidad de las carreteras y otras características específicas de la región, lo que pone de relieve la importancia de las mejoras para promover una mejor infraestructura. (Bottasso et al., 2014) observaron el impacto de los puertos en el desarrollo regional (PIB), y concluyeron que las variables están positivamente



correlacionadas y que gran parte de estos efectos ocurren fuera de la región donde se encuentra el puerto. (Márquez-Ramos, 2014) llegó a la conclusión de que los puertos contribuyen al aumento del comercio de exportaciones de las regiones vecinas de España y (Fageda y González-Aregall, 2014), también para el caso español, encontraron que el tráfico portuario tiene un impacto significativo y positivo en el empleo del sector manufacturero. (Bensassi et al., 2015) observaron que el número, tamaño y calidad de las instalaciones logísticas influyen positivamente en los flujos de exportación. (Tsekeris, 2016) sugirió que los efectos indirectos desempeñan un papel clave en las exportaciones regionales de Grecia. Finalmente, (Bottasso et al., 2018) estimaron un panel SIM con el objetivo de medir el impacto de la infraestructura de transporte en las exportaciones e importaciones brasileñas. Aplicaron un método PPML y lograron que la influencia sea positiva para ambos casos pero mucho mayor para las exportaciones.

Este trabajo hace aportaciones interesantes a la literatura especializada. En primer lugar, aplicando SEIM, la atención se centra en el patrón de interacción más que en el nivel individual, ya que cada observación se compone de un par origen-destino (OD) (LeSage y Fischer, 2010). Al tener en cuenta simultáneamente tanto las características de las regiones como las de los puertos permite dar un paso más allá de los trabajos de (Bottasso et al., 2014; Fageda y González-Aregall, 2014; Tsekeris, 2016). En segundo lugar, existe una estrecha relación entre la estructura espacial y las interacciones espaciales (Griffith y Jones, 1980), por lo que es necesario tenerla en cuenta para evitar la estimación sesgada de los parámetros (Griffith y Chun, 2015). Por lo tanto, se propone un modelo espacial que mejora el propuesto por (Márquez-Ramos, 2014) al incorporar efectos exógenos; y también el análisis de (Artuc et al., 2014; Bensassi et al., 2015; Bottasso et al., 2018; Wilson et al., 2004), al añadir efectos endógenos y exógenos. Por último, cabe también destacar que las técnicas econométricas espaciales se aplican por primera vez al análisis de la distribución interior de los flujos marítimos (Debie y Guerrero, 2008; Ferrari et al., 2011; Guerrero, 2014; Moura et al., 2017), lo que permitirá conocer mejor el carácter de red del espacio económico tras considerar las características de los orígenes y destinos de los flujos, así como su interdependencia espacial.





### 3. Antecedentes metodológicos

Los datos espaciales están impregnados de dependencia y heterogeneidad espacial. La dependencia espacial, que enfatiza el papel de la distancia entre ubicaciones, puede ser causada por agregaciones espaciales, variables omitidas/no observadas, efectos indirectos o externalidades espaciales, mientras que la heterogeneidad espacial resulta de las diferencias en cada unidad espacial sobre el espacio, promovidas por relaciones de comportamiento u otras relaciones (Anselin, 1953). La primera característica necesita métodos econométricos espaciales específicos para separar el proceso espacial omitido de los residuos de regresión, y ésta es la gran motivación econométrica de este enfoque (LeSage y Pace, 2008).

(Curry, 1972) señaló que los flujos de un origen a un destino se intensifican/disminuyen debido a sus vecinos. En esta línea, la literatura (ver (Griffith y Jones, 1980; Sheppard et al., 1976) comenzó a discutir y desarrollar métodos para contar con el fenómeno de la dependencia espacial en los modelos SIM convencional para prevenir inferencias estadísticas sesgadas y distorsionadas. SIM es una herramienta analítica utilizada para estudiar las interacciones entre los agentes sociales y económicos en el espacio, ya que su propósito es explicar los cambios en los flujos de pares de OD. Por lo tanto, el vector de los flujos de OD es el resultado de matrices de variables explicativas que capturan las características de los orígenes y destinos, así como las variables que representan la separación de los mismos (Griffith y Fischer, 2016).

Durante mucho tiempo se trabajó con la premisa de que la inclusión de variables dicotómicas (siendo la distancia la más utilizada) neutralizaría la dependencia espacial de los flujos (Griffith y Fischer, 2016; LeSage y Fischer, 2010). Aunque esta variable mejora el ajuste del modelo, lleva a una falsa idea de que interviene en la estimación de las otras variables independientes (LeSage y Pace, 2008). En el caso de que se suponga que un flujo es independiente de otros flujos de pares de OD, el parámetro de distancia es un reflejo no sólo de la verdadera fricción (comportamiento de interacción) sino también del patrón del mapa (estructura espacial) (Fotheringham y Webber, 1980; Fotheringham, 1981).

En 2003, la contribución de (Anderson y Wincoop, 2003), impulsó la discusión en la literatura del comercio internacional, incluyendo términos de Resistencia Multilateral



(RM) en la estimación de los flujos bilaterales. Este término fue creado para señalar que la resistencia al comercio bilateral no sólo depende de las barreras comerciales bilaterales, sino que también es consecuencia de las barreras comerciales entre todos los socios comerciales. Aunque esta idea es totalmente comprensible en el caso de los antecedentes de equilibrio general, no se le ha prestado la debida atención en SIM (Behrens et al., 2012).

Todas estas preocupaciones se tienen en cuenta en el denominado Modelo de Interacción Econométrica Espacial (SEIM) (Patuelli y Arbia, 2016). Los métodos más comúnmente utilizados para eliminar la dependencia espacial en los residuos son los que utilizan técnicas de filtrado espacial de autovectores (Chun, 2008; Griffith, 2000) o los que introducen variables de retardo espacial (Fischer y Griffith, 2008; LeSage y Pace, 2008). El primer enfoque es interesante ya que utiliza un subconjunto de autovectores para filtrar la dependencia espacial en las variables independientes, si bien la aplicación de esta forma de estimación permite medir claramente la autocorrelación espacial global (Lambert et al., 2010), posible con este último procedimiento.

#### **4. Datos**

En este trabajo se analizan los flujos marítimos interiores de contenedores españoles (en toneladas) tramitados por 47 provincias peninsulares y los puertos de Algeciras, Barcelona, Bilbao y Valencia durante los años 1995, 2000, 2005, 2007, 2012 y 2015. Los datos se obtienen de las Estadísticas de Comercio Exterior del Departamento de Aduanas e Impuestos Especiales de la Agencia Tributaria Española (2017). Es importante destacar que las exportaciones (flujos de provincia a puerto) y las importaciones (flujos de puerto a provincia) se tratan por separado porque los estudios previos muestran que tienen un comportamiento diferente (Bottasso et al., 2018; Cantillo et al., 2018).

Además, utilizamos como variables independientes de los años anteriores: PIB provincial, obtenido del Instituto Nacional de Estadística (2017), el volumen de tráfico portuario de contenedores, proporcionado por el Ente Público Puertos del Estado (2017), y el tiempo de viaje entre las provincias y los puertos, calculado a través de la herramienta de análisis de red de ArcGIS (Stelder, 2016).



La selección de las variables, PIB y tráfico de contenedores se justifica porque se utilizan comúnmente como indicadores del tamaño económico de las regiones y de los puertos, respectivamente. El SIM convencional considera que el comercio entre origen y destino está correlacionado con el tamaño económico, y se interpreta según el principio de aglomeración de NEG (Spiekermann et al., 2015). En relación con el PIB, las regiones económicas más grandes experimentan reducciones de costos que conllevan mayores ventajas comparativas. Se espera que ambas circunstancias favorezcan la generación de comercio (Bensassi et al., 2015; Bottasso et al., 2018; Ducruet et al., 2013; Lesage y Pace, 2009; Márquez-Ramos, 2014). El volumen de tráfico de contenedores se utiliza normalmente como indicador del rendimiento y la competitividad de los puertos (Meersman et al., 2010), su conectividad (Kashiha et al., 2016) y hasta su capacidad económica (Wang et al., 2016), lo que también se espera que favorezca el incremento de los flujos. Por otro lado, la distancia entre el origen y el destino se interpreta como una medida de disuasión, por lo que se espera que el volumen de comercio disminuya a medida que aumenta. En el estudio del interior de los puertos, esta variable se utiliza con frecuencia (Ferrari et al., 2011; Guerrero, 2014; Guerrero et al., 2016; Moura et al., 2017; Tiller y Thill, 2017). En los últimos años, se está sustituyendo progresivamente por el tiempo de viaje como sustituto de los costes de transporte (Hesse y Rodrigue, 2004; Kerkman et al., 2017), dado que las mejoras introducidas en la infraestructura, así como los avances tecnológicos, hacen que la fricción de la distancia varíe con el tiempo (Rodrigue, 2012).

## 5. Propuesta metodológica

Para verificar la presencia de interacciones espaciales en los flujos marítimos interiores se propone el uso del Modelo Durbin de Interacción Espacial (MDE), expresado según (1):

$$Y_{ODt} = \rho_O W_O Y_{ODt} + \alpha l_n + X_{Ot} \beta_O + W_O X_{Ot} \theta_O + X_{Dt} \beta_D + g_{ODt} \gamma + \delta_t l_n + \varepsilon_{ODt} \quad (1)$$

Donde:

- $Y_{ODt}$  es el vector de flujos entre cada par de OD en el tiempo t,
- $l_n$  es un vector n x 1 de unos,





- $X_{O_i} = I_n \otimes X_i$  y  $X_{D_i} = X_i \otimes I_n$  son matrices de variables independientes de origen y destino, respectivamente, resultantes de la multiplicación de vectores de características de origen y destino por el producto Kronecker,
- $g_{OD_i}$  es la matriz de tiempo de viaje entre pares de OD, y
- $\varepsilon_{OD_i}$  es la perturbación.

El parámetro  $\alpha$  denota el término de interceptación y los otros  $(\beta_O, \beta_D, \gamma)$  son el efecto asociado, según las variables consideradas. Además, se incluyeron los efectos fijos del año ( $\delta_{l_n}$ ), que actúan como sustituto de las perturbaciones macroeconómicas. (Lee y Yu, 2010) señalan que ellos han de ser tenidos en cuenta para evitar el sesgo de los parámetros de retardo espacial, tal como se explica a continuación.

Las relaciones de dependencia espacial son capturadas por los parámetros  $(\rho_O$  y  $\theta_O)$  asociados con la matriz de peso espacial ( $W$ ) fila estandarizada. Utilizamos el tiempo de viaje entre centroides considerando el criterio de vecindad de la reina, teniendo en cuenta las recomendaciones de (Lesage y Polasek, 2008), que defienden que una tarea clave de una matriz econométrica espacial es reproducir la conectividad interregional.

En SEIM es posible, según LeSage y Pace (2008), considerar tres tipos de dependencia, que pueden aplicarse conjuntamente o no, dependiendo del contexto estudiado: de origen ( $W_O = I_n \otimes W$ ), de destino ( $W_D = W \otimes I_n$ ) y de origen-destino ( $W_O * W_D$ ). En nuestro caso, en términos de exportaciones, consideramos la dependencia basada en el origen, dado que consideramos que las fuerzas que vinculan los flujos de cada provincia con un puerto concreto podrían estar influidas por los flujos y las características de las provincias vecinas. En el caso de las importaciones, las provincias se convierten en el destino de los flujos, por lo que la dependencia espacial se basa en el destino. En este último, el objetivo es verificar si los vecinos de la provincia que recibe el flujo de un puerto específico pueden verse afectados.

Introduciendo la matriz de peso espacial en el modelo, es posible incluir tres tipos de efectos de interacción espacial: endógenos, exógenos y entre los términos de error. Los efectos de interacción endógena se capturan mediante la aplicación de la matriz de peso en la variable dependiente (LeSage y Fischer, 2016). Los flujos que dependen de recursos compartidos, como en el caso de las infraestructuras de transporte, son favorables a este tipo de dependencia. Un cambio en estos recursos conducirá a ajustes que afectarán a toda



la red, extendiéndose por todo el espacio y generando impactos globales indirectos (Lesage y Thomas-Agnan, 2015). En este caso, los agentes económicos reaccionan a una modificación específica, cambiando sus decisiones, y la difusión de ésta puede reorganizar todo el sistema. A su vez, las interacciones exógenas tienen repercusiones locales, lo que significa que la difusión se limita a las regiones vecinas. Son el resultado de cambios en el flujo de un origen específico promovidos por regiones vecinas. Esta relación es capturada a través del rezago espacial aplicado a variables independientes (LeSage y Fischer, 2016). Finalmente, las interacciones correlacionadas ocurren entre los términos de error, en donde los determinantes omitidos de la variable dependiente están espacialmente correlacionados.

La inclusión de estas tres interacciones en el mismo modelo conduce a estimaciones sesgadas (Elhorst, 2014). (Lesage y Fischer, 2017) defienden que si se ignora la interacción exógena, el impacto de las variables independientes sobre el flujo es sesgado. A su vez, cuando la dependencia endógena no se tiene en cuenta, aunque el sesgo sea menor, se está ignorando el hecho de que los flujos ocurren en un contexto de red. Además, (Elhorst, 2014; LeSage y Fischer, 2010) proponen excluir el término de error retardado, ya que las estimaciones de los coeficientes de este modelo son las mismas que las que provienen del método OLS y la eficiencia que se obtiene no justifica su aplicación.

Dicho esto, tomando la recomendación de (Lesage and Pace, 2009), al considerar el enfoque general-específico con respecto a la selección del modelo, se estimó un MDE, incluyendo las interacciones exógenas ( $W_oX_{oi}$ ) y endógenas ( $W_oY_{odi}$ ), ya que el MDE anida los modelos de retardo y error espacial con una ventaja: no fuerza el uso de restricciones antes de las estimaciones (Elhorst, 2014) y previene el sesgo de variables omitidas (Lesage and Pace, 2009).

Nos basamos en el método de máxima verosimilitud para estimar nuestro modelo. Se descartó el posible problema generado por muchos ceros, ya que únicamente se detectó en el 3% de los flujos provincia-puerto y el 6% puerto-provincia, por lo que se aplica a la variable dependiente un log natural de uno más flujos.



## 6. Resultados

Las estimaciones del impacto de los efectos de las interacciones espaciales sobre los flujos marítimos interiores en España se presentan en la Tabla 2. Como se puede ver, el modelo espacial es preferible en relación con el modelo no espacial (MCO agrupado), ya que R-cuadrado corregido mejora; Logaritmo de verosimilitud y AIC disminuyen. Esto indica que es conveniente incluir la dependencia espacial en los modelos de SIM, lo que confirma que los flujos marítimos interiores dependen de las circunstancias del comercio entre los demás agentes del sistema.

Tabla 2. Resultados

	Exportaciones		Importaciones	
	Pooled OLS	SDM year fe	Pooled OLS	SDM year fe
	No espacial	Espacial	No espacial	Espacial
Intercepto	-1.75	-1.73	10.54***	15.24***
Log (GDP)	1.30***	1.34***	1.41***	1.47***
Log (cont. throughput)	0.10	0.27***	0.40***	0.43***
Log (travel time)	-2.29***	-1.65***	-2.04***	-1.67***
W*Log(GDP)	-	-0.74***	-	-2.07***
W*Log(flow)	-	0.76***	-	0.72***
Corrected R-squared	0.76	0.85	0.76	0.83
Log-likelihood	-2,310.31	-2,091.25	-2,434.53	-2,217.93
AIC	4,630.63	4,206.5	4,876.05	4,459.9
Observaciones	1128	1128	1128	1128

En cuanto a las exportaciones, el rendimiento de los contenedores (proxy para la conectividad y el rendimiento) no es una variable significativa en el modelo no espacial, pero sí es muy importante en la versión espacial. En este caso, muestra que el tamaño de los puertos es esencial para el aumento de los flujos desde y hacia ellos.

En relación con la variable tiempo de viaje, se observa que su influencia es mayor en los modelos no espaciales, dado que actúa como proxy de la dependencia espacial. Es decir, en este tipo de modelo la variable es responsable de capturar la fricción real (comportamiento de interacción) pero también el patrón del mapa (estructura espacial). De esta forma, la inclusión de los efectos de interacción espacial es indispensable para asegurar que esta variable refleje únicamente el comportamiento del agente económico, no siendo influida por el patrón espacial del sistema.



En relación con la variable PIB, se puede decir que también se ve afectada por la introducción de efectos de la interacción espacial en el modelo. La diferencia en el parámetro para mayor en relación con el modelo espacial en comparación con el no espacial podría deberse a los efectos típicos de retroalimentación en los modelos econométricos espaciales. Los efectos de retroalimentación surgen del hecho de que los impactos pasan a través de las regiones vecinas y regresan a la propia región. Una vez más, la idea es que los flujos se ven afectados por una red que vaya más allá de la región específica estudiada, confirmado por el parámetro de efectos de interacción exógena,  $W \cdot \text{Log}(\text{PIB})$ . Esta variable tiene un peso importante y signo negativo. Todas estas características llevan a la conclusión de que un cambio en el PIB de un vecino de una región específica puede impulsar sus flujos. El signo negativo indica la existencia de competencia entre provincias vecinas por las actividades comerciales y esta competencia es mayor que los efectos de la complementariedad o la cooperación.

El parámetro de los efectos de interacción endógena,  $W \cdot \text{Log}(\text{flujo})$ , también es muy relevante, tiene signo positivo y elevada significatividad. Estas características hacen que los flujos marítimos interiores en España sean sensibles a este tipo de dependencia, como era de esperar, ya que se produce cuando los flujos dependen de recursos compartidos, como puertos secos, red de carreteras o líneas de ferrocarril. Los impactos derivados de cualquier cambio en el sistema provocan cambios importantes en la dinámica de los flujos, ya que este parámetro es el responsable de comprobar el grado de desbordamiento global.

## **7. Consideraciones finales**

Los resultados obtenidos, aunque sólidos, son todavía preliminares y pueden mejorarse. En este sentido, el siguiente paso será ir más allá con el análisis, probando otras variables y calculando las medidas de resumen escalar propuestas por (Lesage y Pace, 2009).



## Bibliografía

- Alamá-Sabater, L., Márquez-Ramos, L., Navarro-Azorín, J.M., Suárez-Burguet, C., 2015. A two-methodology comparison study of a spatial gravity model in the context of interregional trade flows. *Appl. Econ.* 47, 1481–1493. <https://doi.org/10.1080/00036846.2014.997929>
- Alamá-Sabater, L., Márquez-Ramos, L., Suárez-Burguet, C., Navarro-Azorín, J.M., 2012. Interregional Trade and Transport Connectivity. An Analysis of Spatial Dependence 25.
- Albarran, P., Carrasco, R., Holl, A., 2013. Domestic transport infrastructure and firms' export market participation. *Small Bus. Econ.* 40, 879–898. <https://doi.org/10.1007/s11187-011-9393-9>
- Anderson, J.E., Wincoop, E. van, 2003. Gravity with Gravitas : A Solution to the Border Puzzle. *Am. Econ. Rev.* 93, 170–192. <https://doi.org/10.1257/000282803321455214>
- Anselin, L., 1993. *Spatial Econometrics: Methods and Models*.
- Arbués, P., Baños, J.F., Mayor, M., 2015. The spatial productivity of transportation infrastructure. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 75, 166–177. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.03.010>
- Artuc, E., Iooty, M., Pirlea, A.F., 2014. Export Performance and Geography in Croatia, Trade and Competitiveness Global Practice Group.
- Banerjee, A., Duflo, E., Qian, N., 2012. On the road: Access to transportation infrastructure and economic growth in China, National Bureau of Economic Research.
- Behrens, K., Ertur, C., Koch, W., 2012. “Dual” Gravity: Using spatial econometrics to control for multilateral resistance. *J. Appl. Econom.* 27, 773–794. <https://doi.org/10.1002/jae.1231>
- Bensassi, S., Márquez-Ramos, L., Martínez-Zarzoso, I., Suárez-Burguet, C., 2015. Relationship between logistics infrastructure and trade: Evidence from Spanish regional exports. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 72, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.11.007>
- Bottasso, A., Conti, M., de Sa Porto, P.C., Ferrari, C., Tei, A., 2018. Port infrastructures and trade: Empirical evidence from Brazil. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 107, 126–139. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.11.013>
- Bottasso, A., Conti, M., Ferrari, C., Tei, A., 2014. Ports and regional development: A spatial analysis on a panel of European regions. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 65, 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.04.006>
- Brodzicki, T., Uminski, S., 2017. A gravity panel data analysis of foreign trade by regions: the role of metropolises and history. *Reg. Stud.* 52, 261–273. <https://doi.org/10.1080/00343404.2017.1296123>
- Cantillo, J., Cantillo, V., Arellana, J., 2018. Modelling with joint choice of ports and countries of origin and destination: application to Colombian ports. *Marit. Policy Manag.* 1–19. <https://doi.org/10.1080/03088839.2018.1440090>





- Chapelon, L., 2006. L'accessibilité, marqueur des inégalités de rayonnement des villes portuaires en Europa. *Cybergeo Eur. J. Geogr.* 345, 15.
- Chun, Y., 2008. Modeling network autocorrelation within migration flows by eigenvector spatial filtering. *J. Geogr. Syst.* 10, 317–344. <https://doi.org/10.1007/s10109-008-0068-2>
- Clark, X., Dollar, D., Micco, A., 2004. Port efficiency, maritime transport costs, and bilateral trade. *J. Dev. Econ.* 75, 417–450. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2004.06.005>
- Cohen, J., Monaco, K., 2008. Ports and highways infrastructure: An analysis of intra- and interstate spillovers. *Int. Reg. Sci. Rev.* 31, 257–274. <https://doi.org/10.1177/0160017608318946>
- Cohen, J.P., 2010. The broader effects of transportation infrastructure: Spatial econometrics and productivity approaches. *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.* 46, 317–326. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2009.11.003>
- Curry, L., 1972. A spatial analysis of gravity flows. *Reg. Stud.* 6, 131–147. [https://doi.org/10.1016/0966-6923\(94\)90030-2](https://doi.org/10.1016/0966-6923(94)90030-2)
- Debrie, J., Guerrero, D., 2008. (Re)spatialiser la question portuaire : pour une lecture géographique des arrière-pays européens. *L'esp. géographique* 37, 45–56. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03647-7>
- Ducruet, C., Cuyala, S., El Hosni, A., 2018. Maritime networks as systems of cities: The long-term interdependencies between global shipping flows and urban development (1890-2010). *J. Transp. Geogr.* 66, 340–355. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.10.019>
- Ducruet, C., Itoh, H., 2016. Regions and material flows: Investigating the regional branching and industry relatedness of port traffics in a global perspective. *J. Econ. Geogr.* 16, 805–830. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbv010>
- Ducruet, C., Itoh, H., Joly, O., 2013. Ports and the local embedding of commodity flows. *Pap. Reg. Sci.* 94, 607–627. <https://doi.org/10.1111/pirs.12083>
- Elhorst, J.P., 2014. *Spatial Econometrics From Cross-Sectional Data to Spatial Panels*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-40340-8>
- Ente Público Puertos del Estado, 2017. Anuario estadístico [WWW Document]. URL <http://www.puertos.es> (accessed 7.3.17).
- Fageda, X., Gonzalez-Aregall, M., 2014. The spatial effects of transportation on manufacturing employment (No. 29), Institutu.
- Ferrari, C., Parola, F., Gattorna, E., 2011. Measuring the quality of port hinterland accessibility: The Ligurian case. *Transp. Policy* 18, 382–391. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.11.002>
- Fischer, M.M., Griffith, D.A., 2008. Modeling Spatial Autocorrelation in Spatial Interaction Data: an application to patent citation data in the European Union. *J. Reg. Sci.* 48, 969–989. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2008.00572.x>
- Foreign Trade Statistics of the Customs and Excise Duties Department of the Spanish Tax Agency, 2017. Statistical data [WWW Document]. URL



<http://www.agenciatributaria.es> (accessed 1.3.16).

- Fotheringham, A.S., Webber, M.J., 1980. Spatial structure and the parameters of spatial interaction models. *Geogr. Anal.* 12, 33–46. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1980.tb00016.x>
- Fotheringham, S.A., 1981. Spatial Structure and Distance-Decay Parameters. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 71, 425–436.
- Fujita, M., Mori, T., 2005. Frontiers of the new economic geography. *Pap. Reg. Sci.* 84, 377–405. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2005.00021.x>
- Garcia-Alonso, L., Márquez, M.A., 2017. The role of market potential in the port choice process: a case study. *Int. J. Transp. Econ.* XLIV. <https://doi.org/10.19272/201706703002>
- Griffith, D.A., 2000. A linear regression solution to the spatial autocorrelation problem. *J. Geogr. Syst.* 2, 141–156. <https://doi.org/10.1007/PL00011451>
- Griffith, D.A., Chun, Y., 2015. Spatial Autocorrelation in Spatial Interactions Models: Geographic Scale and Resolution Implications for Network Resilience and Vulnerability. *Networks Spat. Econ.* 15, 337–365. <https://doi.org/10.1007/s11067-014-9256-4>
- Griffith, D.A., Fischer, M.M., 2016. Constrained Variants of the Gravity Model and Spatial Dependence: Model Specification and Estimation Issues, in: Patuelli, R., Arbia, G. (Eds.), *Spatial Econometric Interaction Modelling*. Springer, pp. 37–66. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-30196-9>
- Griffith, D.A., Jones, K.G., 1980. Explorations into the relationship between spatial structure and spatial interaction. *Environ. Plan. A Econ. Sp.* 12, 187–201. <https://doi.org/10.1068/a120187>
- Guerrero, D., 2014. Deep-sea hinterlands: Some empirical evidence of the spatial impact of containerization. *J. Transp. Geogr.* 35, 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.01.010>
- Guerrero, D., Grasland, C., Ducruet, C., 2016. Explaining international trade flows with shipping-based distances, in: Ducruet, C. (Ed.), *Maritime Networks: Spatial Structures and Time Dynamics*. Routledge, pp. 302–320.
- Guerrero, D., Laxe, F.G., Seoane, M.F., Montes, C.P., 2015. A Geographical Analysis of the Relationship Between Inland Accessibility and Maritime Transport Supply. *Région et Développement* 33–46.
- Hesse, M., Rodrigue, J.-P., 2004. The transport geography of logistic and freight distribution. *J. Transp. Geogr.* 12, 171–184. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.12.004>
- Instituto Nacional de Estadística, 2017. *Contabilidad Regional de España* [WWW Document]. URL <https://www.ine.es/> (accessed 7.3.17).
- Kashiha, M., Thill, J.-C., Depken II, C.A., 2016. Shipping route choice across geographies: Coastal vs. landlocked countries. *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.* 91, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.03.012>
- Kerkman, K., Martens, K., Meurs, H., 2017. A multilevel spatial interaction model of



- transit flows incorporating spatial and network autocorrelation. *J. Transp. Geogr.* 60, 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.02.016>
- Lambert, D.M., Brown, J.P., Florax, R.J.G.M., 2010. A two-step estimator for a spatial lag model of counts: Theory, small sample performance and an application. *Reg. Sci. Urban Econ.* 40, 241–252. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2010.04.001>
- Lee, L. fei, Yu, J., 2010. Estimation of spatial autoregressive panel data models with fixed effects. *J. Econom.* 154, 165–185. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2009.08.001>
- Lesage, J., Pace, R.K., 2009. *Introduction to Spatial Econometrics*. Taylor & Francis Group. [https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.2009.00095\\_9.x](https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.2009.00095_9.x)
- Lesage, J., Polasek, W., 2008. Incorporating Transportation Network Structure in Spatial Econometric Models of Commodity Flows. *Spat. Econ. Anal.* 3, 225–245. <https://doi.org/10.1080/17421770801996672>
- Lesage, J.P., Fischer, M.M., 2017. ePub WU Institutional Repository Cross-sectional dependence model specifications in a static trade panel data setting Cross-sectional dependence model specifications in a static trade panel data setting. Working Papers in Regional Science Cross-sectional 0–44.
- LeSage, J.P., Fischer, M.M., 2016. Spatial Regression-Based Model Specifications for Exogenous and Endogenous Spatial Interaction, in: *Spatial Econometric Interaction Modelling*. pp. 15–36.
- LeSage, J.P., Fischer, M.M., 2010. Spatial Econometric Methods for Modeling Origin-Destination Flows, in: Fischer, M.M., Getis, A. (Eds.), *Handbook of Applied Spatial Analysis: Software Tools, Methods and Applications*. Springer, pp. 409–434. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03647-7>
- LeSage, J.P., Pace, R.K., 2008. Spatial econometric modeling of origin-destination flows. *J. Reg. Sci.* 48, 941–967. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2008.00573.x>
- Lesage, J.P., Thomas-Agnan, C., 2015. Interpreting spatial econometric origin-destination flow models. *J. Reg. Sci.* 55, 188–208. <https://doi.org/10.1111/jors.12114>
- Limao, N., Venables, A.J., 2001. Infrastructure, Geographical Disadvantage, Transport Costs, and Trade. *World Bank Econ. Rev.* 15, 451–479. <https://doi.org/10.1093/wber/15.3.451>
- Márquez-Ramos, L., 2014. Port facilities, regional spillovers and exports: Empirical evidence from Spain. *Pap. Reg. Sci.* 95, 199–439. <https://doi.org/10.1111/pirs.12127>
- Martin, P., Rogers, C.A., 1995. Industrial location and public infrastructure. *J. Int. Econ.* 39, 335–351. [https://doi.org/10.1016/0022-1996\(95\)01376-6](https://doi.org/10.1016/0022-1996(95)01376-6)
- Meersman, H., Van De Voorde, E., Vanelslander, T., 2010. Port Competition Revisited. *Rev. Bus. Econ. Lit.* 55, 210–233.
- Moura, T.G.Z., Garcia-Alonso, L., Salas-Olmedo, M.H., 2017. Delimiting the scope of the hinterland of ports: proposal and case study. *J. Transp. Geogr.* 65, 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.09.012>
- Notteboom, T.E., 2008. The Relationship between Seaports and the Intermodal Hinterland in light of Global Supply Chains, OECD-ITF Round Table on Seaport



- Competition and Hinterland Connections. <https://doi.org/10.1787/9789282102251-en>
- Notteboom, T.E., Rodrigue, J.-P., 2007. Re-assessing port-hinterland relationships in the context of global supply chains. *Ports, Cities, Glob. Supply Chain*. 51–66.
- Olarreaga, M., 2016. Trade, Infrastructure, and Development, ADBI Working Paper Series. Tokyo.
- Patuelli, R., Arbia, G., 2016. Spatial Econometric Interaction Modelling: Where Spatial Econometrics and Spatial Interaction Modelling Meet, in: Patuelli, R., Arbia, G. (Eds.), *Spatial Econometric Interaction Modelling - Advances in Spatial Science*. Springer, pp. 1–12. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-30196-9>
- Rodrigue, J.-P., 2012. Supply Chain Management, Logistics Changes and the Concept of Friction, in: Hall, P. V, Hesse, M. (Eds.), *Cities, Regions and Flows*. Routledge, London.
- Sheppard, E.S., Griffith, D.A., Curry, L., 1976. A final comment on mis-specification and autocorrelation in those gravity parameters. *Reg. Stud.* 10, 337–339. <https://doi.org/10.1080/09595237600185341>
- Spiekermann, K., Wegener, M., Kveton, V., Marada, M., Schürmann, C., Biosca, O., Ulled Seguí, A., Antikainen, H., Kotavaara, O., Rusanen, J., Bielanska, D., Fiorello, D., Komornicki, T., Rosik, P., Stepniak, M., 2015. TRACC - Transport Accessibility at Regional/Local Scale and Patterns in Europe, European Spatial Planning Observation Network – EspoN.
- Stelder, D., 2016. Regional accessibility trends in Europe: Road infrastructure, 1957–2012. *Reg. Stud.* 50, 983–995. <https://doi.org/10.1080/00343404.2014.952721>
- Tiller, K.C., Thill, J.C., 2017. Spatial patterns of landside trade impedance in containerized South American exports. *J. Transp. Geogr.* 58, 272–285. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.01.001>
- Tsekeris, T., 2016. Domestic transport effects on regional export trade in Greece. *Res. Transp. Econ.* <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2016.08.006>
- UNCTAD, 2017. Review of Maritime Transport [WWW Document]. URL [http://unctad.org/en/Pages/Publications/Review-of-Maritime-Transport-\(Series\).aspx](http://unctad.org/en/Pages/Publications/Review-of-Maritime-Transport-(Series).aspx) (accessed 3.1.18).
- Vanoutrive, T., 2012. Explaining Port Size : Accessibility , Hinterland Competition and a Semi-Endogenously Determined W . *ERSA Conf. Pap.* 668.
- Wang, G.W.Y., Zeng, Q., Li, K., Yang, J., 2016. Port connectivity in a logistic network: The case of Bohai Bay, China. *Transp. Res. Part E* 95, 341–354. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.04.009>
- Wilson, J.S., Mann, C.L., Otsuki, T., 2004. Assessing the Potential Benefit of Trade Facilitation: A Global Perspective (No. 3224), World Bank Policy Research.