

EXTERNALIDADES ENTRE ECONOMIAS: EFECTOS SOBRE EL CRECIMIENTO

Enrique López-Bazo, Esther Vayá, Rosina Moreno y Jordi Suriñach

Grupo de Investigación “Anàlisi Quantitativa Regional” (AQR)
Dpt.of Econometría, Estadística y Economía Española, Universidad de Barcelona
Av. Diagonal 690, 08034 Barcelona
e-mail: elopez@eco.ub.es; evaya@eco.ub.es; rmore@eco.ub.es; surinach@eco.ub.es

Agradecemos los comentarios y sugerencias en diversas fases del trabajo de Luc Anselin, Antonio Ciccone y Raymond Florax, así como de los participantes en el Simposi d’Anàlisi Econòmica (Bellaterra 1997), los congresos de la Asociación Europea y Americana de Ciencia Regional (Viena 1998 y Santa Fe 1998), de la Asociación Econométrica Europea (Santiago de Compostela 1999) y en los seminarios impartidos en el Tinbergen Institute y la Universidad de Texas en Dallas. Este trabajo forma parte del proyecto de la DGICYT SEC99-0700.

Resumen:

El trabajo analiza los efectos sobre el crecimiento de las externalidades entre economías. Para ello se incorpora en la tecnología de producción una externalidad ocasionada por la acumulación de capital en otras economías. Como resultado, tanto los niveles de estado estacionario como la dinámica se ven afectados. La evidencia empírica muestra la relevancia de esos efectos desbordamiento para el conjunto de regiones europeas y americanas, y para una amplia muestra de países. Mientras que los rendimientos a la economía se sitúan alrededor del 60%, tras la incorporación de la externalidad alcanzarían el 80%.

Abstract:

This paper deals with the effects of externalities across economies on growth. As a result of including spillovers in the technology of production due to the accumulation of capital in other economies, the steady state levels and the dynamics are affected. We show empirical evidence favouring the existence of such spillovers in the European regions, the US States and a wide sample of countries. While internal returns to the economy are estimated to be around 60%, once the external effects are accounted for, total returns go up to 80%.

JEL: O40, R11

Keywords: convergencia, spillovers, econometría espacial

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo básico de este trabajo es analizar el papel de las externalidades entre economías en el crecimiento económico. Si bien las aportaciones que han considerado la existencia de externalidades son numerosas, en su mayoría se han limitado al análisis de su influencia en el seno de la economía donde se generan. Esto es así dado que han sido utilizadas para explicar procesos de aglomeración o concentración geográfica de la actividad en el espacio. Menor atención ha recibido el desbordamiento de esas externalidades a otras economías y su repercusión sobre la actividad económica en estas últimas. En esta línea podríamos enmarcar los análisis relativos a los procesos de difusión y *catch up* tecnológico, entre ellos los que consideran el comercio como vía principal de la transmisión de las innovaciones y los que, utilizando la distribución geográfica de la innovación (medida, por ejemplo, a través de patentes), han cuantificado la intensidad de los *spillovers* tecnológicos entre distintas áreas. Específicamente en el análisis del crecimiento, la consideración de externalidades entre economías se ha producido de forma *ad hoc* en la mayoría de ocasiones y, tomando las palabras de Moreno y Trehan (1997), resulta difícil encontrar modelos formales que analicen de forma explícita tales *spillovers*.

Este trabajo pretende enmarcar ese tipo de externalidades en un entorno que permita contrastar de forma robusta su existencia y medir su influencia en el proceso de crecimiento económico. Para ello, el resto del trabajo se organiza como sigue. En la siguiente sección se comentan algunas aportaciones que se han centrado en el estudio de las externalidades, con especial atención en aquéllas que han considerado los desbordamientos entre economías. En la sección tercera, se describe un sencillo marco teórico en el cual el aumento en la tecnología en cualquier economía, resultante de la acumulación de capital, causa una mejora en el nivel tecnológico de otras economías. Como resultado de ello, la acumulación de capital es más atractiva que en el caso de ausencia de efectos desbordamiento, originando mayores niveles de capital y, con ello, de producto en el estado estacionario. Paralelamente, se muestra como dichas externalidades

pueden contrarrestar, al menos en parte, los mecanismos de convergencia internos tradicionales. Las secciones cuarta y quinta presentan evidencia empírica para el caso de dos conjuntos de economías regionales y de la muestra de 98 países no petroleros utilizada en el trabajo de Mankiw et al (1992). La primera de ellas evidencía la existencia de fuerte dependencia espacial en la distribución del producto per cápita y de sus tasas de crecimiento, mientras que en la segunda se contrasta la significación de las externalidades entre economías, estimándose también su intensidad. Ello se hace en el entorno de un modelo empírico que permite recuperar los parámetros estructurales referidos a la tasa de convergencia, a las externalidades entre economías y a los rendimientos al capital. Los resultados muestran como los efectos desbordamiento mantienen su significación aún después de incluir los condicionantes habituales del estado estacionario, representando los rendimientos externos alrededor de un 20%. Finalmente, la sección seis presenta comentarios finales a modo de conclusión.

2. EXTERNALIDADES EN CRECIMIENTO

La idea de externalidades en el proceso productivo se ha extendido recientemente en el análisis del crecimiento económico y en el estudio de la localización geográfica de la actividad. No obstante, el concepto se remonta a Marshall (1920) quien señaló la existencia de rendimientos crecientes que pueden ser externos a la empresa aunque internos a la industria en su conjunto. De forma más específica, las externalidades marshallianas explican la concentración geográfica de la actividad económica gracias a la presencia de tres factores claves: un mercado conjunto de mano de obra cualificada, vínculos de oferta y demanda fruto de relaciones input-output y, por último, la existencia de desbordamiento tecnológico consecuencia del intercambio de información entre empresas próximas en el espacio. Los dos primeros factores han sido calificados como externalidades pecuniarias (Scitovsky, 1954) e incorporados en las nuevas teorías de localización industrial y de comercio como generadores de aglomeración (Krugman, 1991; Krugman y Venables, 1995; Puga y Venables, 1996; Venables, 1996).

Las externalidades tecnológicas marshallianas, último de los factores apuntados, han sido también utilizadas en el ámbito de las teorías de crecimiento como explicación a la existencia de crecimiento endógeno. En este sentido, la inclusión de conocimiento agregado puede provocar no conveniencias en la tecnología de producción, causando crecimiento sostenido a largo plazo y posible no convergencia en la intensidad de los factores y en el nivel de productividad entre economías (Romer, 1986; Lucas, 1988; Azariadis y Drazen, 1990). Así, el incremento del stock de capital y la mejor preparación de la mano de obra generan en sí mismos una mejora en el nivel tecnológico que no puede ser apropiada totalmente por el agente que realiza la inversión. En consecuencia, el rendimiento privado será inferior al rendimiento agregado o social de dicha inversión.

Las externalidades tecnológicas y pecuniarias han tenido también un papel primordial en la explicación de los procesos de aglomeración en general y de urbanización en particular (Glaeser et al, 1992; Henderson, 1992; Ellison y Glaeser, 1997; De Lucio, 1996). En este sentido, existe controversia acerca de si la especialización o diversificación de actividades es más proclive a la generación de difusión de conocimientos (Feldman y Audrestch, 1999), aunque en todos los casos se señala a las externalidades como causantes de los procesos de aglomeración geográfica de la actividad, y ello a pesar de los continuos avances en las vías de transmisión y acceso a la información y del proceso de globalización. De este modo, a través de los procesos de aglomeración, las externalidades podrían estar compensando la tendencia a rendimientos decrecientes en la acumulación de factores y con ello posibilitando crecimiento a largo plazo. Ciccone y Hall (1996) obtienen evidencia en este sentido, dado que observan como la variabilidad en la productividad del trabajo entre estados americanos puede ser explicada en gran medida por diferencias en el grado de *densidad* de la actividad económica.

Llegado este punto, una cuestión interesante es analizar cuál es el ámbito de influencia de las externalidades. Una parte de la literatura ha considerado la existencia de interdependencias entre empresas pertenecientes a diferentes industrias. Así, los trabajos de Caballero y Lyons (1990 y

1992) y Burnside (1996) entre otros, han tratado de contrastar empíricamente la existencia de externalidades entre los sectores de una economía y estimar su magnitud. En estos trabajos se argumenta que utilizar datos demasiado agregados impide la identificación de las economías que son externas a las empresas, ramas productivas y sectores, y que acaban internalizándose en los niveles de agregación superiores. Ello conduce a la incorporación de las economías de escala y las economías externas en un mismo parámetro en el análisis agregado.¹ En esta misma línea, Morrison y Siegel (1999) obtienen a través de la estimación de una función de costes sectorial, la medida de los rendimientos a escala y de los efectos externos, además del efecto de estos últimos sobre la demanda de factores productivos, al incorporar efectos tipo *thick markets*, resultantes de las relaciones input-output sectoriales.

Un problema similar aparece cuando se considera la posibilidad de la existencia de externalidades que traspasan las fronteras geográficas de las economías. De esta forma, el crecimiento de una economía puede ser debido a un cierto efecto contagio del crecimiento experimentado por otras economías. Siguiendo los trabajos de Grossman y Helpman (1991), Coe y Helpman (1995), Park (1995) y Helpman (1997), el comercio internacional es una de las principales fuentes de difusión de conocimiento entre economías. Así, el comercio hace fácilmente accesible productos y servicios que incorporan conocimiento y tecnología foránea que de otra forma serían difíciles de adquirir. Asimismo, Nadiri y Kim (1996) y Bernstein y Yan (1997) obtienen una importante respuesta de los factores de producción y del producto en una economía ante la inversión en I+D en otras economías. Pero sería ingenuo pensar que toda la difusión de tecnología se produce a través del comercio, como ha mostrado Keller (1998). Por otra parte, parece razonable pensar que la difusión de tecnología, entendida en sentido amplio, será más factible e intensa entre economías con un elevado grado de integración. Por ello cabe esperar, a priori, mayor relevancia de las mismas en el caso de regiones de una economía, con factores de producción y preferencias similares y con mercados de factores y productos comunes, que entre países heterogéneos y distantes.

A pesar de todo lo indicado, el análisis explícito de las externalidades entre economías y sus efectos en el crecimiento es escaso, siendo realizado en muchas ocasiones de forma ad hoc. Así, Barro y Sala-i-Martin (1995), siguiendo la propuesta de Chua (1993), incluyen el promedio ponderado del producto per cápita de los países colindantes como un regresor más en la ecuación de crecimiento, obteniendo un parámetro marginalmente significativo y positivo. Moreno y Trehan (1997), usando distintas medidas de proximidad, muestran que el crecimiento de un país está fuertemente relacionado con el de las otras economías, así como con el tamaño de los mercados de las economías colindantes. Por su parte, Fingleton y McCombie (1998) obtienen un efecto externo significativo en la productividad del empleo para una amplia muestra de regiones de la Unión Europea (UE) en la década de los ochenta. Otros autores han detectado una intensa dependencia espacial en la distribución del producto por habitante y la productividad del trabajo para las regiones europeas (López-Bazo et al, 1999) y para los estados americanos (Rey y Montouri, 1999). Entre otras posibles explicaciones de esta dependencia espacial se puede pensar en la existencia de tasas de ahorro similares u otros parámetros de preferencia así como en la mayor intensidad en la difusión tecnológica entre regiones adyacentes y la presencia de economías de aglomeración que traspasan las fronteras regionales. Este fenómeno no está exento de relevancia, tal y como se muestra en Quah (1996). Dicho autor observa como la distribución del producto per cápita en las regiones de la UE condicionada a los niveles en las regiones colindantes se encuentra mucho más concentrada en torno a la media que la distribución real.

Finalmente, cabe señalar que Ciccone (1996) incluye explícitamente externalidades entre economías en un modelo de crecimiento empírico, lo que le permite concluir que para una muestra amplia de países, más de un 50% del aumento del nivel de tecnología en una economía se transmite a las economías geográficamente adyacentes. El resto de este trabajo pretende mostrar evidencia en la misma dirección tanto para el caso regional como de países, a la vez que se valora la robustez de dichas externalidades ante la inclusión de magnitudes que pueden afectar los niveles de actividad.

3. MARCO TEÓRICO

Dado que el objetivo del trabajo es estudiar la existencia de externalidades entre economías y sus efectos sobre el crecimiento, en esta sección se describe un sencillo marco teórico en el cual se incorpora de forma explícita la existencia de externalidades derivadas de la difusión de tecnología entre economías *vecinas*². La conclusión va a ser que dichas externalidades afectan tanto al nivel de estado estacionario como a la dinámica de crecimiento de las economías.

Consideremos una economía i con un nivel medio de productividad laboral en el período t , y_{it} , que es función del nivel medio de capital físico (k_{it}) y humano (h_{it}) por unidad de trabajo, y del nivel de tecnología, A_{it} :

$$y_{it} = A_{it} k_{it}^k h_{it}^h \quad (1)$$

donde k y h representan el rendimiento interno de la economía i asociado al capital físico y humano. Podríamos considerar que dicho rendimiento es la suma de la media de los rendimientos internos de las empresas de la economía y de una externalidad tipo Romer-Lucas asociada al stock agregado de dichos factores en la economía i . Suponemos rendimientos decrecientes a la acumulación de ambos factores en i ($k+h < 1$, $k > 0$ y $h > 0$).

En (1) suponemos que A_{it} es función, además de un nivel exógeno de tecnología, del nivel tecnológico en las economías *vecinas* en cuanto éste está motivado por la acumulación de capital en esas economías. Este supuesto implicará que, por ejemplo, las nuevas ideas o innovaciones fluirán a través de las fronteras de cada economía, beneficiándose por tanto una economía i del esfuerzo inversor realizado por sus *vecinas*. Concretamente:

$$A_{it} = \tau_t (k_{it}^k h_{it}^h) \quad (2)$$

donde τ_t representa el nivel de tecnología no vinculada con la acumulación de capital, que supondremos exógeno e idéntico para todas las economías y con un crecimiento igual a g

($y_{it} = y_0 e^{gt}$), siendo k_{it} y h_{it} la intensidad de capital físico y humano en las economías vecinas a i .³ Finalmente, el parámetro γ representa la externalidad entre economías, que supondremos positiva.⁴ Así, un incremento en un 1% en k_{it} (h_{it}), con la subsiguiente mejora en el nivel tecnológico de dichas economías, llevará a un incremento de $\gamma\%$ ($\gamma_h\%$) en la tecnología de i .

Sustituyendo (2) en (1), tendremos que:

$$y_{it} = A_{it} k_{it}^k h_{it}^h (k_{it}^{\gamma k} h_{it}^{\gamma h}) \quad (3)$$

A partir de la expresión (3) se puede observar como cuando i incrementa su stock de capital físico y humano, obtiene un rendimiento igual a $\gamma + \gamma_h$ mientras que dicho rendimiento incrementa hasta $(\gamma + \gamma_h)(1 + \gamma)$ cuando simultáneamente las economías vecinas a i actúan de forma similar.⁵ Asimismo, cabe señalar que, como consecuencia de la existencia del proceso de difusión, aun cuando la economía i no invirtiera, su productividad incrementaría siempre que sus vecinos sí lo hicieran. De esta forma, se observa como la existencia de una externalidad entre economías hace más productivo el stock de capital existente en cualquier economía.

A partir de la expresión (3), es posible obtener la tasa de crecimiento de k ($=\dot{K}/L$) y de h ($=\dot{H}/L$):

$$\begin{aligned} \frac{\dot{k}}{k} &= s_k k^{-(1-k)} h^{\gamma h} k^{\gamma k} h^{\gamma h} - (n + g + d) \\ \frac{\dot{h}}{h} &= s_h k^{\gamma k} h^{-(1-h)} k^{\gamma k} h^{\gamma h} - (n + g + d) \end{aligned} \quad (4)$$

donde s_k y s_h son las tasas de ahorro exógenas asociadas al capital físico y humano, n la tasa de crecimiento de la población y d la tasa de depreciación (la cual supondremos común para ambos factores y para todas las economías).⁶ Como se puede observar en la expresión (4), la tasa de inversión en k y h es una función decreciente del stock de capital de la propia economía i ($\gamma < 1, \gamma_h < 1$) pero creciente en el stock de sus vecinas. De esta forma, los incentivos a

intensificar las dotaciones de capital serán mayores en la economía i cuanto mayor sea el stock existente en sus *vecinas*.

Bajo el supuesto de rendimientos totales decrecientes $(\alpha_k + \alpha_h)(1 + \gamma) < 1$ y que en el largo plazo la intensidad de capital se iguala en todas las economías, es decir $k^* = k_{-}^*$ y $h^* = h_{-}^*$, es posible obtener las expresiones de la intensidad de capital físico y humano en el estado estacionario:

$$k^* = \frac{s_k^{1-\alpha_h(1+\gamma)} s_h^{\alpha_h(1+\gamma)}}{n+g+d} \frac{1}{1-(\alpha_k + \alpha_h)(1+\gamma)}$$

$$h^* = \frac{s_k^{\alpha_k(1+\gamma)} s_h^{1-\alpha_k(1+\gamma)}}{n+g+d} \frac{1}{1-(\alpha_k + \alpha_h)(1+\gamma)} \quad (5)$$

y del nivel de productividad en unidades de eficiencia $y (=Y/L)$,

$$y^* = \frac{s_k^{\alpha_k(1+\gamma)} s_h^{\alpha_h(1+\gamma)}}{(n+g+d)^{(\alpha_k + \alpha_h)(1+\gamma)}} \frac{1}{1-(\alpha_k + \alpha_h)(1+\gamma)} \quad (6)$$

Como se puede observar, el estado estacionario depende, como es habitual, de los parámetros de tecnología y de las tasas de acumulación netas pero también de la intensidad de las externalidades entre economías. Así, cuanto mayor sea la interdependencia entre economías, mayor será la intensidad de capital y la productividad en el estado estacionario.

Tomando una expansión de Taylor de primer orden alrededor del estado estacionario sobre las expresiones para las tasas de crecimiento del capital físico y humano en (4), y considerando que la tasa de crecimiento de la productividad en unidades de eficiencia en la economía i entre 0 y T (g_y) puede expresarse como:

$$g_y = \lambda_k g_k + \lambda_h g_h + (\lambda_k g_k + \lambda_h g_h) \quad (7)$$

se puede aproximar el comportamiento de la productividad laboral de la economía i en las proximidades de su estado estacionario mediante la expresión⁷:

$$g_y = \hat{\lambda} - (1 - e^{-\hat{\lambda}T}) \ln y_0 + \frac{(1 - e^{-\hat{\lambda}T}) \tilde{a}}{1 - (\hat{\delta}_k + \hat{\delta}_h)} \ln y_{\tilde{n}_0} + \tilde{a} g_{y_{\tilde{n}}} + \frac{(1 - e^{-\hat{\lambda}T})}{1 - (\hat{\delta}_k + \hat{\delta}_h)} [\hat{\delta}_k (\ln s_k - \ln(n + g + d)) + \hat{\delta}_h (\ln s_h - \ln(n + g + d))] \quad (8)$$

donde $\hat{\lambda} = (1 - \lambda_k - \lambda_h)(n + g + d)$ es la velocidad de convergencia habitual y

$$\hat{\lambda} = (1 + \tilde{a})g - (1 - e^{-\hat{\lambda}T}) \frac{\tilde{a}}{1 - (\hat{\delta}_k + \hat{\delta}_h)} (\ln \tilde{A}_0 + gT) \quad (9)$$

Finalmente, a partir de las expresiones anteriores es posible derivar tres conclusiones importantes. Primero, la presencia de externalidades entre economías no altera la expresión de la velocidad de convergencia, dado que sigue siendo función de los parámetros λ_k , λ_h , n , g y d . Segundo, en la ecuación de crecimiento aparecen dos nuevos elementos: la tasa de crecimiento de la productividad en las economías *vecinas* y su nivel inicial, las cuales afectan positivamente a la tasa de crecimiento de la productividad en i siempre que $\tilde{a} > 0$. Es decir, los mecanismos de convergencia internos a cada economía pueden ser, al menos parcialmente, contrarrestados por los efectos desbordamiento. Por último, la existencia de externalidades entre economías, al hacer más atractiva la acumulación de factores, provoca un incremento en el nivel de producto per cápita y la intensidad de capital en el estado estacionario.

4. EVIDENCIA EMPÍRICA: ANÁLISIS EXPLORATORIO⁸

A pesar de que resulta generalizada la idea en torno a la existencia de una dimensión espacial en muchos de los fenómenos que rigen los procesos de crecimiento económico, la mayoría de trabajos que utilizan muestras transversales no han hecho una consideración explícita de la

misma. Sin embargo, la probabilidad de encontrarnos con heterogeneidad o interdependencia espacial al utilizar información de países o regiones es muy elevada, con repercusiones tanto teóricas como empíricas. En esta sección se analiza la existencia de estos fenómenos desde un punto de vista exploratorio para el conjunto de regiones europeas, estados americanos y la muestra de 98 países en Mankiw, Romer y Weil (1992) -MRW en adelante-.

Para el caso europeo, se ha tomado un conjunto de 108 regiones que abarcan la totalidad del territorio de la UE12. Los datos del VAB por ocupado para 1975 y 1992 proceden de la base de datos REGIO de EUROSTAT, aunque complementada con diversas fuentes a nivel nacional para las observaciones de las cuales EUROSTAT no proporciona información (básicamente algunas regiones en el año inicial). Para el caso de los estados americanos, se han tomado datos referidos a la renta per capita en 1964 y 1997 para los 48 estados continentales. Dichos datos proceden del Bureau of Economic Analysis (<http://www.bea.doc.gov>). Finalmente, el grupo de economías tomadas del trabajo de MRW es el formado por 98 países no petroleros. La variable considerada en este caso es el PIB per capita en 1960 y 1985. Aunque se podría haber ampliado la muestra de economías y el período temporal a través de, por ejemplo, versiones más actuales de las Penn World Tables, se ha considerado conveniente mantener la base de datos de MRW para facilitar las comparaciones en el apartado siguiente.

Antes de analizar la presencia de efectos espaciales es necesario concretar la definición del concepto de las interrelaciones entre las distintas observaciones espaciales, es decir, definir el concepto de *vecindad*. Para ello, nos es útil especificar lo que se suele denominar matriz de contactos, W . Los elementos de esta matriz cuadrada ($N \times N$), w_{ij} , reflejan la intensidad de la interdependencia entre cada par de economías i y j , donde los elementos de la diagonal se consideran nulos. Dependiendo entonces del criterio utilizado para definir w_{ij} se podrán especificar distintas matrices de contacto. En nuestro caso, y teniendo en cuenta la información disponible para las distintas muestras de economías, se han considerado los siguientes criterios:

- Contigüidad física: supone circunscribir el concepto de *vecindad* al de contigüidad geográfica, de forma que las interdependencias tienen lugar entre regiones físicamente adyacentes. Así, $w_{ij} = 1$ si i y j comparten frontera común y $w_{ij} = 0$ en caso contrario.
- Función de la distancia: todas las unidades del sistema están interrelacionadas pero con ponderaciones que disminuyen a medida que incrementa la distancia. En este caso, de forma similar al anterior, se sigue considerando que la proximidad geográfica es un elemento favorecedor de la difusión de ideas e innovaciones así como de externalidades de tipo pecuniario, si bien ahora se permite la existencia de interdependencia entre economías no estrictamente adyacentes. En concreto, basándonos en los modelos de interacción espacial, utilizamos la inversa del cuadrado de la distancia, de forma que $w_{ij} = 1/d_{ij}^2$, donde d_{ij} es la distancia entre los centros geográficos de cada una de las economías.⁹

Ambas matrices, como es usual, se normalizan de forma que la fila sume uno, por lo que los elementos de la matriz normalizada serán $w_{ij} = w_{ij} / \sum_j w_{ij}$. De esta forma, es posible definir Wx como el retardo espacial de una variable x , es decir, como la suma (ponderada) del valor de x en las economías *vecinas*.

Un primer estadístico a utilizar en la detección de dependencia espacial es el contraste de la I de Moran (Moran, 1948). Si se tiene una variable x observada en N regiones, el contraste I de Moran toma la siguiente expresión:

$$I = \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (10)$$

siendo x_i y x_j las observaciones de la variable x en las economías i y j (con media \bar{x}). Este contraste tiene como hipótesis nula la ausencia de dependencia espacial (distribución aleatoria del

fenómeno analizado), frente a la hipótesis alternativa de la existencia de un esquema de autocorrelación espacial positiva/negativa (concentración de valores similares/disímiles).¹⁰

Otro instrumento útil en el análisis del grado de asociación espacial de una variable es la observación del denominado Moran Scatterplot. Este tipo de gráfico presenta en el eje de abscisas las observaciones de la variable x normalizada, y en el eje de ordenadas el retardo espacial de dicha variable. De este modo, los cuatro cuadrantes representan diferentes tipos de asociación espacial. Si la nube de puntos está dispersa en los cuatro cuadrantes, es indicio de ausencia de correlación espacial. Si, por el contrario, los valores se encuentran concentrados sobre la diagonal que cruza los cuadrantes I (derecha superior) y III (izquierda inferior), existe una elevada asociación espacial positiva de la variable, de forma que su pendiente es igual al valor obtenido para el contraste de la I de Moran. La asociación será negativa si los valores se concentran en los otros dos cuadrantes.

Los valores del estadístico de la I de Moran presentados en la tabla 1 rechazan claramente la existencia de una distribución aleatoria del producto per capita y de sus tasas de crecimiento, tanto para la matriz de contigüidad física como la de distancias. En las tres muestras analizadas, la autocorrelación espacial observada resulta positiva, indicando la concentración de niveles similares de actividad económica en el espacio. Aunque con las debidas precauciones, dado que la potencia del contraste depende del número de observaciones, parece desprenderse una mayor intensidad en la asociación espacial en el caso de las regiones europeas que en el de la muestra de países. Ello sería consecuente con el supuesto de la mayor interdependencia entre economías de áreas integradas que entre países heterogéneos. Los valores para los estados americanos son los más bajos, aunque altamente significativos, pero en este caso la diferencia en el número de observaciones desaconseja cualquier comparación con las otras dos muestras. Finalmente, señalar que si bien los valores del contraste no parecen presentar variaciones importantes con el tiempo, sí que se observa en todos los casos que la dependencia espacial aumenta cuando se utiliza la distancia como criterio de *vecindad*.

En los gráficos de la figura 1 se muestran los Moran Scatterplot correspondientes a las tres muestras, para la matriz de contigüidad física en los casos de las regiones europeas y los estados americanos (primera y segunda fila de gráficos, respectivamente) y para la matriz de la inversa del cuadrado de la distancia en el caso de los países de la muestra de MRW (tercera fila de gráficos). Los gráficos para las otras matrices de contacto proporcionan una imagen similar a los presentados. En todos los casos se observa asociación espacial positiva en la distribución de la actividad económica y sus tasas de crecimiento en las distintas muestras analizadas. En las regiones europeas es donde existe una mayor concentración de las observaciones sobre la diagonal que cruza los cuadrantes I y III, resultado acorde con el mayor valor de la I de Moran obtenido anteriormente. La misma circunstancia se aprecia de la comparación de las tasas de crecimiento en las tres muestras.

En resumen, el análisis exploratorio de los datos parece indicar un elevado grado de dependencia espacial en las economías analizadas, no pudiendo afirmar que el crecimiento y la actividad económica estén distribuidos aleatoriamente en el espacio. Tal proceso puede estar motivado por la correlación espacial existente en factores que afectan a tales variables, pero también podría estar reflejando la interdependencia en los niveles de tecnología de las diferentes economías, causado por la existencia de externalidades entre economías, según la hipótesis formulada en este trabajo. Asimismo, este proceso de dependencia espacial observada en los datos puede causar un problema de autocorrelación espacial en los residuos de los modelos de regresión que analizan el crecimiento económico, tal como se discute en el siguiente apartado.

5. EVIDENCIA EMPÍRICA: ANÁLISIS CAUSAL

Tras haber mostrado el importante grado de dependencia espacial presente tanto en la distribución del producto per cápita como en las tasas de crecimiento del mismo, el presente apartado pretende contrastar en qué medida ese fenómeno puede ser debido a la existencia de externalidades entre economías, tal y como se ha postulado en apartados previos. Para ello,

vamos a seguir utilizando las dos muestras de regiones y la muestra de 98 países de MRW. En primer lugar mostraremos la importancia que las externalidades tienen en el crecimiento de las regiones europeas y americanas, en un contexto de convergencia incondicional. Es decir, vamos a asumir que las economías regionales son lo suficientemente similares en sus características económicas básicas como para compartir un mismo nivel de renta en el estado estacionario.¹¹ A continuación se replicará el análisis para la muestra de 98 países utilizada en el trabajo de MRW. En este caso podremos ver hasta qué punto la inclusión de variables condicionantes habituales del estado estacionario podría explicar la dependencia espacial observada en la ecuación de crecimiento. Respecto a dichas variables condicionantes, con el fin de poder realizar comparaciones con los resultados obtenidos por MRW, las hemos limitado a las consideradas en dicho trabajo; la acumulación de capital físico y humano y el crecimiento de la población, la tecnología, además de la tasa de depreciación.

En este último caso podremos recuperar los parámetros estructurales del modelo, obteniendo así la estimación del rendimiento del capital físico y humano --de forma similar a MRW pero en presencia de externalidades--. Adicionalmente, se presentará el rendimiento global de ambos tipos de capital como resultado de la agregación del rendimiento interno a la economía que realiza la acumulación y el beneficio que ocasiona en el resto del sistema dado el efecto desbordamiento.

5.1. Dependencia espacial en la ecuación de crecimiento

La tabla 2 sintetiza los resultados de la estimación de la ecuación de -convergencia absoluta para las muestras de regiones europeas y americanas. La tasa de convergencia estimada se sitúa ligeramente por encima del 2% para el caso de la UE, mientras que para el americano el ritmo parece ser menor (en torno a un 1% anual). Dichos resultados se encuentran en el rango de valores obtenidos en otros trabajos utilizando una sección cruzada de datos. Pero lo más relevante en el presente trabajo es hasta qué punto la dependencia espacial observada en las tasas de crecimiento puede ser explicada por la distribución inicial del producto per cápita, es

decir, si la ecuación especificada presenta un problema de dependencia espacial o si, por el contrario, dicha dependencia se cancela en la especificación tradicional.

Como se puede apreciar, tanto la I de Moran de los residuos como los contrastes habituales de multiplicadores de Lagrange rechazan las respectivas hipótesis nulas de ausencia de dependencia espacial para ambas matrices de contacto.¹² Mientras que la dependencia de tipo residual (LM-ERR) parece ser más intensa que la sustantiva (LM-LAG) para el caso europeo, en el caso americano los contrastes no resultan tan contundentes en la discriminación. En cualquier caso, teniendo en cuenta que la omisión de $\ln Y_0$ y de la tasa de crecimiento de las economías *vecinas*, siendo relevantes, provocaría dependencia espacial en la ecuación de crecimiento, los resultados de los contrastes nos indican la posibilidad de que las externalidades entre regiones sean un factor importante omitido en la explicación del crecimiento regional en las economías europea y americana.¹³

Respecto a la muestra de países, no nos extendemos en el comentario de la estimación de los parámetros dado que, obviamente, coincide con la del trabajo de MRW. Los resultados de los contrastes de dependencia espacial para el caso del modelo de convergencia incondicional, recogidos en la primera columna de la tabla 3, conducen a conclusiones similares a las obtenidas para el caso regional. Parece existir un claro problema de correlación espacial en la estimación de la ecuación de crecimiento que se ve exacerbado cuando la matriz de distancias es utilizada para capturar las posibles relaciones entre economías. Como se ha señalado anteriormente, si la dependencia fuese debida a la correlación espacial existente en la acumulación de capital (físico y/o humano) o al crecimiento de la población, la inclusión de estas variables debería eliminar completamente el problema. En la medida en que sólo sean capaces de explicar parte del fenómeno, tendremos un remanente de dependencia entre observaciones que, según la hipótesis de este trabajo, podría deberse a la existencia de externalidades en la acumulación de capital que desborda las fronteras de las economías.

La segunda y tercera columnas de la tabla 3 recogen, respectivamente, los resultados obtenidos tras el condicionamiento mediante la acumulación de capital físico y el crecimiento de la población, y estas magnitudes más la acumulación de capital humano. Se aprecia como la inclusión de estas variables disminuye la significación de los contrastes de dependencia espacial. En el caso de la residual, el test LM-ERR no rechaza la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación espacial, a los niveles de significación habituales, cuando las relaciones entre economías se aproximan a través de la matriz de contigüidad física. En este caso, la dependencia causada por la omisión del retardo espacial de la endógena (LM-LAG) pierde importancia al incluir la acumulación de capital en la ecuación, rechazando a pesar de todo el contraste la hipótesis nula al 5%. Sin embargo, cuando las interacciones entre economías no se circunscriben a la mera contigüidad física sino que se permite la interacción con todas las economías en la muestra, a través de una función inversa de la distancia, la inclusión de las variables condicionantes no modifica sustancialmente los niveles de dependencia espacial en la ecuación de crecimiento.¹⁴

Por tanto, de los resultados para la muestra de países parece derivarse que las habituales variables condicionantes del estado estacionario (con una mayor intensidad tras la inclusión del capital humano) pueden explicar parte de la dependencia espacial observada en la ecuación de crecimiento, pero que otra parte realmente importante queda por explicar, sobre todo bajo el supuesto de que las externalidades no se limiten a economías colindantes geográficamente. En la medida en que esa dependencia sea debida a la omisión en el modelo de externalidades entre las unidades observacionales, la especificación derivada ante la presencia de *spillovers* entre economías nos proporcionará una mejor representación del proceso de crecimiento económico y de sus factores determinantes.

5.2. Estimación de la ecuación de crecimiento en presencia de externalidades entre economías

En la sección tercera se ha derivado la ecuación de crecimiento correspondiente a una tecnología de producción en la que existen externalidades entre economías debidas a la

acumulación de factores. La ecuación resultante (8) puede ser escrita en forma de una expresión susceptible de ser utilizada en términos econométricos, de la siguiente forma:

$$\mathbf{g}_y = \mathbf{cte} + \gamma \ln \mathbf{y}_0 + \gamma \mathbf{W} \ln \mathbf{y}_0 + \gamma \mathbf{W} \mathbf{g}_y + \gamma \left\{ \ln \mathbf{S}_k - \ln(\mathbf{n} + \mathbf{g} + \mathbf{d}) \right\} + \gamma \left\{ \ln \mathbf{S}_h - \ln(\mathbf{n} + \mathbf{g} + \mathbf{d}) \right\} + \mathbf{u} \quad (11)$$

donde los caracteres en negrita denotan vectores Nx1 de observaciones de cada una de las variables, \mathbf{g}_y es la tasa natural de crecimiento en el periodo 0 a T, \mathbf{y}_0 es el producto per cápita en el periodo inicial, \mathbf{S}_k y \mathbf{S}_h son una medida de las tasas de ahorro en capital físico y humano, y \mathbf{n} , \mathbf{g} y \mathbf{d} son respectivamente la tasa de crecimiento de la población, la de la tecnología --exógena-- y la tasa de depreciación. Por otra parte, \mathbf{W} es la matriz de contactos definida en el apartado anterior. Los parámetros de la forma reducida anterior están vinculados con los estructurales de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \mathbf{cte} &= (1 + \gamma) \mathbf{g} - (1 - e^{-T}) \frac{1}{1 - (\gamma_k + \gamma_h)} (\ln \mathbf{y}_0 + \mathbf{g}T) & \gamma_k &= (1 - e^{-T}) \frac{\gamma_k}{1 - (\gamma_k + \gamma_h)} \\ \gamma_y &= -(1 - e^{-T}) & \gamma_h &= (1 - e^{-T}) \frac{\gamma_h}{1 - (\gamma_k + \gamma_h)} \\ \gamma_g &= & \gamma_y &= \frac{(1 - e^{-T})}{1 - (\gamma_k + \gamma_h)} \end{aligned}$$

y se puede apreciar como $\gamma_y = \gamma_g (-\gamma_y + \gamma_k + \gamma_h)$. Finalmente, \mathbf{u} denota un término de perturbación bien comportado, con la interpretación y características habituales en este tipo de modelización.

Conviene destacar que, de la estimación incorporando las restricciones entre los parámetros de la forma reducida dados por los parámetros estructurales, será posible obtener una estimación de la velocidad de convergencia (γ), de la intensidad de las externalidades entre economías (γ) y de los rendimientos a ambos tipos de capital (γ_k y γ_h). Pero ello sólo será posible en el caso de disponer de información relativa a las tasas de acumulación en capital físico y humano. En caso contrario, dichas variables pasarían a engrosar el término independiente lo que impediría la identificación de los parámetros que aproximan su rendimiento. En este último caso, no será

posible incorporar las restricciones en los parámetros del modelo econométrico, aunque la tasa de convergencia y la intensidad de las externalidades se seguirán obteniendo a partir de γ y β . De esta forma, esta última situación caracterizará a la estimación que realizaremos para las regiones europeas y americanas y las del modelo incondicional del conjunto de países de MRW. Obviamente, la inclusión de tasas de acumulación en capital físico y humano para esta última muestra permitirá recuperar todos los parámetros del modelo.

Dado que la expresión (11) incluye el retardo espacial de la variable endógena como regresor, el estimador de mínimos cuadrados no proporcionará estimaciones insesgadas de los parámetros del modelo.¹⁵ Por el contrario el estimador de máxima verosimilitud (MV) proporciona estimadores adecuados bajo condiciones generales. La función a maximizar aparece detallada en el apéndice. Los resultados de dicha estimación se presentan en la tabla 4 para el caso regional y en la tabla 5 para el de la muestra de 98 países. Por lo que respecta al primer caso, la estimación del parámetro que aproxima la intensidad de las externalidades proporciona valores elevados tanto en la economía europea como en la americana, alrededor de 0.6 y significativo en todos los casos. Únicamente en el caso de la matriz de distancias para las regiones europeas el parámetro alcanza un valor superior (0.87). Esto nos indicaría que alrededor de un 60% del rendimiento a la acumulación de capital, que origina un aumento en el nivel de tecnología, desborda las fronteras de las economías regionales, causando un beneficio en todo el sistema. Este valor es sustancialmente más elevado que el obtenido en Finglenton y McCombie (1998) utilizando una metodología distinta para un conjunto amplio de regiones europeas en la década de los ochenta, estando más próximo al obtenido por Ciccone (1996) para el conjunto de 98 países en MRW.

Conviene resaltar que en ningún caso resta evidencia de autocorrelación espacial en los modelos ampliados. Otra cuestión que merece la pena destacar de los resultados obtenidos es el cambio sustancial observado en la estimación de la tasa de convergencia para el caso de la economía americana. A pesar de continuar siendo significativa con ambas matrices de contacto, se aprecia

un claro descenso en su valor (alrededor de 0.5% anual). Debemos recordar que la velocidad de convergencia al estado estacionario no se veía afectada por la existencia de externalidades entre economías según lo derivado a partir de los supuestos de nuestro modelo. No obstante, no podemos descartar un sesgo por omisión de variable relevante en la medida en que las externalidades estén correlacionadas con algún factor determinante del estado estacionario omitido. Finalmente, cabe señalar que las especificaciones ampliadas con externalidades entre economías mejoran sustancialmente el ajuste en todos los casos (como se deduce del valor de la función de verosimilitud y de los criterios de información que a partir de ella podamos construir). Asimismo, y atendiendo al mismo criterio, el ajuste proporcionado en el caso de la matriz de contigüidad física y en el de la de distancias es muy similar, lo que nos lleva a concluir en la importancia de la proximidad geográfica en los spillovers entre regiones.

Para el caso de países (tabla 5) la intensidad de la externalidad parece ser más modesta, sobre todo una vez se han tenido en cuenta las variables condicionantes del estado estacionario. Para la matriz de contigüidad física no podemos incluso rechazar la no relevancia de las mismas cuando las tasas de acumulación en capital físico y humano y el ritmo de crecimiento de la población son tenidas en cuenta. Esto implicaría que la dependencia espacial existente no era causada por las externalidades entre economías sino por autocorrelación espacial en las tasas de acumulación. Sin embargo, cabe tener presente que, como señalan Moreno y Trehan (1997), en el caso de una amplia muestra de países, la contigüidad física puede ser muy restrictiva en cuanto a la dimensión espacial de las externalidades. Por ejemplo, según ese criterio estamos despreciando la difusión de tecnología que se produce entre Gran Bretaña y Alemania, Estados Unidos y Europa o Japón, etc.¹⁶

La consideración de la matriz de distancias, al incluir a todas las economías --aunque con ponderación inversa a la distancia al cuadrado-- supera en parte las limitaciones antes esbozadas para el caso de la mera contigüidad física. Además, y como se deduce del valor del logaritmo de la verosimilitud, el ajuste proporcionado mejora sustancialmente respecto al obtenido

previamente. En este caso, como era de esperar, los valores son ligeramente mayores (entre 0.5 y 0.25), y lo que es más relevante para nuestro análisis, el parámetro que aproxima la externalidad permanece significativo en el caso del modelo ampliado con capital físico y humano, aunque su peso disminuye notablemente. En resumen, una vez consideramos la interacción de todas las economías, las externalidades parecen seguir siendo importantes para explicar la dinámica del crecimiento aún después de incluir las tasas de acumulación de capital físico y humano.

Centrándonos en el modelo ampliado con ambos tipos de capital, también se aprecia como la inclusión de las externalidades prácticamente no altera la tasa de convergencia, pero la estimación de los rendimientos al capital físico y humano sí se ve afectada. La tabla 6 presenta los rendimientos a ambos factores derivados en el trabajo de MRW y los resultantes de la misma especificación tras incluir las externalidades entre economías. Se aprecia una ligera reducción en el caso de considerar externalidades entre economías. Dicha reducción se produce por igual en ambos tipos de capital, lo que provoca una disminución en los rendimientos agregados de más de un 8%. No obstante, hay que recordar que éstos son los rendimientos directos (internos) que obtiene una economía de la acumulación en estos factores. Pero no debemos olvidar que una fracción es aprovechada por las economías *vecinas* a la que realiza la inversión y que de esta manera se produce un rendimiento global como suma del interno y del externo.

El proceso de difusión se puede apreciar más claramente si escribimos la expresión (11) como:

$$\mathbf{g}_y = \frac{\mathbf{cte}}{1 - g} + (\mathbf{I} - g \mathbf{W})^{-1} (\mathbf{y} + \mathbf{y} \mathbf{W}) \ln \mathbf{y}_0 + (\mathbf{I} - g \mathbf{W})^{-1} \mathbf{k} \{ \ln \mathbf{S}_k - \ln(\mathbf{n} + \mathbf{g} + \mathbf{d}) \} + (\mathbf{I} - g \mathbf{W})^{-1} \mathbf{h} \{ \ln \mathbf{S}_h - \ln(\mathbf{n} + \mathbf{g} + \mathbf{d}) \} + (\mathbf{I} - g \mathbf{W})^{-1} \mathbf{u} \quad (12)$$

donde se puede apreciar como la acumulación en cualquier economía tiene un efecto en todas las demás economías del sistema aunque con una intensidad que decae exponencialmente.¹⁷ Lo mismo cabe decir de un shock no anticipado (\mathbf{u}) que afectase a cualquier economía del sistema.

La expresión anterior también nos permite ilustrar lo que hemos calificado como rendimiento global o de equilibrio del sistema de economías. De la misma forma que obtenemos el rendimiento a la acumulación de capital en la economía que realiza la inversión a través de k y h , podemos obtener una estimación del rendimiento en el conjunto del sistema mediante $k/(1-g)$ y $h/(1-g)$. Siguiendo con el caso de la matriz de distancias, el rendimiento global a la acumulación de capital físico se sitúa en el 58.2% mientras que el del capital humano lo hace en el 24.6%. La diferencia entre estos valores y los obtenidos anteriormente nos daría una medida del rendimiento externo de ambos factores. Por tanto, podemos concluir que la acumulación conjunta de ambos tipos de factores tiene un rendimiento interno del 62.6% mientras que los rendimientos externos alcanzan el 20%, siendo estos últimos atribuibles en similar proporción al capital físico y humano.

Conviene notar, por último, que del mismo modo que unos rendimientos internos ligeramente superiores al 60% estarían asociados a una tasa de convergencia del 1.8% anual (tomando $n+g+d=0.05$), los rendimientos después de considerar los efectos externos tendrían asociada una tasa mucho menor (alrededor de 0.8%). Esta última tasa de convergencia coincide con la que obtendríamos a partir de las estimaciones para los parámetros, teniendo en cuenta la expresión $(y+y)/(1-g)$. Lo que no hace más que confirmar que los desbordamientos pueden contrarrestar los mecanismos internos de convergencia.

De esta forma y a modo de resumen, podríamos concluir que las externalidades entre economías en la muestra de países resultan significativas cuando permitimos interacciones que superan la simple contigüidad geográfica, y que provocan un rendimiento externo a la economía que realiza la inversión en capital que podría situarse cercana a un tercio del rendimiento interno de dicha inversión.

6. CONCLUSIONES

Este trabajo ha presentado una propuesta de modelización de los efectos desbordamiento causados por la acumulación de capital en las economías *vecinas*. Se ha mostrado como éstos afectarían positivamente a los niveles de estado estacionario y también a la dinámica de crecimiento aunque sin afectar a la tasa de convergencia debida a factores internos a cada economía. La expresión resultante para la ecuación de crecimiento permite obtener una estimación de la intensidad de las externalidades junto con la de la tasa de convergencia y de los rendimientos del capital.

La evidencia obtenida muestra como las externalidades podrían ser mayores entre regiones que entre países heterogéneos, aunque en las primeras no se haya podido condicionar al efecto de la acumulación de capital. De la muestra de países, se deduce que cuando se permiten interacciones entre todas las economías, aunque ponderadas en función inversa de la distancia al cuadrado, la intensidad de las externalidades disminuye a la mitad tras la consideración de las tasas de acumulación capital físico y humano. No obstante, continúan siendo altamente significativas. Como resultado, mientras que los rendimientos internos a ambos tipos de capital se situarían en torno al 60%, los rendimientos después de incorporar la externalidad ascienden hasta el 80%. Ello evidencia como los efectos desbordamiento contrarrestan en parte los mecanismos tradicionales de convergencia debido a factores propios de cada economía.

Evidentemente, una posible crítica a estos resultados sería que la omisión de variables relacionadas con el nivel tecnológico, y correlacionadas espacialmente, sería la causante de la significación de la externalidad. No obstante, en la sección tercera se ha mostrado como estas externalidades podrían tener un fundamento teórico, y en todo caso, el hecho de que determinadas economías puedan compartir características que las lleven a mostrar niveles tecnológicos similares reforzaría la idea de que una innovación generada en cualquiera de ellas pudiese adoptarse rápidamente en todas las demás.

Finalmente, señalar que resultaría interesante considerar otras vías de transmisión de externalidades a través de la definición de la matriz de contactos, así como ampliar las especificaciones para el caso regional con variables condicionantes del estado estacionario. En este sentido, cabe señalar que la incompatibilidad entre los contrastes y estimadores utilizados en el ámbito de la econometría espacial y las técnicas de datos de panel que permiten considerar de forma adecuada efectos inobservables impiden por el momento la aplicación del estudio en un panel de datos.

APÉNDICE

Contrastes de dependencia espacial

Tomando como referencia el modelo $\mathbf{y} = \mathbf{X}\hat{\mathbf{a}} + \hat{\mathbf{a}}$, se presentan a continuación los contrastes de dependencia espacial que han sido utilizados en el apartado 5. El contraste LM-ERR presenta como hipótesis nula la ausencia de dependencia espacial residual, es decir $\varepsilon = \mathbf{u}$ con $\mathbf{u} \sim N(\mathbf{0}, \sigma^2 \mathbf{I})$, frente a la hipótesis alternativa de perturbación autorregresiva espacial,

$$\hat{\mathbf{a}} = \mathbf{W}\hat{\mathbf{a}} + \mathbf{u} \quad \mathbf{u} \sim N(\mathbf{0}, \sigma^2 \mathbf{I}) \quad (\text{A.1})$$

y presenta la siguiente expresión (Burrige, 1980):

$$\text{LM - ERR} = \frac{\mathbf{e}'\mathbf{W}\mathbf{e} / \sigma^2}{T_1} \quad (\text{A.2})$$

donde \mathbf{e} son los residuos MCO de la regresión sin considerar efectos espaciales, \mathbf{W} es una matriz ($N \times N$) de pesos, $\hat{\sigma}^2$ es la estimación máximo verosímil de la desviación estándar del modelo y $T_1 = \text{traza}(\mathbf{W}'\mathbf{W} + \mathbf{W}^2)$. Bajo la hipótesis nula ($\sigma = 0$), el contraste se distribuye según una χ^2 con 1 grado de libertad.

Tomando la misma especificación anterior del modelo de regresión, el contraste LM-LAG presenta como hipótesis nula la ausencia de dependencia espacial sustantiva frente a la alternativa de presencia de un retardo espacial de la variable endógena

$$\mathbf{y} = \tilde{\mathbf{n}}\mathbf{W}\mathbf{y} + \mathbf{X}\hat{\mathbf{a}} + \mathbf{u} \quad \mathbf{u} \sim N(\mathbf{0}, \sigma^2 \mathbf{I}) \quad (\text{A.3})$$

calculándose como (Anselin, 1988b):

$$\text{LM - LAG} = \frac{\mathbf{e}'\mathbf{W}\mathbf{y} / \sigma^2}{\text{RJ}} \quad (\text{A.4})$$

donde $\text{RJ} = T_1 + (\mathbf{W}\mathbf{X})' \mathbf{M} (\mathbf{W}\mathbf{X}) / \hat{\sigma}^2$, \mathbf{M} es la matriz idempotente $\mathbf{M} = \mathbf{I} - \mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'$ e \mathbf{I} la matriz identidad de orden ($N \times N$), manteniendo $\hat{\sigma}^2$, T_1 y \mathbf{W} el mismo significado que el

expuesto para el caso del test LM-ERR. Bajo la hipótesis nula ($\alpha = 0$), el contraste se distribuye según una χ^2 con 1 grado de libertad.

Función de verosimilitud de la ecuación de crecimiento con externalidades

Teniendo en cuenta la expresión general de la ecuación con externalidades dada por (12), la función de verosimilitud vendría dada por:

$$L(y, \tilde{g}, k, h, \sigma^2) = \sum_i \ln(1 - \tilde{g} \tilde{\theta}_i) - \frac{N}{2} \ln(2) - \frac{N}{2} \ln(\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2} \mathbf{u}'\mathbf{u} \tag{A.6}$$

$$\mathbf{u} = \mathbf{g}_y - \tilde{g} \mathbf{W} \mathbf{g}_y - \mathbf{c} \mathbf{t} e - \mathbf{v}_y \ln \mathbf{y}_0 - \tilde{g} \tilde{\theta} (-\mathbf{y} + \mathbf{k} + \mathbf{h}) \mathbf{W} \ln \mathbf{y}_0 - \mathbf{k} [\ln \mathbf{s}_k - \ln(\mathbf{n} + \mathbf{g} + \mathbf{d})] - \mathbf{h} [\ln \mathbf{s}_h - \ln(\mathbf{n} + \mathbf{g} + \mathbf{d})]$$

siendo v_i ($i=1, \dots, N$) los valores propios de la matriz de contactos W . La maximización de (A.6) proporciona la estimación máximo verosímil de los parámetros dado el cumplimiento de las condiciones de regularidad. En todos los casos se ha utilizado el algoritmo de Newton-Raphson implementado en el procedimiento OPTMUM de Gauss v3.2.38. Cabe señalar, finalmente, que el modelo empírico cumple la condición de identificación de todos los parámetros dada la independencia de las columnas de la matriz de pseudo-regresores.

Referencias bibliográficas:

- Anselin, L. (1988a), *Spatial econometrics: methods and models*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Anselin, L., (1988b), Lagrange multiplier test diagnostics for spatial dependence and spatial heterogeneity, *Geographical Analysis* 20, 1-17.
- Anselin, L. y Hudak, S. (1992), Spatial econometrics in practice. A review of software options, *Regional Science and Urban Economics*, 22(3), 509-536.
- Azariadis, C. y A. Drazen (1990), Threshold externalities in economic development, *Quarterly Journal of Economics* 105(2), 501-526.
- Barro, R. y X. Sala-i-Martin, (1995), *Economic Growth*, (McGraw-Hill, New York).
- Bernstein, J.I. y Yan, X. (1997), International R&D spillovers between Canadian and Japanese industries", *Canadian Journal of Economics*, XXX(2), 276-294.
- Burnside, C., (1996), Production function regressions, returns to scale and externalities, *Journal of Monetary Economics* 37(2), pp. 177-205.
- Burridge, P., (1980), On the Cliff-Ord test for spatial autocorrelation, *Journal of the Royal Statistical Society*, B 42, 107-108.
- Caballero, R. y R. Lyons (1990), Internal versus external economies in European industry, *European Economic Review* 34, pp. 805-830.
- Caballero, R.J. y R.K. Lyons (1992), External effects in US procyclical productivity, *Journal of Monetary Economics*, 29, 209-225.
- Chua, H.B., (1993), Regional spillovers and economic growth, Ph.D. dissertation, Harvard University (de Barro y Sala-i-Martin, 1995).
- Ciccone, A., (1996), Dynamic externalities, spatial technology diffusion, and economic growth, University of California at Berkeley y University Pompeu Fabra, Mimeo.
- Ciccone, A. y R.E. Hall (1996), Productivity and density of economic activity, *American Economic Review*, 86(1), 54-70.
- Cliff, A., y J. Ord (1981), *Spatial Process. Models and Applications*. London, Pion.
- Coe, D., y E. Helpman, (1995), International R&D spillovers, *European Economic Review* 39, pp. 859-887.
- De Lucio, J.J. (1996), Urbanization and growth, Doc. Trab. 96-28, FEDEA, Madrid.
- Ellison G. y E.L. Glaeser (1997), Geographic concentration in U.S. manufacturing industries: A dartboard approach, *Journal of Political Economy*, 105(5), 889-927.
- Feldman, M.P. y D.B. Audretsch (1999), Innovation in cities: Science-based diversity, specialization and localized competition, *European Economic Review*, (43)2, 409-429
- Fingleton, B. y J.S.L. McCombie (1998), Increasing returns and economic growth: Some evidence for manufacturing from the European Union regions, *Oxford Economic Papers*, 50, 89-105.
- Glaeser, E., Kallal, H., Scheinkman, J. y A. Shleifer (1992), Growth in cities, *Journal of Political Economy*, 100, 1126-1152.
- Grossman, G.M. y E. Helpman, (1991), *Innovation and growth in the global economy*, MIT Press, Cambridge MA.
- Helpman, E. (1997), R&D and productivity: The international connection, NBER Working Paper nº 6101.
- Henderson, V. (1992), Where does an industry locate?, *Journal of Urban Economics* 35, 83-104.
- Keller, J. (1998), Are international R&D spillovers trade-related? Analyzing spillovers among randomly matched trade partners, *European Economic Review* 42, pp. 1469-1481.
- Krugman, P., (1991), *Geography and Trade*, MIT Press, Cambridge MA.
- Krugman, P. y A. Venables, (1995), Globalization and the inequality of nations, *Quarterly Journal of Economics* 110, 857-880.
- López-Bazo, E., Vayá, E., Moreno, R. y J. Suriñach (1998), Grow, neighbor, grow, grow... Neighbor be good!, *Mimeo Departamento de Econometría, Estadística y Economía Española, Universidad de Barcelona*.
- López-Bazo, E., Vayá, E., Mora, A.J. y J. Suriñach (1999), Regional economic dynamics and convergence in the European Union, *The Annals of Regional Science*, 22(3), 1-28.
- Lucas, R.E., JR. (1988), On the mechanics of economic development, *Journal of Monetary Economics*, 22, pp. 3-42.
- Mankiw, N.G., Romer, D. y D.N. Weil (1992), A contribution to the empirics of economic growth, *Quarterly Journal of Economics* 107, pp. 407-437.
- Marshall, A. (1920), *Principles of economics*, Macmillan, London.
- Moran, P. (1948), The interpretation of statistical maps, *Journal of the Royal Statistical Society*, 10, 243-251.

- Moreno, R. y B. Trehan (1997), Location and the growth of nations, *Journal of Economic Growth*, 2 (4), pp. 399-418.
- Morrison, C.J. y Siegel, D.S. (1999), Scale economies and industry agglomeration externalities: a dynamic cost function approach, *The American Economic Review*, vol.89, n°1, pp. 272-290.
- Murphy, K.M., Shleifer, A. y Vishny, R. (1989), Industrialization and the big push, *Journal of Political Economy* 97(5), 1003-1026.
- Nadiri, I. y S. Kim (1996), International R&D spillovers, trade and productivity in major OECD countries, *NBER-5801*.
- Park, W.G. (1995), International R&D spillovers and OECD economic growth, *Economic Inquiry* 33, pp. 571-591.
- Puga, D. y A.J. Venables (1996), The spread of industry: spatial agglomeration in economic development, *Journal of the Japanese and International Economics* 10, pp. 440-464.
- Quah, D. (1996), Regional convergence clusters across Europe, *European Economic Review* 40, pp. 951-958.
- Rey, S. y Montouri, B.D. (1999), U.S. regional income convergence: A spatial econometric perspective, *Regional Studies*, forthcoming.
- Romer, P. (1986), Increasing returns and long-run growth, *Journal of Political Economy*, 94, pp. 1002-1037.
- Scitovsky, T. (1954), Two concepts of external economies, *Journal of Political Economy* 62, 143-151.
- Suárez, F.J. (1992), Economías de escala, poder de mercado y externalidades: Medición de las fuentes del crecimiento español, *Investigaciones Económicas*, XVI(3), 411-441.
- Venables, A. (1996), Equilibrium locations of vertically linked industries, *International Economic Review* 37, pp. 341-359.
- Verspagen, B. (1997), Estimating international technology spillovers using tech flow matrices, *Weltwirtschaftliches Archiv*, 133(2), 226-248.

TABLA 1. Estadístico I de Moran de dependencia espacial para el producto per capita y su tasa de crecimiento

	Contigüidad física			Inversa distancia al cuadrado		
	Ln (Y ₀)	Ln (Y _T)	g _y	Ln (Y ₀)	Ln (Y _T)	g _y
108 regiones UE	11.70*	10.83*	10.21*	16.99*	15.77*	14.29*
48 estados US	5.47*	4.14*	6.28*	5.71*	4.77*	5.35*
98 países MRW	8.35*	9.00*	4.26*	10.22*	10.83*	5.39*

Nota: y_0 e y_T son la medida de la actividad económica en el período inicial y final. En el caso de las regiones de la UE se aproxima a través del VAB por ocupado, en 1975 y 1992, en el de los estados de US mediante la renta per capita en 1964 y 1997, y en la muestra de 98 países mediante el PIB p.c. en 1960 y 1985. g_y es la tasa logarítmica de crecimiento entre 0 y T. * denota significativo al 1%

TABLA 2. Estimación de la ecuación de crecimiento para el caso regional de la UE y US sin externalidades entre economías

	108 regiones UE		48 Estados US	
ln (Y ₀)	-0.365 (0.028)		-0.3044 (0.064)	
Implícita	0.0267 (0.0026)		0.0109 (0.003)	
R ²	0.596		0.310	
lnL	60.65		52.53	
	Contigüidad física	Inv distancia cuadrado	Contigüidad física	Inv distancia cuadrado
I-Moran	7.61*	10.50*	5.12*	4.55*
LM-LAG	41.55*	54.63*	20.91*	13.81*
LM-ERR	51.54*	86.24*	20.01*	13.98*

Notas: La variable dependiente es la diferencia logarítmica del VAB por ocupado entre 1975 y 1992 en el caso de la UE y de la renta per capita entre 1964 y 1997 en el de los estados de US. Y₀ es el VAB por ocupado en 1975 en el primer caso y la renta per cápita en 1964 en el segundo. lnL es el valor del máximo del logaritmo de la función de verosimilitud. Desviación estándar entre paréntesis. * denota significativo al 1%.

TABLA 3. Estimación de la ecuación de crecimiento para la muestra de 98 países en MRW (1992) sin externalidades entre economías

	Convergencia Incondicional (Tabla III en MRW, 1992)		Convergencia Condicional (Tabla IV en MRW, 1992)		Convergencia Condicional (Tabla V en MRW, 1992)	
ln (Y ₀)	0.094 (0.049)		-0.141 (0.052)		-0.288 (0.061)	
ln (I/GDP)			0.647 (0.086)		0.523 (0.087)	
ln (n+g+)			-0.302 (0.304)		-0.505 (0.288)	
ln (School)					0.231 (0.059)	
Implicita	-0.0036 (0.0017)		0.006 (0.002)		0.013 (0.003)	
R ²	0.026		0.382		0.463	
lnL	-57.70		-34.32		-26.95	
	Contig física	Inv dist cuad	Contig física	Inv dist cuad	Contig física	Inv dist cuad
I-Moran	3.44*	4.56*	1.89***	4.09*	1.17	2.79*
LM-LAG	10.65*	19.62*	9.21*	19.68*	5.62**	11.82*
LM-ERR	10.10*	16.24*	2.57	11.86*	0.73	4.71**

Notas: La variable dependiente es la diferencia logarítmica del PIB per cápita entre 1960 y 1985. Y₀ es el PIB per cápita en 1960, I/GDP, n+g+ y School denotan el ratio entre la inversión y el PIB, la suma de las tasas de crecimiento de la población, la tecnología y la tasa de depreciación y el porcentaje de población con escolarización secundaria. lnL es el valor del máximo del logaritmo de la función de verosimilitud. Desviación estándar entre paréntesis. *, **, *** denota significativo al 1%, 5% y 10%.

TABLA 4. Estimación de la ecuación de crecimiento para el caso regional de la UE y US con externalidades entre economías

	108 regiones UE		48 Estados US	
	Contigüidad física	Inv distancia cuadr	Contigüidad física	Inv distancia cuadr
ln (Y ₀)	-0.318 (0.056)	-0.357 (0.055)	-0.160 (0.069)	-0.189 (0.080)
	0.663 (0.071)	0.877 (0.065)	0.583 (0.130)	0.629 (0.157)
Implícita	0.025 (0.005)	0.026 (0.005)	0.005 (0.002)	0.006 (0.003)
lnL	86.99	86.92	62.66	59.24

Notas: La variable dependiente es la diferencia logarítmica del VAB por ocupado entre 1975 y 1992 en el caso de la UE y de la renta per capita entre 1964 y 1997 en el de los estados de US. Y₀ es el VAB por ocupado en 1975 en el primer caso y la renta per cápita en 1964 en el segundo. denota al parámetro que mide la externalidad entre economías. lnL es el valor del máximo del logaritmo de la función de verosimilitud. Desviación estándar entre paréntesis.

TABLA 5. Estimación de la ecuación de crecimiento para la muestra de 98 países en MRW (1992) con externalidades entre economías

	Contigüidad física			Inversa distancia cuadrado		
	Conv Incond	Conv Cond (K)	Conv Cond (K y H)	Conv Incond	Conv Cond (K)	Conv Cond (K y H)
ln (Y ₀)	0.056 (0.054)	-0.110 (0.052)	-0.276 (0.057)	-0.105 (0.069)	-0.253 (0.059)	-0.341 (0.062)
ln (I/GDP)- ln(n+g+d)		0.432 (0.082)	0.392 (0.067)		0.425 (0.078)	0.402 (0.074)
ln (School)- ln(n+g+d)			0.265 (0.057)			0.169 (0.060)
	0.387 (0.091)	0.072 (0.060)	-0.005 (0.035)	0.541 (0.126)	0.409 (0.111)	0.242 (0.086)
Implícita	-0.002 (0.002)	0.005 (0.002)	0.013 (0.002)	0.004 (0.003)	0.012 (0.003)	0.016 (0.003)
lnL	-51.38	-40.27	-31.23	-49.09	-27.97	-24.54

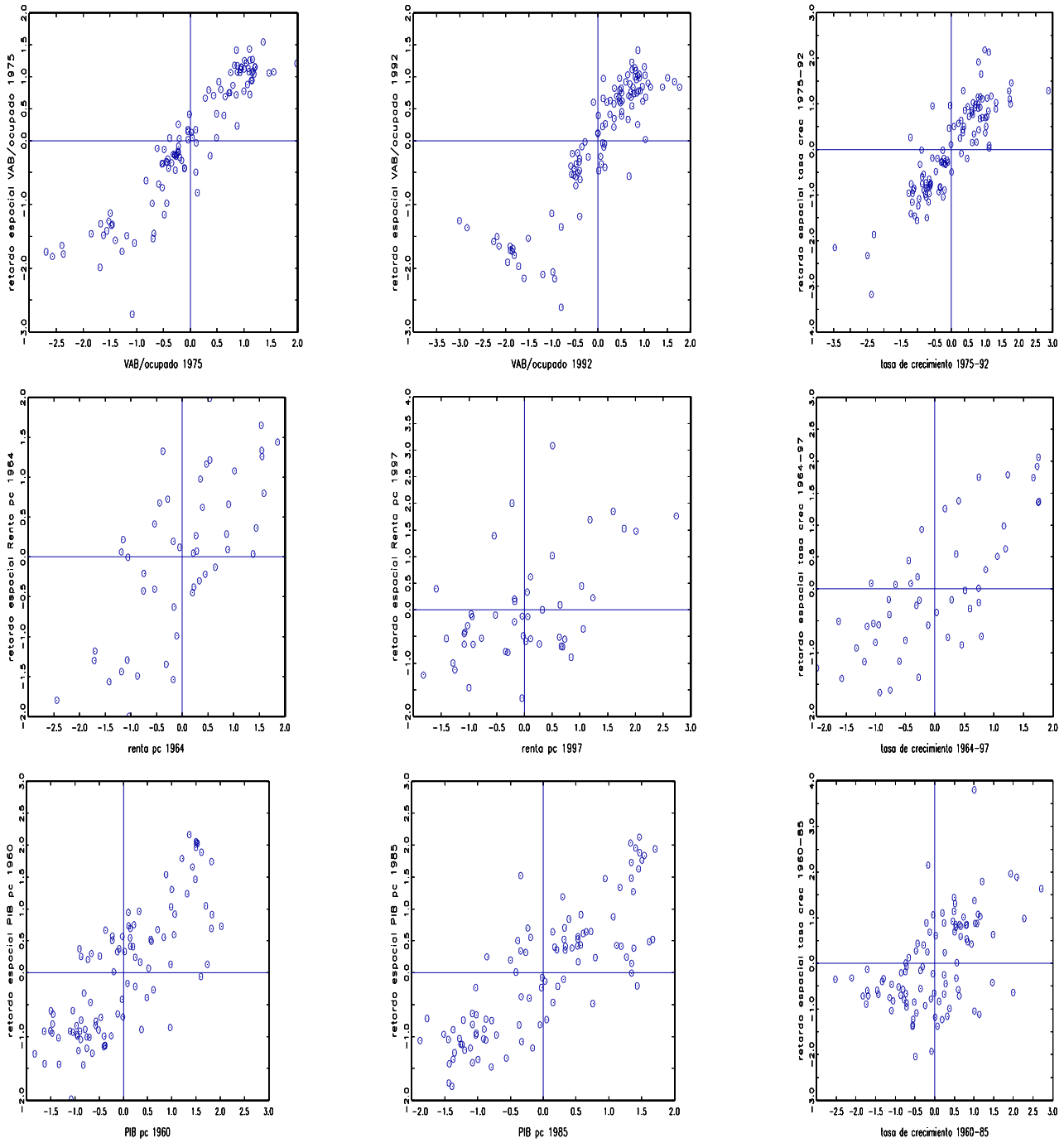
Notas: La variable dependiente es la diferencia logarítmica del PIB per cápita entre 1960 y 1985. Y₀ es el PIB per cápita en 1960, I/GDP, n+g+ y School denotan el ratio entre la inversión y el PIB, la suma de las tasas de crecimiento de la población, la tecnología y la tasa de depreciación y el porcentaje de población con escolarización secundaria. denota al parámetro que mide la externalidad entre economías. lnL es el valor del máximo del logaritmo de la función de verosimilitud. Desviación estándar entre paréntesis.

TABLA 6. Rendimientos internos y globales para la muestra de 98 países en MRW (1992)

	Tabla VI 1ª col. en MRW (1992)	Inversa distancia cuadrado	
		interno	global
k-implícito	48%	44.1%	58.2%
h-implícito	23%	18.5%	24.4%
k+ h	71%	62.6%	82.6%

Notas: Los resultados están basados en los rendimientos implícitos obtenidos por MRW y en los de la estimación del modelo de crecimiento con externalidades cuyos resultados aparecen en la columna sexta de la tabla 5.

FIGURA 1. Moran Scatterplot para las regiones europeas (fila superior), los estados americanos (fila central) y los países de la muestra de MRW (fila inferior)



¹ Evidencia en este sentido para la industria española se puede encontrar en Suárez (1992).

² El concepto de vecindad debe ser entendido en sentido amplio, no reduciéndose por tanto a la mera contigüidad física. Así, podemos pensar en socios comerciales, tecnológicos, etc.

³ Con el propósito de evitar un efecto escala, consideramos que el nivel agregado de tecnología es una función de la intensidad de capital y no de su stock.

⁴ Por simplicidad, suponemos que el valor de los rendimientos del capital físico y humano (k , h) es idéntico para todas las economías.

⁵ Un análisis más detallado en cuanto a las implicaciones de la inclusión de dichas externalidades en la tecnología de producción se encuentra en López-Bazo et al (1998).

⁶ Los subíndices referentes a la economía i y el período t son omitidos con el fin de simplificar la notación. sigue denotando las economías *vecinas* a la analizada.

⁷ Para derivar dicha expresión se ha introducido el supuesto de que, de forma aislada, ninguna economía es lo suficientemente importante como para afectar al nivel del conjunto de sus *vecinas*. Así, $y = k^k h^h$ y

$$g_y = k g_k + h g_h .$$

⁸ Los resultados presentados en este apartado y el siguiente se han obtenido mediante GAUSS v3.2.38. Los autores pueden proporcionar los códigos y los datos a los lectores interesados.

⁹ Siguiendo las ideas de Grossman y Helpman (1991) y Coe y Helpman (1995), se puede suponer que la tecnología está incorporada en los bienes que se intercambian, de forma que cabría esperar una mayor interdependencia entre aquellas economías que mantienen una relación comercial mayor, especialmente en términos de bienes intermedios. No obstante, la no disponibilidad de datos relativos a los intercambios comerciales para algunas de las muestras que se consideran en este trabajo, hace inviable la consideración de este supuesto de difusión tecnológica. Cabe pensar, sin embargo, que el criterio de la distancia recoge, en parte, el esquema de interdependencias generado como consecuencia de los intercambios comerciales, dado que los mismos suelen disminuir a medida que aumenta la distancia que separa las economías. Asimismo, otros autores (por ejemplo, Verspagen, 1997) han sugerido matrices de flujos tecnológicos, estimadas a través de las citaciones de patentes.

¹⁰ La inferencia se basa en el valor normalizado del contraste. En Cliff y Ord (1981) se ofrecen las expresiones detalladas de los momentos del contraste.

¹¹ Este supuesto puede ser claramente cuestionado, como evidencian algunos trabajos en este contexto. Sin embargo, nuestro análisis simplemente pretende mostrar la influencia que las externalidades entre economías pueden ejercer en un contexto regional. Tal y como se mostrará posteriormente para el caso de la muestra de países, el condicionamiento puede matizar las conclusiones sobre la estimación de la intensidad de la externalidad, pero no conduce a descartar su relevancia.

¹² Una breve descripción de estos estadísticos se encuentra en el apéndice. Véase también Anselin (1988a) y Anselin y Hudack (1992).

¹³ Dado que los contrastes no son independientes del tamaño de la muestra, no es posible hacer comparaciones de la intensidad de la dependencia espacial entre las distintas economías analizadas. Este análisis se podrá realizar posteriormente al estimar el parámetro que mide la intensidad de las externalidades.

¹⁴ Conviene resaltar que el desvanecimiento de la dependencia espacial se produce en mayor medida tras la introducción del capital humano. Una posible explicación a esta circunstancia podría también venir dada por la similitud en las tasas de escolarización de países *vecinos*, lo que se traduciría en autocorrelación espacial en dicha variable, pudiendo absorber de forma espúrea parte de la dependencia espacial causada por las externalidades entre economías.

¹⁵ Contrariamente al caso temporal, en el que el estimador de mínimos cuadrados mantiene la consistencia aún en presencia del retardo de la endógena como regresor cuando el término de perturbación no está autocorrelacionado, la presencia del retardo de la endógena en el caso espacial provoca un sesgo asintótico en la estimación, independientemente de la estructura de la perturbación. Ello es así dada la bidireccionalidad de las relaciones en el caso espacial. Para mayor detalle véase, por ejemplo, Anselin (1988a).

¹⁶ En este sentido Bernstein y Yan (1997) obtienen un elevado rendimiento de las inversiones en I+D de la economía americana en la japonesa y viceversa, mientras que Bayoumi *et al* (1999) concluyen que un incremento en los gastos en I+D de 0.5% del PIB en *todos* los países industrializados provoca un rendimiento de un 50% mayor al que obtendría la economía americana en caso de realizar la misma inversión en I+D de forma aislada.

¹⁷ Nótese que esto es así aun en el caso de la matriz de contigüidad física.