

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador

Departamento de Desarrollo, Ambiente y Territorio

Convocatoria 2014-2016

Tesis para obtener el título de maestría en Economía del Desarrollo

Convergencia económica en América Latina desde el punto de vista de la econometría  
espacial en el periodo 1990-2016

Daniel Alejandro Borja Novoa

Asesor: Fernando Martín Mayoral

Lectores: Wilson Pérez y Leonardo Vera

Quito, diciembre de 2023

## Índice de contenidos

Declaración de cesión de derecho de publicación de tesis .....	3
Resumen .....	4
Agradecimientos.....	5
Introducción.....	6
Hipótesis.....	7
Capítulo 1. Marco Teórico .....	9
Antecedentes .....	9
1. El crecimiento y la convergencia económica .....	9
2. Análisis empírico de la convergencia beta .....	20
3. Difusión de la tecnología en los modelos de crecimiento .....	22
Capítulo 2. Marco metodológico.....	30
El enfoque de la econometría espacial en el estudio de la convergencia .....	30
1. Autocorrelación espacial .....	30
2. Matriz de pesos espaciales ( $w_{ij}$ ).....	31
3. Modelos econométricos espaciales .....	32
Capítulo 3. Resultados.....	40
Análisis empírico.....	40
Conclusiones .....	46
Referencias .....	47

## **Declaración de cesión de derecho de publicación de tesis**

Yo, Daniel Alejandro Borja Novoa, autor de la tesis titulada “Convergencia económica en América Latina desde el punto de vista de la econometría espacial en el periodo 1990-2016”, declaro que la obra es de mi exclusiva autoría, que la he elaborado para obtener el título de maestría, concedido por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador.

Cedo a la FLACSO Ecuador los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, bajo la licencia Creative Commons 3.0 Ecuador (CC BY-NC-ND 3.0 EC), para que esta universidad la publique en su repositorio institucional, siempre y cuando el objetivo no sea obtener un beneficio económico.

Quito, diciembre de 2023.



Firma

Daniel Alejandro Borja Novoa

## **Resumen**

El objeto de esta tesis ha sido evaluar si la dependencia espacial provocada por la difusión del conocimiento, tienen efectos sobre una convergencia económica en los países del continente americano en un periodo de veinte y seis años (1990-2016). Para este fin, se ha utilizado modelos de econometría espacial y se los ha comparado con los modelos tradicionales de convergencia.

Asimismo, se ha realizado una revisión del estado del arte de las diferentes escuelas en cuanto a las teorías de crecimiento económico y de las distintas variables a las que se atribuye dicho crecimiento.

Por otro lado, el enfoque de este análisis se centra en los modelos de crecimiento desde el punto de vista Schumpeteriano y su énfasis en la innovación y la endogenización de la tecnología.

El principal resultado ha sido que, aunque existe brechas importantes en el PIB per cápita entre los países estudiados, se observa convergencia económica en la región, independientemente del sesgo espacial encontrado.

## **Agradecimientos**

A Dios en primer lugar

A mi familia por el apoyo y el empuje. En especial a Gaby, Amelia, Rosita, Shayla.

A mi asesor de tesis Fernando quien estuvo pendiente y fue una verdadera guía de principio a fin.

A mis compañeros y amigos Diego, Lis, Carlita, Gaby con quienes estudiamos y gozamos la maestría.

## **Introducción**

A lo largo de la historia las diferentes escuelas de pensamiento económico han planteado distintos modelos que buscan explicar el fenómeno del crecimiento económico y las disparidades económicas entre países y/o regiones. Basados en estos fundamentos, el modelo neoclásico de crecimiento desarrollado por Solow (1956) tuvo un impacto fundamental en la literatura económica, originando una amplia discusión sobre los determinantes del crecimiento económico y su implicación sobre la convergencia económica de los países.

Los modelos neoclásicos de crecimiento consideran que los determinantes claves del crecimiento son la acumulación de factores y el progreso tecnológico exógeno (Ertur y Koch 2008). Su principal implicación es que los países pobres acabarían alcanzando en un determinado momento a los países ricos debido a la presencia de rendimientos de escala decrecientes en los factores reproducibles (el capital) y la exogeneidad de los determinantes del crecimiento, esto fue la llamada convergencia beta absoluta (Barro y Sala-I-Martin 1992a). Sin embargo, las estadísticas oficiales sobre el crecimiento del PIB en grupos de países no corroboraron estas conclusiones, dando pie a críticas y contra críticas.

Las nuevas escuelas de crecimiento endógeno, consideraron endógenos a los determinantes del crecimiento, por lo que no creían en un proceso de convergencia hacia un estado estacionario común. Los modelos Schumpeterianos prestan atención a la acumulación y difusión del conocimiento motivado por las innovaciones logradas por la inversión en I+D realizada por firmas que buscan maximizar sus beneficios.

A finales de los años 1980 comienzan a surgir contra críticas. Los defensores del modelo de Solow (Abramovitz 1986, Baumol 1986, Barro y Sala-I-Martin 1992), argumentaron que su modelo predecía convergencia de cada país hacia su propio estado estacionario (convergencia beta condicional). La presencia de convergencia beta era una condición necesaria pero no suficiente para demostrar convergencia en el sentido de disminución en las disparidades de renta entre países (Chatterji 1992, Quah 1993). Esto hizo necesario complementar el análisis de convergencia beta con análisis de dispersión en la distribución de la renta, siendo denominado convergencia sigma. (Sala-i-Martin 1996)

La hipótesis de convergencia beta ha sido analizada a través de múltiples técnicas cuantitativas, tanto paramétricas como no paramétricas. Los primeros trabajos partieron de una simple relación lineal entre crecimiento económico (variable dependiente) y renta al principio del período (variable independiente), buscando encontrar una relación

estadísticamente significativa y negativa entre ambas variables. La metodología de mínimos cuadrados fue la técnica preferida por los investigadores. Sin embargo, la ecuación de convergencia se fue haciendo poco a poco más compleja, incluyendo otras variables determinantes del crecimiento económico que explicaran diferencias persistentes en renta per cápita entre países (convergencia beta condicional). A principios de 1990, los autores comenzaron a utilizar técnicas econométricas basadas en datos de panel estáticos y dinámicos, buscando corregir sesgos por variable omitida o por la posible endogeneidad de las variables explicativas. Sin embargo, la mayor parte de estos trabajos no tuvieron en cuenta la posible heterogeneidad espacial y la dependencia espacial entre variables de distintos países, de forma que el valor de una variable como el PIB en un país no viene determinado únicamente por factores internos sino también por el valor de esa variable en los países vecinos (autocorrelación espacial) (Serrano y Vayá 2000).

El presente estudio busca verificar de si existe o no convergencia en América Latina en el periodo 1990-2016 con un enfoque de econometría espacial. El resto del trabajo se divide en tres secciones, la primera es una descripción teórica de las diferentes escuelas de pensamiento económico y su visión del crecimiento y la convergencia económica. En la segunda sección se delinea los métodos empíricos empleados para analizar la convergencia desde los métodos de corte transversal, datos de panel y modelos espaciales generales. La tercera sección presenta el estudio de convergencia en América Latina para el periodo 1990-2016, comenzando con un análisis de datos estilizados y estadísticas generales de los países en estudio. Finalmente se realiza la conclusión del trabajo.

### **Hipótesis**

Según la teoría económica neoclásica se debería esperar un proceso de convergencia económica en los países más pobres económicamente, hacia los de mayor nivel de renta per cápita, lo que estaría explicado por un incremento mayor del PIB per cápita en los países pobres que en los ricos. Esta premisa será verificada para países de América Latina y Estados Unidos utilizando los datos de renta per cápita en el periodo 1990-2016 y otras variables que podrían influir en el crecimiento económico de los países como el factor total de producción, el stock de capital físico y el capital humano. Sin embargo, según la teoría de la econometría espacial sabemos que además de los efectos temporales otros existen otros efectos indirectos (spillovers) (Anselin 1988), que podría afectar el incremento del PIB per cápita en los países debido a la localización y la vecindad de las variables, lo que indicaría una posible dependencia espacial en el proceso de convergencia, en otras palabras, que las tasas de

crecimiento de las regiones vecinas afectan al proceso de convergencia (Källström y Gullstrand 2012).

### **Objetivo general**

Analizar el efecto de la dependencia espacial en los procesos de convergencia económica en América Latina respecto a Estados Unidos en el periodo de 1990 – 2016.

### **Objetivos específicos**

- Analizar los efectos espaciales que se da en las variables económicas dentro del estudio de la convergencia económica utilizando técnicas de econometría espacial.
- Estimar un modelo econométrico de convergencia ajustado por la potencial presencia de autocorrelación espacial y heterogeneidad espacial.

## Capítulo 1. Marco Teórico

### Antecedentes

El estudio del crecimiento económico y sus causas ha sido tema de discusión desde los primeros aportes a la ciencia económica. Prácticamente todas las escuelas coinciden en que la acumulación de capital a través de inversión, motivada por la tasa de beneficios empresariales, es la principal fuerza determinante del crecimiento económico a largo plazo (Butler 2012, Gerdes 2013, Harrod 1939, Domar 1944, Solow 1956, Arrow 1962, Romer 1987, Lucas 1988a). Sin embargo, existen diferencias sustanciales entre escuelas respecto a si estas fuerzas son lideradas por la oferta (ortodoxos) o la demanda (heterodoxos), la condición de exogeneidad o endogeneidad de las tasas de inversión y de ahorro o el efecto de otros determinantes económicos como la apertura comercial, la dotación de capital humano, la inversión pública o el tamaño del estado o el sector económico; demográficos como el crecimiento de la población o la estructura poblacional o institucionales como la calidad de las instituciones. Estos fundamentos tienen una implicación directa en la hipótesis de convergencia.

#### 1. El crecimiento y la convergencia económica

A continuación, realizamos un repaso de los principales aportes realizados por los diferentes autores a la teoría del crecimiento, partiendo de los autores clásicos, para luego abordar la escuela neoclásica del crecimiento y las críticas que han tenido respecto al supuesto de convergencia económica hacia un estado estacionario común.

Los modelos de crecimiento neoclásico, predijeron convergencia hacia un estado estacionario común, siendo denominado por (Barro y Sala-I-Martin 1992b) *como convergencia beta absoluta*. Estos modelos tienen sus raíces en los postulados de la escuela clásica cuyos principales exponentes fueron Smith (1776), Ricardo (1817), Malthus (1820), Mill (1848) o incluso Marx (1848), quienes analizaron los determinantes del crecimiento económico. Smith (1776) asoció las causas del crecimiento económico a la especialización económica y las mejoras en la productividad (Elliott 1990), ambos factores promovidos por el lado de la oferta (Ley de Say). Para Smith, la división del trabajo es la principal fuente de creación de riqueza, porque es la responsable del incremento en la productividad del trabajo y lleva a una mayor acumulación de capital; la tierra y el capital también contribuyen al crecimiento económico, pero hasta cierto punto (Gerdes 2013). Smith fue defensor de la iniciativa privada y de una mínima intervención estatal para que el mercado a través de su mano invisible sea el promotor

del crecimiento económico. El progreso técnico, por tanto, tiene un carácter exógeno y los incrementos de productividad asociados al progreso técnico, permiten compensar los rendimientos marginales decrecientes en los factores productivos.

David Ricardo y Thomas Malthus estuvieron más preocupados de la distribución del ingreso. Ricardo coincide con Smith en un crecimiento liderado por la oferta y en la mínima intervención estatal, pero se diferencia de él, al considerar que los países acaban alcanzando un estado estacionario con salarios de subsistencia, cero beneficios y cese de la acumulación de capital (Smith veía este hecho como algo muy lejano en el tiempo).

Malthus al igual que Smith sostiene que la división del trabajo es el principal factor que genera crecimiento económico, pero coincide con Ricardo en que el crecimiento de la población es la que lleva al estancamiento de la economía y a salarios de subsistencia. Estas ideas reforzaban el supuesto de rendimientos marginales decrecientes en los factores productivos. Malthus, al igual que Marx, consideraron que la población es un factor endógeno, un aspecto que la diferencia del resto de autores clásicos y neoclásicos (Collantes 2003).

Malthus también coincide con Smith y Ricardo en que la acumulación de capital es una condición necesaria para el crecimiento económico (Thomas 2015). Sin embargo, considera que las fuerzas que determinan el crecimiento económico provienen de la demanda efectiva, una idea posteriormente retomada por Keynes (1937). Para Malthus, el ahorro es la causa inmediata del aumento de capital, pero un ahorro excesivo llevaría a una disminución de la demanda efectiva (paradoja del ahorro). La inversión se iguala al ahorro a través de los precios, igualando también la oferta a la demanda (Costabile y Rowthorn 1985). Las ideas de Smith y Ricardo, fueron la base de los modelos de crecimiento neoclásicos, mientras que Malthus y Marx tuvieron una influencia decisiva en los modelos de crecimiento postkeynesianos.

Las primeras aportaciones a la teoría moderna del crecimiento provienen precisamente de dos autores postkeynesianos, Harrod (1939) y Domar (1944), que interpretaron las ideas de Keynes de corto plazo, planteando por separado modelos de crecimiento de largo plazo, con conclusiones similares.<sup>1</sup> En el modelo de Harrod existe una tasa de crecimiento garantizada o

---

<sup>1</sup> La diferencia entre estos dos modelos es que Domar se centra en establecer el nivel de inversión que permita un crecimiento sostenido y equilibrado mientras que Harrod estudia las condiciones necesarias para un equilibrio entre ahorro e inversión como factores que determinan el crecimiento (González y Hassan 2005).

ex ante que depende de la tasa de ahorro y de la relación constante capital-output, que debe coincidir en todo momento con la tasa de crecimiento efectiva o ex post.<sup>2</sup>

La mayor limitación de los modelos planteados por Harrod y Domar, como lo describe Solow (1956) es que existe una única situación de equilibrio conocida como “filo de navaja”, donde cualquier desviación de la senda de crecimiento llevan a situaciones que lo alejan de él, haciendo que la economía tienda a un estado de creciente desempleo o de creciente inflación (Solow 1956). Para lograr el equilibrio en ambos modelos, es necesario que la tasa garantizada de crecimiento, que depende de los hábitos de ahorro de individuos y firmas, sea igual a la tasa natural de crecimiento, que depende del crecimiento de la población y del progreso técnico, ambas consideradas como variables exógenas (Harrod 1960). Es decir, dada una tasa de crecimiento natural igual a la suma de la tasa de crecimiento de la población ( $n$ ) y del progreso técnico ( $g$ ), solo podía haber una tasa de ahorro que lograra un crecimiento equilibrado entre la tasa garantizada y la tasa natural. Sin embargo, esta situación puede cambiar en cuanto existan desviaciones en la tasa de ahorro, la relación capital-output o la tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo (Solow 1956). La inestabilidad del modelo estaba provocada por dos elementos. El primero era el supuesto de una tasa de inversión determinada de forma endógena, que depende del nivel de utilización de la capacidad productiva (Serrano y Freitas 2007). Pero esta limitación, proviene en última instancia de la consideración de una función de producción de proporciones fijas, donde no existe posibilidad de sustitución entre trabajo y capital (Solow 1956).

El estudio del crecimiento económico tomó nuevamente importancia en los años 50 del siglo pasado, con la formulación de la teoría de crecimiento económico neoclásica por Robert Solow (1956).<sup>3</sup> Solow retoma todos los supuestos de los modelos de Harrod-Dorman, pero abandona la función de producción de proporciones fijas. En su lugar utiliza una función de producción neoclásica (Cobb-Douglas), donde supone que el producto es producido con proporciones intercambiables o sustituibles de trabajo y de capital (Solow 1956).

El modelo de Solow (1956) asume exógenas y por tanto constantes, la tasa de ahorro de los agentes, el crecimiento de la población, la tasa de depreciación, y el progreso tecnológico.

---

<sup>2</sup> Dado que la tasa de ahorro ( $s$ ) es asumida como exógena, la tasa de crecimiento garantizada ( $G = s/v$ ) coincidirá con la tasa de crecimiento efectiva ( $G_r = s/v_r$ ) cuando la ratio capital-output esperada ( $v$ ) coincida con la ratio capital-output realmente efectivizada ( $v_r$ ) (Harrod 1939b).

<sup>3</sup> (Cass 1965) y (Koopmans 1965), basados en (Ramsey 1928) desarrollaron el modelo de Solow endogeneizando las decisiones de ahorro/consumo, y permitieron profundizar la regla de oro de la acumulación establecida por (Phelps 1961).

Además, plantea un modelo de economía cerrada, sin gasto público. Solow (1956) asume una función de producción con capital y trabajo, con rendimientos constantes de escala y rendimientos marginales decrecientes en el capital, pero mantiene la relación producción-capital como variable endógena (Solow 1994).

El modelo de Solow describe la dinámica de crecimiento del stock de capital hasta que finalmente termina alcanzando el estado estacionario.<sup>4</sup> A medida que se los países van acercando a este nivel de equilibrio de largo plazo, su tasa de crecimiento va siendo menor, dado que existen rendimientos marginales decrecientes en el capital. En el estado estacionario, la tasa de crecimiento es cero, en ausencia de progreso técnico o una tasa exógena y constante  $g$ , en presencia de progreso técnico<sup>5</sup>. De esta forma, las economías más alejadas de su estado estacionario, crecerán más rápido, y podrán alcanzar en el largo plazo a las más ricas. Este modelo por tanto lleva implícita la hipótesis de convergencia económica. (Cardona et al. 2000). A continuación, se muestran las principales ecuaciones del modelo de Solow (1956).

Una función de producción Cobb-Douglas que satisface las propiedades neoclásicas:<sup>6</sup>

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha} \quad (1)$$

donde  $Y_t$  es la renta,  $A_t L_t$  es el número de unidades efectivas de trabajo,<sup>7</sup> asumiendo que existe pleno empleo y que crece a una tasa exógena y constante  $\frac{\dot{L}_t}{L_t} = n$ ,  $K_t$  es el stock de capital.  $A_t$  es nivel de progreso técnico que crece a una tasa exógena y constante  $\frac{\dot{A}_t}{A_t} = g$ .

A su vez, la acumulación de capital es obtenida a partir de la siguiente expresión, asumiendo que el ahorro iguala la inversión ( $I_t = S_t$ ):

$$I_t = \dot{K}_t + \delta K_t \text{ con } 0 \leq \delta \leq 1 \quad (2)$$

<sup>4</sup> El estado estacionario se refiere a la situación en la cual las variables crecen a una tasa constante, posiblemente cero. (Cardona et al. 2000).

<sup>5</sup> El modelo Neoclásico de crecimiento económico asume la presencia de una tendencia común en las principales variables macroeconómicas, la cual estaría determinada por el comportamiento mostrado por el cambio tecnológico en la economía. (Crespo 2003).

<sup>6</sup> La función de producción Cobb-Douglas cumple 3 propiedades: rendimientos constantes a escala, rendimientos marginales decrecientes del capital y las condiciones de INADA que implican que productividad marginal de los factores tiende a cero cuando un factor tiende a infinito, y tiende a infinito cuando el capital tiende a cero. El modelo de Solow (1956) incorpora la tecnología como neutral respecto a  $K$  y  $L$ , ( $Y_t = AK_t^\alpha L_t^{1-\alpha}$ ), sin embargo, esta ecuación nos lleva a que, en el estado estacionario, las economías tengan una tasa de crecimiento de capital y de la renta per cápita igual a cero, lo que no coincide con la realidad. Por ese motivo muchos trabajos han incorporado la tecnología como la planteada más arriba (tecnología según el punto de vista de Harrod).

<sup>7</sup> La tecnología hace más eficientes a los trabajadores, por lo que cada trabajador cuenta como  $A$  trabajadores en la producción así que efectivamente hay  $AL$  trabajadores en la economía.

$$S_t = sY_t \text{ con } 0 \leq s \leq 1 \quad (3)$$

$$\text{Despejando } \dot{K}_t: \quad \dot{K}_t = sY_t - \delta K_t \quad (4)$$

donde  $K_t$  es el stock de capital,  $\dot{K}_t$  es la tasa de acumulación de capital,  $\delta$  es la tasa de depreciación asumida constante y exógena.

Sustituyendo  $Y_t$  de la ecuación (1) en la ecuación (4) y dividiendo por  $L_t$  obtenemos la ecuación fundamental del modelo de Solow en términos per cápita:

$$\dot{k}_t = sA^{1-\alpha}k_t^\alpha - (n + g + \delta)k_t \quad (5)$$

Donde  $k_t$  es el stock de capital per cápita,  $\dot{k}_t$  es su tasa de crecimiento,  $n$  es la tasa de crecimiento de la población,  $g$  es la tasa de progreso técnico y  $\delta$  es la tasa de depreciación.

Para obtener la anterior ecuación en términos dinámicos, se divide ambos términos por  $k_t$  y se obtiene la siguiente expresión:

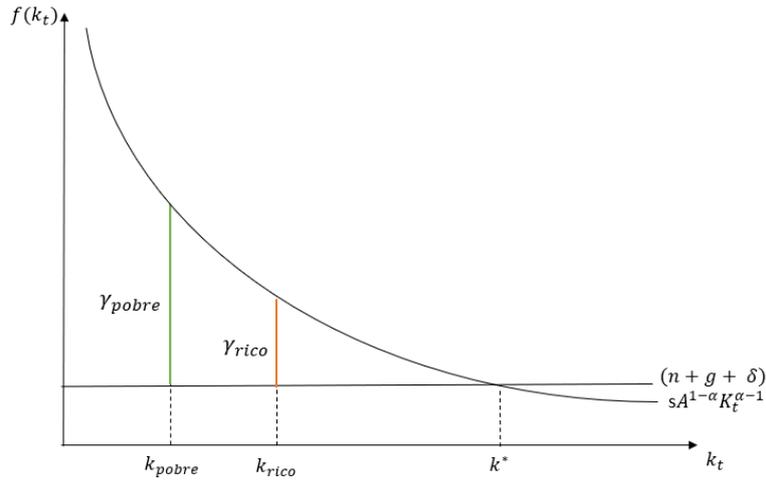
$$\gamma_k = \frac{\dot{k}_t}{k_t} = sA^{1-\alpha}k_t^{\alpha-1} - (n + g + \delta) \quad (6)$$

donde  $sA^{1-\alpha}k_t^{\alpha-1}$  es una función de ahorro que depende linealmente y negativamente de  $k_t$  ( $\alpha - 1 < 1$ ) y  $(n + g + \delta)$ , que es una función de depreciación lineal constante para todo nivel de capital.  $\gamma_k$  crece siempre que el ahorro sea mayor que la depreciación.<sup>8</sup>

Gráficamente:

---

<sup>8</sup> Una vez conocida la tasa de crecimiento del capital per cápita se puede inferir la tasa de crecimiento de la renta per cápita.



Fuente: Solow, 1956

Elaborado por el autor

En el estado estacionario, el stock de capital per cápita ( $k^*$ ) crece a una tasa que coincide con la tasa de progreso técnico ( $g$ ) (Islam 1995, 1129):<sup>9</sup>

$$k^* = A \left[ \frac{s}{n + g + \delta} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (7)$$

La renta per cápita en el estado estacionario se obtiene directamente a partir de la función de producción per cápita ( $y_t = A^{1-\alpha}k_t^\alpha$ ) y crece a la misma tasa que el stock de capital per cápita.

$$y^* = A \left[ \frac{s}{n + g + \delta} \right]^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \quad (8)$$

La segunda implicación del modelo de Solow es que los países o regiones pobres crecerán más rápido que los países o regiones más ricos. Tomando logaritmos y teniendo en cuenta que  $A_t = A_0 e^{gt}$

$$\ln(y^*) = \ln(A_0) + gt + \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(s) - \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(n + g + \delta) \quad (9)$$

Si  $y_{rico} > y_{pobre}$  entonces  $k_{rico} > k_{pobre}$  y por la ley de rendimientos marginales decrecientes  $\gamma_{k_{rico}} < \gamma_{k_{pobre}}$ . (Sala-i-Martin 1990) y (Barro et al. 1991) llamaron a esta implicación *Convergencia  $\beta$  absoluta*.

<sup>9</sup> En términos absolutos, el crecimiento del capital coincide con la tasa natural de crecimiento del modelo de Harrod Domar ( $n + g$ ).

La estimación empírica de la convergencia beta, no trató de evaluar la ecuación en el estado estacionario, sino la dinámica de la función de acumulación de capital o de la renta por trabajador alrededor del estado estacionario. Es decir, se considera que la economía aún no ha alcanzado el estado estacionario pero que no está muy lejos de hacerlo, para poder medir el crecimiento de la acumulación del capital y de renta por trabajador entre dos periodos ( $t$  y  $t + T$ ). Para ello se han utilizado aproximaciones log-lineales de forma que la función se convierta en lineal en torno al estado estacionario, aplicando una aproximación de Taylor de primer orden alrededor del estado estacionario que permite reemplazar la ecuación inicial con aproximaciones que son lineales en la desviación logarítmica de las variables. La senda de convergencia viene dada por:

$$\frac{d \ln(y_t)}{dt} = \beta[\ln(y^*) - \ln(y_t)] \quad (10)$$

donde  $\beta = (n + g + \delta)(1 - \alpha)$  es la velocidad de convergencia de la renta per cápita hacia su estado estacionario. Solucionando la ecuación diferencial, restando  $\ln(y_{t1})$  en ambos lados de la ecuación y sustituyendo  $y^*$  por su valor en el estado estacionario, obtenemos la ecuación de convergencia beta (Islam 1995):

$$\begin{aligned} \ln(y_{t2}) - \ln(y_{t1}) & \quad (11) \\ &= (1 - e^{-\beta t}) \left[ \frac{\alpha}{1 - \alpha} \ln(s_t) - \frac{\alpha}{1 - \alpha} \ln(n_t + g + \delta) \right] \\ &- (1 - e^{-\beta t}) \ln(y_0) + (1 - e^{-\beta t}) \ln(A_0) + g(t_2 - t_1 e^{-\beta t}) \end{aligned}$$

donde el término de la izquierda es la tasa de crecimiento del PIB per cápita entre  $t_1$  y  $t_2$ , en función del nivel del PIB per cápita inicial ( $y_{t1}$ ), asumiendo que no existen diferencias en tasa de ahorro y crecimiento de la población entre economías.  $(1 - e^{-\beta t}) \ln(A_0)$  son los efectos no observables que no varían en el tiempo y  $g(t_2 - t_1 e^{-\beta t})$  son los efectos temporales que no varían entre economías. Para que exista convergencia beta absoluta, el coeficiente del  $\ln(y_{t1})$  debe ser negativo, confirmando la validez del modelo de Solow.

Los primeros cuestionamientos al modelo de Solow (1956) surgen en los años 80 y 90 del siglo pasado, por autores como (Romer 1986, Lucas 1988b, Barro 1990, Rebelo 1991), dando origen a las *Nuevas Teorías de Crecimiento Endógeno* (Cetty 2008). La principal crítica de estos modelos era el supuesto de que todos los países tienen acceso a la misma dotación de conocimiento (Mankiw 1995), cuestionando que la dotación de conocimiento de los países

fuera exógena e idéntica entre países. Además, pusieron en evidencia que existe un incremento del empleo cualificado (capital humano) que queda fuera del análisis del modelo de Solow. Otra de las críticas estaba relacionada con la consideración de rendimientos marginales decrecientes en el capital, un supuesto que no era compartido por una creciente corriente de investigadores. Los rendimientos decrecientes fueron introducidos por los economistas clásicos teniendo en cuenta la agricultura, donde un número creciente de trabajadores explotan una cantidad fija de tierra, pero no tienen tanto sentido en el sector industrial, donde máquinas y trabajadores son combinados para generar un mayor output, requiriendo inputs adicionales.

La evidencia empírica mostró procesos de divergencia económica entre países ricos y pobres, lo que desbarató el supuesto de que la tasa de ganancia de las firmas caería con la productividad marginal decreciente del capital, mostrando que esta tasa se ha mantenido constante en los últimos siglos a pesar de la enorme acumulación de capital que se ha producido durante este período (Piketty 2015)

Las nuevas teorías de crecimiento endógeno, dieron un papel primordial a la difusión del conocimiento y la especialización del capital humano, un aspecto ya destacado por (Arrow 1962) y (Frankel 1962) y que fueron incorporados en los modelos de (Romer 1987) y (Lucas 1988b). También se prestó atención a las externalidades positivas que emanan de los avances tecnológicos, contrarrestando la tendencia de los rendimientos decrecientes en el capital (Jiménez 2010). La característica general de estos modelos era la presencia de rendimientos constantes o crecientes en los factores que se pueden acumular (Barro 1991).

Los Nuevos modelos de crecimiento “endogenizaron” las variables determinantes del estado estacionario de dos formas: suponiendo ausencia de rendimientos decrecientes en el capital por ejemplo con la incorporación de  $A$  en  $K$  (modelo AK) o la consideración de externalidades positivas en forma de acumulación de conocimiento y difusión tecnológica. En segundo lugar, haciendo endógenas ciertas variables como la tasa de ahorro o la tasa de crecimiento del progreso técnico (Martín Mayoral 2010). Estos modelos llevan implícito que los países puedan incidir en su crecimiento económico de largo plazo a través de políticas públicas, lo que contradecía los supuestos neoclásicos de un crecimiento exógeno donde la intervención pública no tendría efectos a largo plazo.

Pero los defensores del modelo neoclásico dieron nuevos argumentos para contrarrestar las críticas de las nuevas teorías de crecimiento endógeno. Algunos autores como (Mankiw, Romer, y Weil 1992) ampliaron el modelo de Solow, introduciendo variables de conocimiento

como el capital humano. Estos autores encontraron evidencia empírica de convergencia entre regiones, sin embargo, señalan que esta convergencia se da únicamente entre economías con similares características de inversión en capital físico y humano.<sup>10</sup>

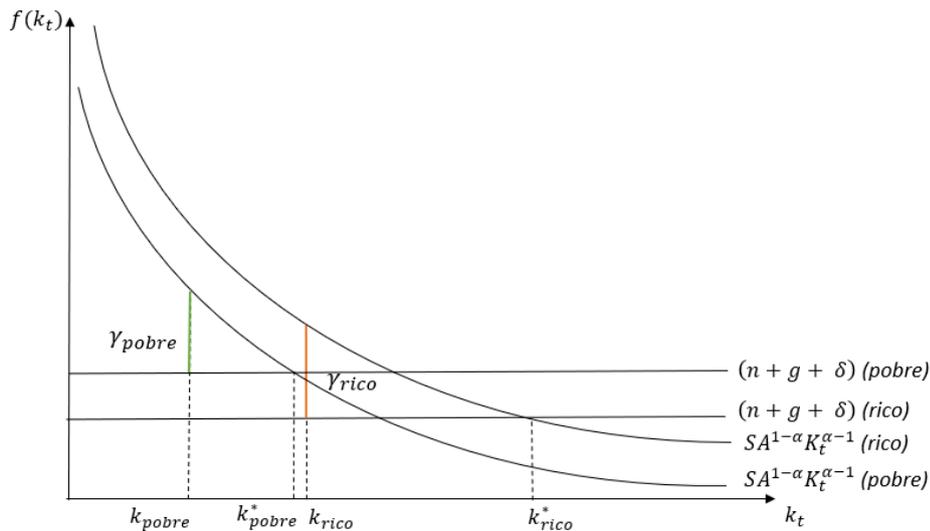
(Barro y Sala-I-Martin 1992b) utilizan otra estrategia más conservadora y analizan grupos de países afines. Demuestran que existen diferencias en las tasas de crecimiento dependiendo del área geográfica analizada y sugieren que las implicaciones de convergencia del modelo de Solow eran probablemente satisfechas cuando las preferencias y características estructurales, institucionales y políticas de los países eran similares. La literatura conoció a este tipo de convergencia como *Convergencia  $\beta$  condicionada*, que sucede cuando se relajan los supuestos de existencia de estados estacionarios similares (Chasco y López 2004, Martín Mayoral 2010).

La conclusión más importante de estos modelos es que el modelo de Solow no predice convergencia entre países, sino que el ingreso per cápita de cada país converge a su propio estado estacionario (Mankiw, Romer, y Weil 1992). Una vez alcanzado este nivel de equilibrio de largo plazo, todos los países tendrían una tasa de crecimiento idéntica, implicando sendas de crecimiento de largo plazo paralelas (Evans 1996, Ertur y Koch 2008). La principal implicación es que cada economía podía tener distintas curvas de depreciación y de ahorro, dependiendo del valor que tomen sus variables exógenas tradicionales. Es decir, la convergencia beta condicionada se refiere a que el crecimiento de los países no depende tanto de su nivel de riqueza inicial sino de lo lejos que estén de su propio equilibrio, además de las diferencias en la las tasa de crecimiento de la población, ahorro e incluso progreso técnico entre países  $n_{rico} < n_{pobre}$  o,  $s_{rico} > s_{pobre}$  o,  $A_{rico} > A_{pobre}$ .

Gráficamente:

---

<sup>10</sup> Nonneman y Vanhoudt (1996) incluyen la acumulación de know how tecnológico endógeno, permitiendo generalizar el modelo de Solow para  $n$  capitales.



Fuente: Solow, 1956

Elaborado por el autor

La ecuación de convergencia beta condicionada, coincidiría con la ecuación (11), pero suponiendo diferencias entre países en la tasa de crecimiento de la población ( $n$ ) y la tasa de ahorro ( $s$ ).

Una ecuación de convergencia  $\beta$  condicional habitual en los estudios es la presentada por Sala-i-Martin (1996):

$$\frac{1}{T} \ln \left( \frac{y_{i,t+T}}{y_{i,t}} \right) = \alpha - \left[ \frac{1 - e^{-\beta T}}{T} \right] \ln(y_{i,t}) + \gamma X_i + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

Donde  $X_i$  es un vector de variables explicativas que definen las diferencias en el estado estacionario de cada país  $i$ .<sup>11</sup> El término de error es asumido independiente e idénticamente distribuido con media cero y varianza constante  $\varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma^2 I)$ .

<sup>11</sup> Otros autores incluyeron en el modelo de crecimiento nuevas variables: Becker y Barro (1988) analizan la relación que existe entre la acumulación del capital y la fertilidad. King y Rebelo (1990) estudian la influencia de los incentivos de las políticas públicas sobre la acumulación de capital físico y humano. Barro (1990) introduce el sector público a través de servicios públicos. Rebelo (1991) se centra en la afectación de las políticas públicas sobre el crecimiento desde la perspectiva del impuesto a la renta y su relación con la disminución en la tasa de acumulación de capital y la tasa de crecimiento. Rivera-Batiz y Romer (1991) se enfoca en el comercio y el flujo de conocimiento entre países o regiones similares. La sofisticación financiera es introducida por Levine y Zervos (1993), la variabilidad en el crecimiento de las inversiones por Ramey y Ramey (1994), el comportamiento del mercado y su regulación por parte del sector público Block, Gwartney, y Lawson (1996), el grado de corrupción o el grado de apertura al comercio internacional (tasa de crecimiento del comercio) por Sachs y Warner (1997). Chakraborty (2002) estudia la inversión en salud y la inversión pública en salud y su afectación a la acumulación del capital y las expectativas de vida de las personas (sus decisiones de ahorro).

Respecto a la velocidad de la convergencia ( $\beta$ ), (Sala-i-Martin 1996) encuentra que es muy similar en diferentes grupos de países y años, cercana al 2% por año. Este valor fue interpretado como solidez de los resultados y, al mismo tiempo, cuestionaba la eficacia de las políticas públicas utilizadas para la corrección de desequilibrios regionales.

Sin embargo, a raíz de estos resultados, surgieron importantes críticas, precisamente relacionadas a la constancia de la velocidad de convergencia del 2% anual. Ésta, lejos de ser una prueba de la ineficacia de las políticas públicas, empezó a ser considerada como muestra de los importantes defectos de la metodología empleada. (Quah 1993, Quah 1996) hace alusión a la conocida “falacia de Galton”. (Quah 1993, Quah 1996) basado en un enfoque de modelos dinámicos observa que la distribución de los ingresos en todos los países se estaba polarizando en ricos y pobres, con el grupo de ingreso medio desapareciendo, es decir, que los países no se dirigen hacia una convergencia condicionada sino hacia lo que el propio Quah denominó, un modelo “Twin Peaks” o una bipolarización en dos grupos. En la demostración de Quah (1993) queda claro que la existencia de convergencia beta es consistente con una varianza constante o incluso creciente de la distribución entre economías. A esta conclusión también llega Chatterji (1992), demostrando que la existencia de convergencia beta es una condición necesaria pero no suficiente en la disminución en disparidades regionales (Sala-i-Martin 1996)

Para evitar este problema, a partir de ese momento, los análisis de convergencia beta comenzaron a ser complementados con otros análisis de convergencia sigma, en los que se analizaba la evolución en la dispersión de la renta per cápita entre economías. Existe *Convergencia  $\sigma$* , si la dispersión de los niveles reales de PIB per cápita en un grupo de países tiende a disminuir con el tiempo” (Sala-i-Martin 1996, 1020), mientras que la convergencia  $\beta$ , se relaciona con la movilidad de diferentes economías individuales dentro de la distribución dada del ingreso mundial (Sala-i-Martin 1996, 1022).

Las conclusiones de Quah (1993, 1996) llevaban implícito el concepto de clubs de convergencia introducido por (Baumol 1986), y mostraban que los países convergen a diferentes niveles de renta de equilibrio, agrupándose aquellos que comparten características estructurales comunes como la tecnología (Howitt 2000, Howitt y Mayer-Foulkes 2002), la tasa de crecimiento de la población o la tasa de ahorro. Este aspecto es abordado más adelante.

## 2. Análisis empírico de la convergencia beta

Para estudio empírico de convergencia beta se han utilizado diversas técnicas econométricas. Los primeros modelos fueron de corte transversal, utilizando regresiones de sección cruzada, donde la variable dependiente es la tasa de crecimiento de la renta y la principal variable explicativa es la renta inicial (convergencia beta absoluta). El resto de variables explicativas, buscan captar las diferencias en los estados estacionarios debidos a diferencias en preferencias o en tecnología (Kormendi y Meguire 1985, Baumol 1986, Barro 1991, Mankiw, Romer, y Weil 1992, Barro y Sala-I-Martin 1992b), Levine y Renelt 1992, King y Levine 1993, Barro y Lee 1994a, Barro y Lee 1994b, Sala-I-Martin 1996)

Knight, Loayza, y Villanueva (1993), Loayza (1994) e (Islam 1995), critican la metodología de sección cruzada para el análisis de convergencia aduciendo que no permite medir los efectos específicos que no son observables en cada país o región de estudio. Para resolver estos problemas proponen utilizar métodos de panel de datos para controlar el sesgo de variable omitida además de tener en cuenta la dimensión temporal que quedaba excluida de los análisis de corte transversal. En esta línea, Caselli, Esquivel, y Lefort 1996) dan un paso más e incluyen una fuente de inconsistencia adicional ignorada por los anteriores autores, la posible endogeneidad de las variables explicativas.<sup>12</sup> Para corregir tanto el problema de correlación de los efectos individuales como el problema de endogeneidad, utilizaron el Método Generalizado de Momentos sobre un modelo autoregresivo de datos de panel, a partir de la metodología de Holtz-Eakin, Newey, y Rosen (1988) y Arellano y Bond (1991). Entre sus principales conclusiones, encuentran que la velocidad de convergencia aumenta del 2% al 10% por año, resultado que fue interpretado como que las economías estaban en todo momento cerca de su estado estacionario, fluctuando alrededor del mismo a una mayor velocidad.

Las grandes diferencias observadas en el nivel de PIB per cápita fueron atribuidas a diferencias en los niveles de estado estacionario y no a diferencias en la posición de los países a lo largo de un sendero transicional común. Además, encontraron que las diferencias en tecnología pueden ser un factor decisivo en este proceso de dispersión en los estados estacionarios.

---

<sup>12</sup> Es razonable pensar que existe simultaneidad entre la variable dependiente y las variables explicativas. Por ejemplo, la tasa de crecimiento de la población o la tasa de inversión, pueden determinar y ser determinadas por la tasa de crecimiento del PIB per cápita.

La ecuación de Caselli, Esquivel, y Lefort (1996) parte de la ecuación habitual de convergencia:

$$\ln(y_{it}) - \ln(y_{it-\tau}) = \beta \ln(y_{it-\tau}) + X_{it-\tau}\gamma + \eta_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

donde  $y_{i,t}$  es el PIB per cápita del país  $i$  en el período  $t$ ,  $X_{it}$  es un vector fila de determinantes del crecimiento económico,  $\eta_i$  son los efectos específicos no son observables de los países que no varían en el tiempo (que pueden ser atribuidos por ejemplo a diferencias tecnológicas),  $\varphi_t$  son efectos temporales comunes a todos los países (por ejemplo, choques exógenos que afectan a la producción de los países analizados por igual) y  $\varepsilon_{it}$  es el término de error. Para que exista convergencia es necesario que el coeficiente  $\beta < 0$ , mientras que el resto de coeficientes miden las diferencias en las tasas de crecimiento de estado estacionario entre países.

La anterior ecuación es equivalente a estimar una ecuación dinámica, pasando al segundo miembro  $\ln(y_{it-\tau})$ .

$$y_{it} = \tilde{\beta} y_{it-\tau} + X_{it-\tau}\gamma + \eta_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

donde  $\tilde{\beta} = \beta + 1$  e  $y_{it} = \ln(y_{it})$

Para eliminar el sesgo de endogeneidad, por la posible simultaneidad entre las variables explicativas y la variable dependiente, Caselli, Esquivel, y Lefort (1996) transforman la anterior ecuación en primeras diferencias, restando a cada variable su media durante todo el período. Para controlar la endogeneidad de  $X_{it-\tau}$ ,  $X_{it-\tau}$ , así como la correlación entre  $y_{it-\tau}$  y el término de error contemporáneo  $\varepsilon_{it-\tau}$  incluyen variables instrumentales usando los valores rezagados de todas las variables explicativas. Las variables de stock son medidas al principio del período ( $t - \tau$ ) y consideradas variables predeterminadas para  $\varepsilon_{it}$ . Las variables de flujo son calculadas como una media en cada uno de los  $\tau$  períodos, siendo predeterminadas para  $\varepsilon_{it+\tau}$ . Esta metodología permite explotar óptimamente las condiciones de identificación del modelo y obtener estimadores consistentes y eficientes<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> Caselli, Esquivel, y Lefort (1996) utilizan estimadores por el método generalizado de momentos (GMM) sobre las ecuaciones del modelo de crecimiento de Solow-Swan suponiendo que los países han alcanzado el estado estacionario, comparan sus resultados con los de Mankiw, Romer, y Weil (1992) y Knight, Loayza, y Villanueva (1993), llegando a la conclusión de que las implicaciones del modelo de Solow son inconsistentes.

Sin embargo, todavía quedaban fuentes de sesgo en los estimadores que no fueron tomados en cuenta por los autores, el sesgo espacial. Este aspecto es analizado en detalle en el siguiente capítulo.

### 3. Difusión de la tecnología en los modelos de crecimiento

La transferencia de conocimiento, endogeniza el progreso tecnológico ( $A_t$ ), que en los modelos neoclásicos de crecimiento era tratado como una variable exógena. Desde las nuevas teorías de crecimiento endógeno, encontramos diversas contribuciones en este sentido. Romer (1986), inspirado en Wright (1936), Arrow (1962) o Sheshinski (1967) plantea un modelo de crecimiento a nivel empresarial, suponiendo que el conocimiento (proxy del progreso técnico), se obtiene como un subproducto de la inversión nacional en capital físico. El incremento en el stock de capital, genera un proceso de aprendizaje ya que cada nueva máquina que entra en funcionamiento, incorpora el conocimiento previo y es capaz de mejorar la forma de producir. Además, se considera a esta variable como un bien público, de modo que cuando una empresa aumenta su conocimiento, el resto de empresas tienen acceso a este. En el modelo de Romer (1986),  $A_t$  se convierte en el nivel de conocimiento agregado de la economía que crece de forma paralela a la inversión acumulada a nivel nacional.

$$A_{it} = \int_0^t I(v)dv = \kappa_{it} \quad (15)$$

donde  $\kappa_{it}$  es el valor del stock de capital agregado. Por tanto, el progreso técnico crece a la tasa de crecimiento del stock de capital agregado ( $\dot{A}_{it} = \dot{\kappa}_{it}$ ). No obstante, el modelo de Romer (1986) no predice convergencia ya que  $\kappa$  aumenta en la misma medida que el nivel de capital  $K_i$  y, consecuentemente, la producción también crece en la misma proporción. Este supuesto implica que existan rendimientos marginales constantes del capital a nivel agregado (no decrecientes como el modelo neoclásico) y rendimientos crecientes a escala en la función de producción (modelo de crecimiento endógeno). El modelo de (Romer 1986) presenta entonces una solución del tipo AK, donde no existe una transición dinámica hacia el estado estacionario, suponiendo además que la población es constante para que el crecimiento no sea explosivo.

Los primeros modelos de crecimiento Schumpeterianos<sup>14</sup> parecieron corroborar esta idea de no convergencia (Romer 1990, Grossman y Helpman 1991, Philippe Aghion y Howitt 1990). Sin embargo, años más tarde, Howitt y Aghion (1998) y Howitt (2000), desarrollaron modelos schumpeterianos que permitieron explicar la presencia de convergencia beta condicional en las tasa de crecimiento de la renta per cápita entre países, gracias a la transferencia internacional de tecnología,<sup>15</sup> haciendo depender el tamaño de la innovación aumentadora de calidad sobre la distancia de una firma a la frontera tecnológica (Griffith, Redding, y Van Reenen 2003), asumida igual para todos los países (Ertur y Koch 2011). Es decir, las firmas o los países que están más lejos de la frontera tecnológica pueden crecer más deprisa que aquellos que están cerca de ella, gracias a los avances tecnológicos que se producen cada vez que uno de sus sectores alcanza dicha frontera (Aghion y Jaravel 2015).<sup>16</sup> Otra de las características de su modelo es que una vez alcanzado el estado estacionario, los países crecen a la misma tasa (es decir, implican sendas de crecimiento de largo plazo paralelas) que coincide con la tasa de crecimiento mundial (Ertur y Koch 2011).

Diversos autores han estudiado los efectos de los spillovers internacionales sobre la productividad total de los factores (Coe y Helpman 1995), (Keller 1998), (Eaton y Kortum 1999), (Frantzen 2000), buscando medir el efecto en el crecimiento de productividad de un agente gracias a la inversión en I+D realizada por otros agentes. (Coe y Helpman 1995) analizan los efectos directos de la difusión internacional de I+D y observan que la inversión en I+D extranjera tiene mayores efectos sobre la I+D doméstica cuanto más abierta está una economía al comercio internacional, afectando ambas a la productividad total de los factores. Jaffe (1986), Eaton, Gutierrez, y Kortum (1998) o Griffith, Redding, y Van Reenen (2003) encuentran un impacto positivo entre la inversión en I+D de una firma y una medida de spillovers tecnológicos potenciales, definidos como la suma ponderada de las inversiones en I+D de otras firmas, donde los pesos reflejan información sobre el número de patentes y la distancia en el espacio tecnológico de la firma líder.

A nivel de países, Griffith, Redding, y Van Reenen (2003) inicialmente suponen que el incremento de la productividad de los países depende de dos componentes: el esfuerzo

---

<sup>14</sup> A diferencia de los modelos neoclásicos que consideran el progreso técnico como una variable exógena, en los modelos Schumpeterianos, la dotación tecnológica de un país depende endógenamente de los gastos en I+D realizado por empresas que buscan maximizar sus beneficios.

<sup>15</sup> Sus modelos implican sendas de crecimiento de largo plazo similares a las obtenidas por los modelos neoclásicos (Ertur y Koch 2011).

<sup>16</sup> Las innovaciones de un país a menudo se basan en el conocimiento que fue creado por las innovaciones de otro país, pudiendo ser una fuerza que explique la convergencia entre países (Aghion y Jaravel 2015).

innovador de cada país a través de su inversión en I+D y su capacidad de absorción de las transferencias tecnológicas procedentes de otros países, siempre y cuando el país esté por debajo de la frontera tecnológica (Howitt y Aghion 1998, Howitt 2000). Al participar en actividades de I+D, los países aumentan su capacidad de asimilar y comprender los descubrimientos de los demás, lo que les permite aumentar la velocidad a la que se produce la transferencia de tecnología. Por consiguiente, cuanto más alejado está un país de la frontera tecnológica, mayor será el tamaño de la innovación ( $\Gamma_{it}$ ),<sup>17</sup> aunque la magnitud del tamaño de la innovación va disminuyendo a medida que se va alejando de la frontera tecnológica ( $\Gamma'_{it} > 0, \Gamma''_{it} < 0$ ).

$$\Gamma_{it} = \gamma \left( \frac{A_{Ft-1}}{A_{it-1}} \right)^{\theta_i} \quad (16)$$

Donde  $\gamma > 1$  es el tamaño de la innovación cuando el país está en la frontera tecnológica, debido únicamente a su esfuerzo en I+D. Cuando un país está por debajo de su frontera tecnológica, el tamaño de sus innovaciones será mayor en  $\left( \frac{A_{Ft-1}}{A_{it-1}} \right)^{\theta_i}$ . El parámetro  $\theta_i$  mide la velocidad a la que el tamaño de la innovación varía con el gap tecnológico, que puede diferir entre países dependiendo también de sus políticas públicas e instituciones.

Griffith, Redding, y Van Reenen (2003) introducen una tercera fuente de crecimiento de la productividad de carácter *autónomo*, señalando que una parte de la transferencia tecnológica puede ser incorporada en los procesos productivos independientemente de la inversión en I+D del país y de la capacidad de absorción de nuevas tecnologías provenientes de I+D. Estos autores formalizan esta relación a través de una función de transferencia de conocimiento asumida como positiva y creciente, pero con rendimientos marginales decrecientes a medida que se va alejando de la frontera tecnológica. Es decir, cuanto más lejos está un país de la frontera tecnológica, mayor es su potencial para aumentar la productividad a través de los spillovers de conocimiento de forma autónoma, aunque a una tasa decreciente:

---

<sup>17</sup> En los modelos de crecimiento Shumpeterianos, cuando un agente (el empresario) logra una innovación sobre un producto a través de un proceso de I+D, esa innovación creará una nueva versión de ese producto que es más productiva que las anteriores versiones, aumentando la productividad en un tamaño  $A_t = \gamma A_{t-1}$  con  $\gamma > 1$ . Pero también puede fracasar en generar una innovación. La tasa de crecimiento económico es proporcional a la tasa de crecimiento de bienes finales, que, a su vez, es proporcional a la tasa de crecimiento de la productividad  $A_t$ , que depende de la frecuencia con la que una nueva innovación se produce y del tamaño de la innovación, entendido como el incremento proporcional en productividad después de cada innovación (Aghion, Akcigit, y Howitt 2014)

$$A_{it} = \left( \frac{A_{Ft-1}}{A_{it-1}} \right)^{\mu_i} A_{it-1} \quad (17)$$

donde F se refiere a la economía con mayor nivel de productividad (la frontera tecnológica).  $\mu_i$  toma valores entre 0 y 1 por lo que  $(A_i(\cdot) > 0, A_i(\cdot) < 0)$  y aunque es independiente del esfuerzo de I+D de los países, el ritmo puede variar entre ellos debido a diferencias en sus instituciones, políticas públicas, nivel de capital humano, grado de apertura comercial, entre otras variables.

Combinando ambas ideas, la función de productividad queda:

$$A_{it} = \gamma \left( \frac{A_{Ft-1}}{A_{it-1}} \right)^{\mu_i + \theta_i} A_{it-1} \quad (18)$$

Diferenciando y dividiendo por  $A_{it}$

$$\frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} = \gamma + \mu_i \left( \frac{A_{Ft-1}}{A_{it-1}} \right) + \theta_i \left( \frac{A_{Ft-1}}{A_{it-1}} \right) \quad (19)$$

De la ecuación (19), se deduce que la tasa de crecimiento de la productividad depende del grado de innovación de un país y del tamaño de sus innovaciones (primer término), del potencial autónomo de cada país para absorber las transferencias tecnológicas (segundo término) y de la capacidad de absorción de su sistema de I+D (tercer término). Los estudios sobre convergencia de la productividad se han fijado principalmente en el segundo término, encontrando valores positivos en torno al 0.1 para  $\mu_i$  a nivel de industrias manufactureras (Cameron 1996, Griffith, Redding, y Van Reenen 2003) analizan los determinantes del crecimiento de la productividad total de los factores, aplicando proxies para cada uno de los términos de la anterior ecuación sobre datos a nivel industrial para un panel de países de la OCDE (muestra de 1801 empresas para el período 1974-1990):

$$\Delta \ln A_{ijt} = \underbrace{\rho \left( \frac{R}{Y} \right)_{ijt-1}}_{\text{(Término 1)}} + \underbrace{\mu \ln \left( \frac{A_F}{A_i} \right)_{jt-1}}_{\text{(Término 2)}} + \underbrace{\theta \left( \frac{R_i}{Y_i} \right)_{jt-1} \ln \left( \frac{A_F}{A_i} \right)_{jt-1}}_{\text{(Término 3)}} + \beta X_{ijt-1} + \omega_{ij} \quad (20)$$

donde la ratio entre I+D (R) y el producto (Y), captura la innovación generada por el esfuerzo en I+D realizado a nivel nacional (término 1); la distancia a la frontera tecnológica captura la capacidad de absorción autónoma de cada país de los spillovers tecnológicos internacionales, que podemos definir como la transferencia tecnológica autónoma (término 2), y la multiplicación de los dos anteriores efectos, representa la capacidad de absorción de los spillovers tecnológicos asociados a su esfuerzo en I+D (término 3). La distancia a la frontera tecnológica es calculada a través de la diferencia entre la productividad total de los factores (PTF) en la frontera (el país con mayor PTF) menos la PTF en el país  $i$ .

(Ertur y Koch 2011) también plantean un modelo con difusión de conocimiento entre países, en línea con (Howitt y Aghion 1998, Howitt y Mayer-Foulkes 2002, Ertur y Koch 2008), donde la productividad de los gastos en I+D es mayor, cuanto más lejos está un país de su propia frontera tecnológica, gracias a que puede beneficiarse más fácilmente del conocimiento acumulado por otros países, captando los spillovers tecnológicos. Definen la frontera tecnológica como la media geométrica de los niveles de conocimiento en todos los países. De esta forma, la productividad de la I+D es asumida como una función negativa de la distancia de los países a su frontera tecnológica, a partir de la siguiente ecuación:

$$\lambda_i = \lambda \prod_{j=1}^n \left( \frac{A_{jt}}{A_{it}} \right)^{\gamma_i v_{ij}} \quad (21)$$

A diferencia de Howitt y Aghion (1998), cada país tiene un acceso específico y diferenciado al conocimiento acumulado de todos los demás países dado por el parámetro  $v_{ij}$ .<sup>18</sup> Además asumen que  $\sum_{j=1}^n v_{ij} = 1$  para garantizar que exista convergencia hacia sendas paralelas de crecimiento.  $\gamma_i$  mide la capacidad de absorción del país  $i$ , y es asumido como una función del stock de capital humano del país receptor  $\gamma_i = \gamma H_i$ ,  $\gamma < 1$ , en línea con Nelson y Phelps (1966). A partir de esta ecuación, obtienen la tasa de crecimiento del conocimiento medio acumulado en el país  $i$ :

$$\frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} = \lambda \sigma \kappa_i(t)^\phi \prod_{j=1}^n \left( \frac{A_{jt}}{A_{it}} \right)^{\gamma_i v_{ij}} \quad (22)$$

---

<sup>18</sup> Howitt y Aghion (1998) supusieron que todos los países tienen acceso a la misma frontera tecnológica  $v_{ij} = v_j$  y todos tienen la misma capacidad de absorción  $\gamma_i = \gamma$ .

Esta ecuación tiene en cuenta dos efectos contrapuestos. El segundo miembro mide la productividad de la I+D respecto a la distancia del país a su frontera tecnológica. Pero esta distancia depende de los recursos que fueron destinados al sector de I+D ( $\kappa_i(t)$ ), que a su vez están en función del ingreso por trabajador ( $y_i$ ), de la tasa de inversión en I+D ( $s_{A,i}$ ) y de la tasa de crecimiento de la población ( $n_i$ ). Los países con gastos elevados en I+D, estará más cerca de su frontera tecnológica, siendo menor la productividad de su I+D ( $\lambda_i$ ). La difusión tecnológica por tanto es la responsable de que todos los países terminen teniendo la misma tasa de crecimiento en el largo plazo, convergiendo a sendas de crecimiento paralelas.<sup>19</sup>

Igualando la tasa de crecimiento de la tecnología y de la renta per cápita en el estado estacionario y tomando varios supuestos sobre el efecto de las diversas variables sobre los ingresos por trabajador,<sup>20</sup> Ertur y Koch (2011) obtienen la siguiente función de acumulación de conocimiento:

$$\begin{aligned} \ln A_i = & \frac{1}{1+\phi} \ln \frac{\sigma \lambda}{g_w ((1+\sigma)\xi)^\phi} + \frac{\phi}{1+\phi} (\ln s_{i,A} + \ln n_i + \ln y_i) \\ & + \frac{\gamma H_i}{1+\phi} \sum_{j \neq i}^n v_{ij} \ln A_j \end{aligned} \quad (23)$$

donde  $\ln A_i$  es el logaritmo de los niveles de progreso técnico medios,  $\ln y_i$  es el logaritmo de ingreso per cápita,  $\ln s_{i,A}$  es el logaritmo de la tasa de inversión en el sector de I+D y  $\ln n_i$  es el logaritmo de la tasa de crecimiento de la población en edad de trabajar todos ellos del país  $i$ .  $\ln A_j$  es el logaritmo de los niveles medios de progreso técnico del país  $j$ . El último término,  $\frac{\gamma H_i}{1+\phi} \sum_{j \neq i}^n v_{ij} \ln A_j$ , puede ser expresado en forma matricial  $\frac{\gamma}{1+\phi} WA$ , donde  $W$  es una matriz de interacciones (también llamada matriz de pesos espaciales), definida como  $W = \text{diag}[H_i]V$  donde la  $\text{diag}[H_i]$  es la matriz diagonal de los stocks de capital humano y  $V$  es la matriz de los términos de interacción  $v_{ij}$ , con  $v_{ij} = 0$  si  $i=j$ .

<sup>19</sup> En el estado estacionario, todos los países tienen una tasa de crecimiento constante en sus principales variables, por lo que la distancia a su propia frontera tecnológica también será constante.

<sup>20</sup> Que el gasto en I+D tiene un efecto positivo sobre los ingresos por trabajador en el estado estacionario, que el crecimiento de la población también tiene un efecto positivo en el ingreso por trabajador y que la inversión en capital físico tanto del país  $i$  como del país  $j$  tienen un efecto positivo en los ingresos por trabajador.

La ecuación 23 muestra la interdependencia económica entre países, es decir, como el conocimiento acumulado en el país  $i$  depende del conocimiento acumulado en los países  $j$ .<sup>21</sup> Esta ecuación es posteriormente sustituida en la función de renta per cápita en el estado estacionario como la del modelo de Solow (1956), lo que les permite obtener el siguiente modelo de crecimiento schumpeteriano multipaís.

$$\begin{aligned} \ln y_i = & \beta_0 + \beta_1 \ln \frac{S_{K,i}}{n_i + 0.05} + \beta_2 \ln s_{A,i} + \beta_3 \ln n_i + \theta H_i \sum_{j \neq i}^n v_{ij} \ln \frac{S_{K,j}}{n_j + 0.05} \\ & + \gamma H_i \sum_{j \neq i}^n v_{ij} \ln y_j + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (24)$$

Aquí podemos ver como el nivel de ingreso por trabajador en el estado estacionario depende positivamente del nivel de ingresos por trabajador ( $y_j$ ) y de la inversión en capital físico ( $S_{K,j}$ ) del resto de países.  $\varepsilon_i$  es el termino de error asumido idénticamente e independientemente distribuido.

Qin, Ye, y Liu (2017) plantean otra especificación para capturar los spillovers tecnológicos. Asumen que las regiones son homogéneas y por tanto comparten las mismas condiciones iniciales y las mismas características estructurales. El nivel de output de una región está codeterminado por la escala de capital y trabajo en esa región y por los efectos de spillovers espaciales generados por la escala de capital y trabajo de las regiones vecinas, asumidos como un factor de inversión indirecto. Ellos endogenizan la función de acumulación de conocimiento a través de la siguiente ecuación:

$$A_{it} = BK_{\rho t}^{\tau} L_{\rho t}^{\gamma} \quad (25)$$

donde  $B$  es un parámetro constante,  $K_{\rho t}^{\tau}$  y  $L_{\rho t}^{\gamma}$  son, respectivamente, el stock de capital y de trabajo de las  $\rho$  regiones vecinas a la región  $i$  en el momento  $t$ .  $\tau$  y  $\gamma$  son las elasticidades con las que ambos insumos de las regiones vecinas afectan a la región  $i$ . Esta función es introducida en la ecuación de convergencia derivada a partir del modelo de Solow,

<sup>21</sup> A diferencia de (Howitt y Aghion 1998) que consideran el último término de la ecuación 23 como constante, (Ertur y Koch 2011) permiten que cada país pueda tener su propia frontera y su propia capacidad de absorción de conocimiento ( $\gamma_i$ ).

suponiendo que no existe depreciación del capital y obtienen la siguiente ecuación de convergencia espacial.

$$\begin{aligned} \ln y_{it} - \ln y_{i0} = & \xi - (1 - e^{-\beta t}) \ln y_{i0} + \tau \delta (\ln k_{\rho t} - \ln k_{\rho 0}) + \gamma \delta (\ln L_{\rho t} - \ln L_{\rho 0}) \quad (26) \\ & + (\alpha + \beta - 1) (\ln L_{it} - \ln L_{i0}) + \tau \delta (1 - e^{-\beta t}) \ln k_{\rho 0} + \gamma \delta (1 \\ & - e^{-\beta t}) \ln L_{\rho 0} + (\alpha + \beta - 1) (1 - e^{-\beta t}) \ln L_{i0} \end{aligned}$$

Donde:

$$\begin{aligned} \xi = (1 - e^{-\lambda t}) \left\{ \frac{\alpha}{1 - \alpha - \tau \delta} [\ln s + (\alpha + \beta - 1) \ln L_{it} + \delta (\tau + \gamma) \ln L_{\rho t} - \ln n_i] + \right. \quad (27) \\ \left. \frac{1 - \tau \delta}{1 - \alpha - \tau \delta} \ln B^\delta \right\} \end{aligned}$$

En esta ecuación se puede observar los efectos de los spillovers tecnológicos de las  $\rho$  regiones vecinas sobre las tasas de crecimiento de output de la región  $i$ .

## Capítulo 2. Marco metodológico

### El enfoque de la econometría espacial en el estudio de la convergencia

Los modelos enfocados en el análisis de clubs de convergencia, normalmente han considerado que las características estructurales que determinan que un grupo de países converja hacia un mismo estado estacionario son atribuibles a factores internos de cada país, es decir, únicamente tienen en cuenta su dimensión temporal, dejando de lado otras dimensiones como la espacial. En otras palabras, tratan a los países como islas independientes (Qin, Ye, y Liu 2017). Sin embargo, existe una amplia literatura que ha demostrado que la difusión de conocimiento entre países, a través de spillovers y del intercambio de bienes, servicios y factores productivos entre ellos, generan efectos espaciales que afectan al crecimiento y la convergencia económica de otros países; así como también contribuyen a que las estructuras económicas sean más similares entre países o regiones próximos.

Desde la perspectiva de la econometría espacial, los países pueden presentar dependencia transversal o autocorrelación espacial, heterogeneidad espacial y agrupamiento en sus sendas de crecimiento. Ignorar estos efectos espaciales en los modelos de convergencia, puede ocasionar problemas econométricos si no son tratados convenientemente, obteniendo residuos que están autocorrelacionados en el espacio, con lo que se viola los supuestos de los modelos mínimos cuadrados ordinarios (MCO) de independencia y no correlación del término de error. Estos efectos dependen de la forma que tome la autocorrelación espacial (Niebuhr 2001).

#### 1. Autocorrelación espacial

La asociación espacial en el nivel de renta per cápita y las tasas de crecimiento (autocorrelación espacial) ha sido normalmente medida a través del índice de Moran (Moran 1950).

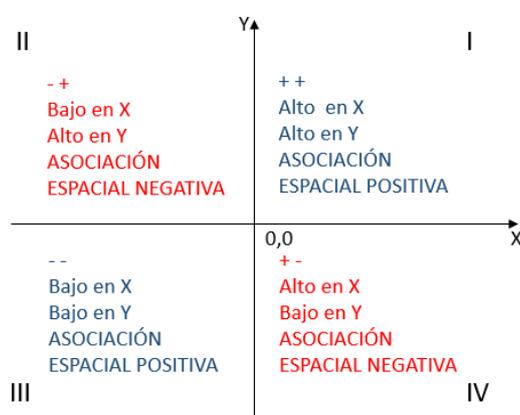
$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (28)$$

donde  $n$  son las observaciones de la variable  $x$  en las unidades  $i, j$ ,  $\bar{x}$  es la media de  $x$ ,  $w_{ij}$  la matriz de pesos entre las unidades  $i, j$  y  $S_0$  es la suma de los elementos de la matriz de pesos ( $S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$ ). El índice de Morán varía entre -1 y +1. En ausencia de autocorrelación espacial, el coeficiente es cero (Hordijk 1974). De no existir autocorrelación espacial y para cualquier tipo de matriz de pesos espaciales ( $W$ ) que se escoja, el índice  $I$  de Moran será

$-1/(n - 1)$ , por lo que cuanto más grande sea la muestra, el índice I de Moran tenderá a cero. Un coeficiente I de Moran mayor que  $-1/(n - 1)$ , indica una autocorrelación espacial positiva, y un I de Moran menor que  $-1/(n - 1)$  indica una autocorrelación espacial negativa.

Anselin (1993) utiliza el gráfico de dispersión de Morán como herramienta para explicar el comportamiento de las unidades en un plano cartesiano en donde el eje de las x corresponde al valor estandarizado de una variable y el eje y corresponde al promedio estandarizado de la misma variable u otra variable en las unidades vecinas.

Gráficamente:



*Fuente:* (Buzai 2005)

Elaborado por el autor

Las unidades que se encuentren dentro de los cuadrantes I y III presentan una asociación espacial positiva, mientras que en los cuadrantes II y IV la asociación espacial será negativa.

## 2. Matriz de pesos espaciales ( $w_{ij}$ ).

La matriz de pesos espaciales es una matriz de  $N \times N$  con una diagonal de ceros que denota la no autocorrelación espacial de una región sobre sí misma. Esta matriz recoge y acentúa en su estructura los efectos espaciales de una región  $i$  sobre otra región  $j$  (Anselin y Bera 1998). Tradicionalmente se utiliza una matriz de pesos espaciales basada en la contigüidad de las regiones de estudio, llamadas matriz de interacciones espaciales (Chasco 2003). Esta es una matriz de ceros y unos, donde  $w_{ij} = 1$  si las regiones  $i$  y  $j$  comparten un límite o borde, y  $w_{ij} = 0$  si no lo hacen.

Otra forma de estructurar una matriz de pesos espaciales propiamente dicha es en base a la distancia euclidiana entre los centroides de las regiones donde  $w_{ij}$  recoge la influencia de la región  $i$  sobre la región  $j$  (Chasco 2003).

$$W_{ij} = d_{ij}^{-2} \quad (29)$$

Case, Rosen, y Hines (1993) formula su matriz de pesos espaciales en base a una variable socioeconómica ( $x$ ) para cada región  $ij$ , obteniendo:

$$W_{ij} = \frac{1}{|x_i - x_j|} \quad (30)$$

Existen varios argumentos para estructurar una matriz de pesos espaciales (Cliff y Ord 1973, Anselin 1980, Case, Rosen, y Hines 1993) y esto dependerá del estudio al que se aplique, la idea principal de estructurar una matriz de pesos espaciales será no provocar correlaciones espurias.

Algunos autores han modelado la matriz de pesos para captar las interacciones en los mercados de trabajo (Boarnet 1994a, Boarnet 1994b) o similitudes en preferencias entre unidades (Case, Rosen, y Hines 1993). Corrado y Fingleton (2012) señalan que podrían generarse matrices de pesos basadas en análisis de redes o incluso en tablas input-output. (Partridge et al. 2012)

Para facilitar la interpretación de la autocorrelación espacial se han estandarizado las matrices de pesos espaciales dividiendo los pesos  $w_{ij}$  por la suma de la fila correspondiente (matrices estandarizadas por fila), con esto se logra que los pesos estandarizados  $w_{ij}$  midan en que cantidad contribuye los efectos espaciales de una unidad en toda una región.

### **3. Modelos econométricos espaciales**

La publicación del libro *Spatial Econometrics: Methods and Models* por Anselin (1988), supuso un punto de partida en los estudios regionales que buscaban entender y explicar los spillover espaciales. Bajo este enfoque, el producto de una unidad económica (ya sea hogar, empresa, región o país) está relacionado con el producto o los factores de otra unidad cercana Partridge et al. (2012). A partir de este momento, multitud de trabajos han utilizado econometría espacial para contemplar los problemas asociados a los spillovers espaciales.

El trabajo de Anselin (1988) y Anselin y Rey (1991) distinguen dos formas de dependencia espacial. La primera de ellas afecta al término de error (en inglés, *nuisance dependence*), que puede ser causada por variables omitidas o por errores de medida, al plantear, por ejemplo, sistemas regionales que no reflejan la estructura espacial adecuadamente. En este caso, los errores de las diferentes unidades económicas presentan covarianza espacial (Rey y Montouri 1999).

El modelo espacial en el término de error (*Spatial Error Model - SEM*) puede ser formalizado de la siguiente forma:

$$Y = \alpha i_N + X\beta + u \quad (31)$$

$$u = \lambda Wu + \varepsilon, \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma^2 I) \quad (32)$$

donde  $Y$  es un vector  $N \times 1$  que recoge la variable dependiente para cada una de las unidades de la muestra ( $i=1 \dots, N$ ),  $i_N$  es un vector unidad  $N \times 1$ , asociado al término constante  $\alpha$ ,  $X$  es una matriz  $N \times K$  de variables explicativas asociadas al vector de parámetros  $\beta$  de dimensión  $K \times 1$ , y  $u = (u_1, \dots, u_n)$ , es un vector de términos de error. En este modelo, las interacciones se dan en el término de error, que varía en el tiempo y entre unidades, donde  $\lambda$  es un parámetro autorregresivo espacial que mide el efecto de los spillover espaciales,  $Wu$  es una media ponderada de los errores de las regiones adyacentes (Niebuhr 2001), y  $\varepsilon$  es un vector  $N \times 1$  de términos de error con media cero y varianza constante.

Aplicando esta idea al modelo de convergencia beta absoluta con error espacial obtenemos la siguiente expresión:

$$\ln\left(\frac{y_{it}}{y_{it-1}}\right) = \alpha + \beta \ln(y_{it-1}) + \lambda W_{ij} u_{ijt} + \varepsilon_{it} \quad (33)$$

Este modelo de convergencia beta explica adecuadamente el crecimiento de la renta per cápita. Sin embargo, Rey y Montouri (1999), Niebuhr (2001), Ertur, Le Gallo, y Baumont (2006), muestran que cuando se produce un shock aleatorio en una región determinada, no solo afectará a la tasa de crecimiento de esta región, sino también a la tasa de crecimiento de otras regiones adyacentes, a causa de la dependencia espacial (spillovers espaciales) en el término de error, afectando al proceso de convergencia entre las regiones de todo el vecindario regional. Esto hace que el coeficiente de convergencia estimado por MCO, aunque es insesgado, sea ineficiente (Fischer y Stirböck 2006), de forma similar al problema generado

por la correlación serial LeSage (2004).<sup>22</sup> Anselin y Bera (1998), Rey y Montouri (1999), Le Gallo et al. (2005) o Fischer y Stirböck (2006), sugieren utilizar métodos de máxima verosimilitud o Métodos generalizados de momentos (GMM) para obtener estimadores eficientes en presencia de dependencia espacial en el término de error.

Sin embargo, el modelo de (Anselin 1988) solo consideró la presencia de dependencia espacial en el término de error aleatorio, asumiendo que no existe correlación espacial en los efectos individuales no observables. Kapoor, Kelejian, y Prucha (2007), por el contrario, asumen que el mismo proceso de error se produce tanto en los efectos individuales como en el componente aleatorio (Baltagi, Song, y Kwon 2009). Según estos autores, la autocorrelación espacial se puede dar en los efectos fijos, si se considera que algunos de los determinantes no observables de la productividad de las firmas de diferentes países como el know-how o la capacidad de gestión para organizar procesos de producción eficientemente, pueden ser invariantes durante varios períodos de tiempo.

Una segunda forma de dependencia espacial afecta a las variables explicativas (*substantive spatial dependence*) y representa el efecto del derrame de conocimiento sobre otros países. La dependencia o autocorrelación espacial aparece como consecuencia de la existencia de una relación funcional entre lo que ocurre en un punto determinado del espacio y lo que ocurre en otro lugar (Cliff y Ord 1973, Paelink y Klaassen 1979, Anselin 1988), por lo que los efectos de la interacción espacial tienen un carácter endógeno (Halleck Vega y Elhorst 2015). Para medir el grado de dependencia espacial, normalmente se han utilizado *análisis de autocorrelación espacial*, buscando ver el grado en que un país o una región, por su cercanía, influye en las variables de otro país.

Baronio, Vianco, y Rabanal (2012), define a la autocorrelación espacial como el valor de una variable que se encuentra condicionado por el valor de esa variable en una región vecina. Este efecto es introducido como un modelo de rezago espacial de la variable dependiente (*Spatial Lag Model*), también conocido como modelo autorregresivo espacial (en inglés, *Spatial Autoregressive Model-SAR*) (Anselin 1988, Rey y Montouri 1999, Anselin y Bera 1998, Chasco y López 2004).

$$Y = \alpha i_N + X\beta + \rho WY + u \quad (34)$$

---

<sup>22</sup> En presencia de errores no esféricos (con problemas de heterocedasticidad y/o autocorrelación), los estimadores de los parámetros del modelo son insesgados, pero no lo son sus varianzas (Rey y Montouri, 1999).

donde  $\rho$  es el parámetro autorregresivo espacial que mide el efecto de las externalidades espaciales y  $W$  es una matriz de pesos espaciales que refleja la conexión espacial entre vecinos. El vector de términos de error  $u$  es asumido independiente e idénticamente distribuido. Aplicando esta ecuación al modelo de convergencia beta absoluta obtenemos:

$$\ln\left(\frac{y_{it}}{y_{it-1}}\right) = \alpha + \rho W \left[ \ln\left(\frac{y_{it}}{y_{it-1}}\right) \right] + \beta \ln(y_{it-1}) + \varepsilon_i \quad (35)$$

El modelo de rezago espacial indica que la tasa de crecimiento de una región no solo depende de su nivel inicial de renta, sino también de la tasa de crecimiento de las regiones adyacentes (López-Bazo, Vayá, y Artís 2004, Egger y Pfaffermayr 2006, (Koch, Ertur, y Behrens 2007). En otras palabras, las tasas de crecimiento de las regiones vecinas afectan al proceso de convergencia (Källström y Gullstrand 2012). En este caso, lo que nos interesa captar, es la naturaleza del proceso de convergencia una vez que los efectos espaciales han sido controlados.<sup>23</sup>

La dependencia sustantiva también puede modelarse, incluyendo el rezago espacial sobre la renta al principio del período  $W \ln(y_{i,0})$ .

$$\ln\left(\frac{y_{it}}{y_{it-1}}\right) = \alpha + \beta \ln(y_{it-1}) + \rho W \ln(y_{it-1}) + \varepsilon_i \quad (36)$$

Es decir, el modelo de rezago espacial puede interpretarse como un filtro que controla la dependencia espacial en la tasa de crecimiento y la renta inicial o en la convergencia (Källström y Gullstrand 2012).<sup>24</sup> De este modo, cuando se encuentran regiones con tasas de crecimiento similares o con valores similares en renta per cápita al inicio del periodo, que están agrupadas en el espacio, puede considerarse que existen clubs de convergencia geográficamente condicionada (Dall'erba 2005). La autocorrelación espacial es positiva cuando se encuentran valores similares de una variable agrupados en el espacio (por ejemplo, regiones con renta per cápita por encima/debajo de la media rodeadas otras regiones con renta per cápita sobre/bajo la media. Por el contrario, cuando lo que se agrupan son valores

---

<sup>23</sup> Este efecto se puede observar, pasando a la izquierda la variable dependiente ponderada  $(1 - \rho W) \ln\left(\frac{y_{it}}{y_{it-1}}\right) = \alpha + \beta \ln(y_{it-1}) + \varepsilon_i$

<sup>24</sup> Källström y Gullstrand (2012, 16), señala que esta ecuación permite controlar si la dependencia espacial en las tasas de crecimiento es un subproducto del agrupamiento espacial de los ingresos iniciales o como afirman Rey y Montouri (1999) y Niebuhr (2001), si la presencia de convergencia es robusta una vez que la dependencia espacial ha sido controlada.

disímiles, estamos ante una autocorrelación espacial negativa (regiones ricas rodeadas de regiones pobres y viceversa). Esta asociación espacial en el nivel de renta per cápita y las tasas de crecimiento es normalmente medida a través del índice de Moran (Moran 1950), un aspecto que será desarrollado en el apartado metodológico. La presencia del rezago espacial en ambos casos, genera un problema de endogeneidad, por lo que la estimación MCO será sesgada e inconsistente (LeSage 2004). En su lugar se recomienda utilizar una función de máxima verosimilitud para controlar dicha endogeneidad (Anselin 1988).

Siguiendo con Partridge et al. (2012), ambos modelos han sido ampliamente utilizados en los análisis de dependencia espacial. Sin embargo, puede suceder que la variable dependiente de una unidad esté espacialmente correlacionada con otros factores explicativos. Por tanto, no existe la relación causal descrita en los modelos de dependencia espacial, donde el resultado de la unidad A ( $Y_a$ ) afecta al resultado de la unidad B ( $Y_b$ ) por la difusión tecnológica a través de spillovers. Una razón de la alta correlación en los resultados de las unidades A y B puede estar en la alta correlación en las variables explicativas X. Por ejemplo, cuando dos regiones que tienen el mismo sistema productivo, sus sendas de crecimiento serán en principio similares, al estar influidas por los factores exógenos similares. Otra razón puede ser que los spillovers no se den en la variable dependiente sino en las explicativas, por ejemplo, a través de la movilidad de la fuerza de trabajo o incluso la facilidad absorción del conocimiento de carácter público entre regiones. En ambos casos, la especificación del modelo de retardo espacial en X (en inglés, *spatial lag of X model – SEM*) sería en forma matricial (Halleck Vega y Elhorst 2015):

$$Y = \alpha i_N + X\beta + \rho WX + u \quad (37)$$

Aquí  $WX$  refleja como la estructura económica o las preferencias de una unidad pueden afectar al resultado (variable dependiente) de otra unidad.

Halleck Vega y Elhorst (2015) también incluyen otros modelos espaciales:

1) modelos espaciales de Durbin (en inglés, *Spatial Durbin Model – SDM*), que combinan efectos endógenos de interacciones tecnológicas con efectos exógenos.

$$Y = \alpha i_N + \rho WY + X\beta + \theta WX + u \quad (38)$$

2) modelos de error espaciales de Durbin (en inglés, *Spatial Durbin Error Model- SDEM*), que combinan los efectos exógenos con los efectos en el término de error

$$Y = \alpha i_N + X\beta + \theta WX + u \quad (39)$$

$$u = \lambda Wu + \varepsilon, \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma^2 I) \quad (40)$$

3) modelos autorregresivos espaciales combinados (en inglés, *spatial autoregressive combined model- SAC*), que combinan efectos endógenos de interacciones tecnológicas con efectos en los términos de error.

$$Y = \alpha i_N + \rho WY + X\beta + u \quad (41)$$

$$u = \lambda Wu + \varepsilon, \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma^2 I) \quad (42)$$

Sin embargo, este análisis no es exhaustivo, existen otras variantes que tratan de captar los efectos spillovers de unos países sobre otros.<sup>25</sup> Belotti, Hughes, y Mortari (2017), resume las diversas variantes del modelo en la siguiente ecuación:

$$y_{it} = \alpha + \tau y_{it-1} + \rho \sum_{j=1}^n w_{ij} y_{jt} + \sum_{k=1}^K x_{itk} \beta_k + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^n w_{ij} x_{jtk} \theta_k + u_i + \gamma_t + v_{it} \quad (43)$$

$$v_{it} = \lambda \sum_{j=1}^n m_{ij} v_{jt} + \varepsilon_{it} \quad i = 1, \dots, n \quad t = 1, \dots, T \quad (44)$$

Donde  $\tau = 0$  se refiere a modelos estáticos y  $\tau \neq 0$  a modelos dinámicos.

Si  $\theta = 0$ , entonces se trata de un modelo autorregresivo espacial con perturbaciones autorregresivas (SAC)

Si  $\lambda = 0$ , entonces se trata de un Modelo Espacial Durbin (SDM)

Si  $\lambda = 0$  y  $\theta = 0$ , entonces se trata de un Modelo Espacial Autoregresivo (SAR)

Si  $\rho = 0$  y  $\theta = 0$ , se trata de un Modelo Espacial de Error (SEM)

Si  $\rho = 0, \theta = \gamma \mu_i = \phi \sum_{j=1}^n w_{ij} \mu_j + \eta_i$ , se trata de un Modelo Espacial Generalizado de Panel de Efectos Aleatorios (GSPRE)

Fuente: (Belotti, Hughes, y Mortari 2017)

<sup>25</sup> A modo de ejemplo, Baltagi, Song, y Kwon (2009), propone un modelo de datos de panel generalizado con efectos aleatorios y residuos con autocorrelación especial de primer orden que generalizan las especificaciones de Anselin (1988) y Kapoor, Kelejian, y Prucha (2007)

Determinar cuál de estos modelos es el correcto ha sido uno de los temas más controversiales en los estudios regionales en los últimos años. Otro motivo de discusión ha estado relacionado con la matriz de pesos. Gibbons y Overman (2012) sostienen que es casi imposible identificar qué modelo debe aplicarse, siendo defensores de modelos con especificaciones reducidas como el SAR, aunque carezcan de una interpretación estructural. Mcmillen (2012) prefieren usar enfoques no paramétricos como regresiones geográficamente ponderadas. Corrado y Fingleton (2012) también están de acuerdo en que la aplicación de los modelos econométricos espaciales no ha atendido a factores teóricos o a un estudio en profundidad de los spillovers espaciales. Ellos defienden que debería haber una mayor fundamentación teórica sobre la causalidad, y la generación de la matriz de pesos  $W$  que no esté únicamente relacionada con la distancia entre unidades.

Un concepto relacionado con la autocorrelación espacial es la heterogeneidad espacial, que hace referencia a la variación en las relaciones que se establecen para los fenómenos económicos espaciales conforme varía el espacio de estudio, es decir, está relacionado con la diferenciación espacial o regional de las unidades geográficas (Chasco 2003). En otras palabras, el comportamiento económico y humano es inestable en el espacio. En los modelos de regresión, la heterogeneidad espacial se puede ver reflejada variando sus coeficientes (inestabilidad estructural) o variando las varianzas del término de error entre observaciones (heterocedasticidad grupal) (Dall'erna 2005, 209).

Los fenómenos socioeconómicos se distribuyen de forma diferente en el espacio. Esto significa que el comportamiento humano u otras relaciones no son estables en el espacio, determinadas áreas geográficas dentro de la unidad espacial de análisis pueden tener características diferenciadoras de otras áreas, por ejemplo, el centro suele tener más densidad de población que la periferia, regiones del norte de Europa son más ricas que las del sur. Es decir, la heterogeneidad espacial está relacionada con la diferenciación espacial o regional de las unidades geográficas (Chasco 2003).

Anselin (2001), la heterogeneidad espacial puede ser definida como “inestabilidad estructural en forma de varianza no constante de los residuos de una regresión (heteroscedasticidad) o en los coeficientes del modelo, que es posible abordar mediante técnicas de econometría tradicional o con herramientas propias de econometría espacial”.

Sin embargo, no bastan estas técnicas tradicionales, ya que muchas veces la heterogeneidad espacial viene acompañada por autocorrelación espacial, e incluso podrían ser equivalentes, lo que estaría sesgando los resultados de heterocedasticidad. Por eso se recomienda realizar estudios específicos para determinar la presencia de ambos efectos (Chasco 2003).

### Capítulo 3. Resultados

#### Análisis empírico

El análisis empírico parte del modelo de crecimiento neoclásico de Solow (1956) ampliado con capital humano (Mankiw, Romer, y Weil 1992) al que se incorporará la interacción (spillovers) entre las diferentes variables con los países vecinos, fundamentados en la metodología de Qin, Ye, y Liu (2017). En concreto, se consideran los efectos de las variables renta per cápita, tasa de ahorro e inversión en capital humano de los países vecinos sobre cada país, creando un proceso de acumulación de conocimiento endógeno, mostrado también en los modelos de crecimiento schumpeterianos anteriormente revisados.

Se parte de una función Cobb Douglas en términos absolutos como la presentada por Mankiw, Romer, y Weil (1992).

$$Y_{it} = K_{it}^{\alpha} H_{it}^{\lambda} (A_{it} L_{it})^{1-\alpha-\lambda} \quad (45)$$

donde  $Y_{it}$  es la producción de cada país  $i$  en el año  $t$ ,  $K_{it}$  el stock de capital físico por trabajador,  $H_{it}$  es el stock de capital humano, y  $L_{it}$  el trabajo, asumido como una variable exógena que crece a una tasa constante ( $n$ ).  $A_{it}$  es el cambio tecnológico que incluye un componente exógeno y otro endógeno que depende de la acumulación de conocimiento.  $\alpha < 1$ ,  $\lambda < 1$  y  $0 \leq 1 - \alpha - \lambda \leq 1$ , son respectivamente las elasticidades del producto respecto al capital físico, capital humano y trabajadores efectivos, es decir, su participación en el output. La función presenta rendimientos constantes a escala y rendimientos marginales decrecientes para cada factor.

La ecuación (45) transformada en términos per cápita:

$$y_{it} = k_{it}^{\alpha} h_{it}^{\lambda} A_{it}^{1-\alpha-\lambda} \quad (46)$$

El capital físico y capital humano se acumulan de forma endógena y dependen de la tasa neta de inversión en ambos capitales una vez descontada su depreciación.

La ecuación de acumulación de conocimiento es similar a la planteada por Qin, Ye, y Liu (2017), haciéndola depender de un componente exógeno ( $B$ ), de la tasa de inversión en capital físico ( $sk_{\rho t}^{\tau}$ ) y en el capital humano ( $sh_{\rho t}^{\gamma}$ ) del resto de países vecinos al país  $i$  en el momento  $t$ .  $\rho$  son todos los vecinos del país  $i$ .  $\tau$  y  $\gamma$ , captan los efectos spillover de la inversión en capital físico y capital humano de los países vecinos en el país  $i$ . Es decir, la tecnología ( $A_{it}$ ) sigue un proceso endógeno de acumulación de conocimiento que depende del nivel de renta per cápita de los países vecinos y de su dotación de factores productivos:

$$A_{it} = B y_{\rho t1}^{\varphi} s k_{\rho t}^{\tau} s h_{\rho t}^{\gamma} \quad (47)$$

Donde  $B$  es un parámetro constante que representa la tecnología exógena,  $y_{\rho t1}$ ,  $sk_{\rho t}$  y  $sh_{\rho t}$  son respectivamente la renta per cápita al principio del período, la inversión en capital físico y la inversión en capital humano por trabajador de las  $\rho$  regiones vecinas a la región  $i$  en el momento  $t$ .  $\varphi$ ,  $\tau$  y  $\gamma$  son las elasticidades con las que la renta inicial y los dos inputs de las regiones vecinas afectan a la región  $i$ .

La tasa de crecimiento de la tecnología en el estado estacionario será igual a:

$$\dot{A}_{it} = B \left( \varphi \frac{\dot{y}_{\rho t1}}{y_{\rho t1}} y_{\rho t1}^{\varphi} + \tau \frac{\dot{s}k_{\rho t}}{sk_{\rho t}} s k_{\rho t}^{\tau} + \gamma \frac{\dot{s}h_{\rho t}}{sh_{\rho t}} s h_{\rho t}^{\gamma} \right) \quad (48)$$

Reorganizando la ecuación (48)

$$\dot{A}_{it} = B y_{\rho t1}^{\varphi} s k_{\rho t}^{\tau} s h_{\rho t}^{\gamma} \left( \varphi \frac{\dot{y}_{\rho t1}}{y_{\rho t1}} + \tau \frac{\dot{s}k_{\rho t}}{sk_{\rho t}} + \gamma \frac{\dot{s}h_{\rho t}}{sh_{\rho t}} \right) \quad (49)$$

$$\dot{A}_{it} = A_{it} \left( \varphi \frac{\dot{y}_{\rho t1}}{y_{\rho t1}} + \tau \frac{\dot{s}k_{\rho t}}{sk_{\rho t}} + \gamma \frac{\dot{s}h_{\rho t}}{sh_{\rho t}} \right) \quad (50)$$

Sustituyendo  $B y_{\rho t1}^{\varphi} s k_{\rho t}^{\tau} s h_{\rho t}^{\gamma}$  por  $A_{it}$  según la ecuación (47)

$$\frac{\dot{A}_{it}}{A_{it}} = \varphi \frac{\dot{y}_{pt1}}{y_{pt1}} + \tau \frac{\dot{s}k_{pt}}{sk_{pt}} + \gamma \frac{\dot{s}h_{pt}}{sh_{pt}} \quad (51)$$

Todos los términos de la derecha de la ecuación crecen a una tasa constante en el estado estacionario, por lo que la tecnología también crecerá a una tasa constante.

Expresando la ecuación (51) en logaritmos

$$\ln A_{it} = \varphi \ln y_{pt1} + \tau \ln sk_{pt} + \gamma \ln sh_{pt} \quad (52)$$

Esta función es introducida en la ecuación de convergencia beta obtenida a partir del modelo de Solow ampliado con capital humano (Islam 1995, Caselli, Esquivel, y Lefort 1996)

$$\begin{aligned} \ln(y_{it2}) - \ln(y_{it1}) & \quad (53) \\ &= (1 - e^{-\beta t}) \left[ \frac{\alpha}{1 - \alpha - \lambda} \ln(sk_{it}) + \frac{\lambda}{1 - \alpha - \lambda} \ln(sh_{it}) \right. \\ & \quad \left. - \frac{\alpha + \lambda}{1 - \alpha - \lambda} \ln(n_t + g + \delta) \right] - (1 - e^{-\beta t}) \ln(y_{it1}) \\ & \quad + (1 - e^{-\beta t}) \ln(A_i) \end{aligned}$$

Sustituyendo  $\ln A_{it}$  de (52) en la ecuación (53) y pasando  $\ln(y_{t1})$  al lado derecho de la ecuación se obtiene

$$\begin{aligned} \ln(y_{it2}) &= (1 - e^{-\beta t}) \left[ \frac{\alpha}{1 - \alpha - \lambda} \ln(sk_{it}) + \frac{\lambda}{1 - \alpha - \lambda} \ln(sh_{it}) \right. \\ & \quad \left. - \frac{\alpha + \lambda}{1 - \alpha - \lambda} \ln(n_t + g + \delta) \right] + (e^{-\beta t}) \ln(y_{it1}) \\ & \quad + (1 - e^{-\beta t}) \varphi \ln y_{\rho t1} + (1 - e^{-\beta t}) \tau \ln sk_{\rho t} + (1 - e^{-\beta t}) \gamma \ln sh_{\rho t} \end{aligned} \quad (51)$$

A continuación, planteamos un modelo de autocorrelación espacial similar al planteado por (Qin, Ye, y Liu 2017), donde se controlan la dependencia espacial en todas las variables explicativas (menos la tasa de crecimiento de la población que se supone exógena). Este modelo combina efectos endógenos de interacciones tecnológicas con efectos exógenos.

$$Y = \theta X_1 + \omega W X_2 + \varepsilon, \varepsilon N(0, \sigma^2 I_n) \quad (5552)$$

donde  $X_1$  corresponde a las variables explicativa del país en estudio mientras que el producto  $W X_2$  corresponde a las variables explicativas de los países vecinos del país objetivo con la matriz de pesos espaciales  $W$  estandarizada, lo cual permite plantear el modelo econométrico en términos del país objetivo ( $i$ ). De esta forma la ecuación (55) se convierte en la ecuación de *Spatial Durbin Model – SDM* (ecuación 35)

$Y = \alpha i_N + \rho W Y + X \beta + \theta W X + u$ ;  $\varepsilon$  es el término de error. Aplicando este modelo a la ecuación (55) se obtiene:

$$\begin{aligned} \ln y_{it2} = & \alpha + \theta \ln y_{it1} + \omega_1 \ln(sk_{it}) + \omega_2 \ln(sh_{it}) - \omega_3 \ln(n_t + g + \delta) \\ & + \omega_4 W \ln(y_{it1}) + \omega_5 W \ln(sk_{it}) + \omega_6 W \ln(sh_{it}) + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (53)$$

Con un modelo espacial autoregresivo en el cual se utiliza las variables explicativas y la matriz de pesos espaciales multiplicada por las mismas variables explicativas para captar los efectos espaciales “spillovers”. Se utiliza una matriz de contigüidad para estimar el modelo de efectos fijos y efectos temporales con la matriz de pesos espaciales de contigüidad (tipo reina), obteniendo los siguientes resultados (Tabla 1):

**Tabla No.1 Resultados de los modelos utilizados**

	(1)	(2)	(3)	(4)
VARIABLES	OLS	FE	SDMef	SDMet
Ln(PIBpc t-1)	0.978*** (0.00410)	0.946*** (0.0144)	0.957*** (3.0248)	0.985*** (3.0087)
Ln(Inv/PIB)	0.0591*** (0.0146)	0.0865*** (0.0110)	0.091*** (3.0122)	0.065*** (3.0190)
Ln(K humano)	0.0147 (0.0120)	0.00257 (0.0376)	0.008 (3.0659)	0.007 (3.0204)

Ln(n+g+d)	-0.0968*** (0.0269)	-0.155** (0.0659)	-0.114 (3.0943)	-0.028 (3.0557)
wy_ln(PIBpct)			-0.415*** (3.0385)	-0.258*** (3.0123)
wx_ ln(Inv/PIB)			0.014 (3.0159)	0.050* (3.0268)
wx_ ln(K humano)			0.088 (3.1061)	0.198*** (3.0496)
Constante ( $\alpha$ )	-0.236*** (0.0743)	-0.162 (0.164)		
Observaciones	405	405	390	390
R2	0.996	0.969	0.817	0.225
Número de países		15	15	15

Nota: Spatial Durbin Model model (SDM) utilizando el comando de stata xsmle

Error estándar entre paréntesis \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

I de Moran 0.5877[0.001]

Jarque-Bera 169.015[0.000]

Breusch-Pagan test 68.343[0.000]

En la tabla 1 se pueden observar los resultados obtenidos en las diferentes estimaciones.

Todos ellos, coinciden en los valores positivos en el coeficiente de la variable rezagada, lo que estaría mostrando un claro proceso de convergencia entre los países del continente americano durante el periodo 1990-2016, que incluso se acelera cuando se tiene en cuenta la dependencia espacial. Por otra parte, el I de Moran muestra que existe una dependencia espacial positiva y

significativa entre los países de estudio, es decir, que los países más cercanos a países ricos/pobres tienen un PIB per cápita más alto/bajo. Respecto a los dos aspectos relacionados con la heterogeneidad espacial (inestabilidad estructural y heterocedasticidad) que afectan la validez de los test de autocorrelación espacial. Para confirmar la ausencia de ambos errores de especificación se utilizaron los test de Jarque-Bera que demuestra la estabilidad de los parámetros mientras que el test Breuch-Pagan muestra ausencia de heterocedasticidad.

La estimación SDM con efectos fijos solo muestra que la variable PIBpc tiene un fuerte efecto espacial negativo, lo que estaría sugiriendo que un incremento en el PIBpc de los países vecinos tiene un efecto negativo sobre el PIBpc de cada país. El resto de variables ponderadas por la matriz de pesos no son significativas. Sin embargo, al aplicar un modelo SDM con efectos temporales, todas las variables explicativas ponderadas espacialmente son significativas. Tanto la inversión en capital físico como el capital humano medido a través de los años de escolaridad de los países vecinos tienen un efecto positivo y significativo sobre el crecimiento económico de cada país.

## Conclusiones

El objetivo de esta tesis ha sido evaluar si la dependencia espacial provocada por derrames de conocimiento, tienen efectos sobre convergencia económica en los países del continente americano. Para estimar dicho fenómeno se han utilizado modelos de econometría espacial, comparando sus resultados con los modelos tradicionales de convergencia.

El marco teórico se enfocó en realizar un repaso de la literatura desde las diferentes escuelas de crecimiento económico pasando por las todas las técnicas y modelos desarrollados para determinar la convergencia hasta hacer hincapié en los modelos espaciales que poco a poco han ido tomando protagonismo. Estos modelos fueron capaces de mostrar como las externalidades que existen en variables económicas trascienden las fronteras físicas de los países. Estas externalidades han sido definidas a menudo como derrames de conocimiento, que han podido contribuir a que grupos de países hayan podido converger hacia estados estacionarios similares, formando clubs de convergencia.

Esta visión tiene sus fundamentos en las teorías Schumpeterianas de crecimiento y su énfasis en la innovación y la endogenización de la tecnología, lo que hace que este estudio sea diferente a otros realizado en el continente americano. Las peculiaridades de los países estudiados en el presente trabajo hacen que sea interesante probar nuevas perspectivas espaciales para analizar el comportamiento de los países de la región y su interacción cuando se habla de crecimiento y convergencia. El principal resultado es que, aunque existe brechas importantes en el PIB per cápita entre estos países, se encuentra convergencia económica en la región independientemente del sesgo espacial encontrado.

El análisis econométrico a través del modelo *Spatial Durbin Model – SDM* con efectos fijos y temporales nuestra evidencias de que los modelos que ignoran la dependencia espacial llegan a resultados parciales. Esto implica que las variaciones en variables determinantes del crecimiento económico de unos países influyen en otros. Teniendo en cuenta que la matriz de pesos espaciales que ha sido considerada es una matriz de contigüidad, los resultados significativos en las variables ponderadas por esa matriz estarían mostrando que existen knowledge spillovers entre países vecinos. De los dos modelos que fueron presentados en el análisis empírico, la estimación con efectos temporales espaciales tuvo resultados más significativos en las variables espaciales, mostrando un efecto negativo del PIBpc y positivo del capital físico y humano sobre los países vecinos.

## Referencias

- Abramovitz M. 1986. "Catching up, forging ahead, and falling behind". *cambridge.org*.  
<https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-economic-history/article/catching-up-forging-ahead-and-falling-behind/E0FA8944FFE9930844D755768E9D0106>.
- Aghion, Philippe, y Peter Howitt. 1990. "A model of growth through creative destruction".  
<https://www.nber.org/papers/w3223>.
- Aghion, Philippe, Ufuk Akcigit, y Peter Howitt. 2014. "What Do We Learn From Schumpeterian Growth Theory?" *Handbook of Economic Growth 2* (enero): 515–63.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53540-5.00001-X>.
- Aghion, Philippe, y Xavier Jaravel. 2015. "Knowledge Spillovers, Innovation and Growth".  
*The Economic Journal* 125 (583): 533–73. <https://doi.org/10.1111/ECOJ.12199>.
- Anselin, L. 1988. "Spatial econometrics: methods and models".  
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=3dPIXClv4YYC&oi=fnd&pg=PA3&dq=anselin+1988+spatial+econometrics&ots=gWPGD9YoJV&sig=oDy-dl3VQN06KuvRck98nT8Prnc>.
- . 1993. "The Moran Scatterplot as an ESDA Tool to Assess Local Instability in Spatial Association, Paper presented at the GISDATA Specialist Meeting on GIS and Spatial Analysis." Amsterdam, The Netherlands.  
[https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=anselin+1993+i+moran&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=anselin+1993+i+moran&btnG=).
- Anselin, Luc. 1980. "Estimation Methods for Spatial Autoregressive Structures: A Study in Spatial Econometrics Regional Science Dissertation and Monograph Series 8". Ithaca: Cornell University.
- . 1988. *Spatial econometrics : methods and models*. Kluwer Academic Publishers.
- . 2001. "Rao's score test in spatial econometrics". *Journal of Statistical Planning and Inference* 97 (1): 113–39. [https://doi.org/10.1016/S0378-3758\(00\)00349-9](https://doi.org/10.1016/S0378-3758(00)00349-9).
- Anselin, Luc, y Anil Bera. 1998. "Spatial Dependence in Linear Regression Models with a Introduction to Spatial Econometrics". En *Handbook of Applied Economic Statistics*, 237.  
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=u0RZDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA237&>

dq=Anselin+y+Bera,+1998)&ots=R1JfS5ngnb&sig=0SYvaK8D1fQO7wBYOw2XMbe  
SQdI#v=onpage&q=Anselin%20y%20Bera%2C%201998)&f=false.

- Anselin, Luc, y Serge Rey. 1991. "Properties of Tests for Spatial Dependence in Linear Regression Models". *Geographical Analysis* 23 (2): 112–31.  
<https://doi.org/10.1111/J.1538-4632.1991.TB00228.X>.
- Arellano, Manuel, y Stephen Bond. 1991. "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations". *The Review of Economic Studies* 58 (2): 277–97. <https://doi.org/10.2307/2297968>.
- Arrow, Kenneth. 1962. "The economic implications of learning by doing". *The Review of Economic Studies* 29 (3): 155–73. <http://www.jstor.org/stable/2295952>.
- Arrow, Kenneth J. 1962. "The economic implications of learning by doing". *Review of Economic Studies* 29 (3): 155–73. <https://doi.org/10.2307/2295952/2/29-3-155.PDF.GIF>.
- Baltagi, Badi H., Seuck Heun Song, y Jae Hyeok Kwon. 2009. "Testing for heteroskedasticity and spatial correlation in a random effects panel data model". *Computational Statistics & Data Analysis* 53 (8): 2897–2922. <https://doi.org/10.1016/J.CSDA.2008.06.009>.
- Baronio, A., A. Vianco, y C. Rabanal. 2012. "Una introducción a la econometría espacial: dependencia y heterogeneidad". Catedra de econometría. 2012.  
[https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Baronio%2C+Vianco+y+Rabanal+%282012%29&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Baronio%2C+Vianco+y+Rabanal+%282012%29&btnG=).
- Barro, R. J. 1991. "Economic Growth in a Cross Section of Countries". *The Quarterly Journal of Economics* 106 (2): 407–43. <https://doi.org/10.2307/2937943>.
- Barro, R. J., y X. Sala-I-Martin. 1992a. "Convergence". *Journal of Political Economy*, 223–51. <https://doi.org/10.1086/261816>.
- . 1992b. "Convergence". <https://doi.org/10.1086/261816>, 223–51.  
<https://doi.org/10.1086/261816>.
- Barro, Robert. 1990. "Government Spending in a Simple Model of Endogeneous Growth". *Journal of Political Economy* 98 (5, Part 2): S103–25. <https://doi.org/10.1086/261726>.
- Barro, Robert J. 1990. "Government Spending in a Simple Model of Endogeneous Growth". <https://doi.org/10.1086/261726> 98 (5, Part 2): S103–25. <https://doi.org/10.1086/261726>.

- Barro, Robert J., y Jong Wha Lee. 1994a. “Losers and Winners in Economic Growth””.  
 Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics, The  
 World Bank. 1994.  
[https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Losers+and+Winners+in+Economic+Growth%E2%80%9D%2C+Proceedings+of+the+World+Bank+Annual+Conference+on+Development+Economics+barro+and+lee&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Losers+and+Winners+in+Economic+Growth%E2%80%9D%2C+Proceedings+of+the+World+Bank+Annual+Conference+on+Development+Economics+barro+and+lee&btnG=).
- . 1994b. “Sources of economic growth”. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* 40 (C): 1–46. [https://doi.org/10.1016/0167-2231\(94\)90002-7](https://doi.org/10.1016/0167-2231(94)90002-7).
- Barro, Robert, Xavier Sala-I-Martin, Olivier Jean Blanchard, y Robert Hall. 1991.  
 “Convergence Across States and Regions”. *Brookings Papers on Economic Activity* 1:  
 107–82. <https://doi.org/10.2307/2534639>.
- Baumol, W. 1986. “Productivity growth, convergence, and welfare: what the long-run data show”. *The American Economic Review* 76 (5): 1072–85.  
<https://www.jstor.org/stable/1816469>.
- Becker, Gary S., y Robert J. Barro. 1988. “A Reformulation of the Economic Theory of Fertility”. *The Quarterly Journal of Economics* 103 (1): 1–25.  
<https://doi.org/10.2307/1882640>.
- Belotti, Federico, Gordon Hughes, y Andrea Piano Mortari. 2017. “Spatial panel-data models using Stata”. *Stata Journal* 17 (1): 139–80.  
<https://doi.org/10.1177/1536867X1701700109>.
- Block, Walter, James Gwartney, y Robert A. Lawson. 1996. “Economic Freedom of the World: 1975-1995”. Fraser Institute.
- Boarnet, Marlon G. 1994a. “An Empirical Model of Intrametropolitan Population and Employment Growth”. *Papers in Regional Science* 73 (2): 135–52.  
<https://doi.org/10.1111/J.1435-5597.1994.TB00607.X>.
- . 1994b. “The Monocentric Model and Employment Location”. *Journal of Urban Economics* 36 (1): 79–97. <https://doi.org/10.1006/JUEC.1994.1027>.
- Butler, Eamonn. 2012. “The condensed wealth of nations”. <https://www.cis.org.au/wp-content/uploads/2015/07/op126.pdf>.
- Buzai, G. 2005. “Los Sistemas de Información Geográfica y sus métodos de análisis en el continuo resolución-integración”. En *Memorias X Conferencia Iberoamericana de*

- Sistemas de Información Geográfica (X CONFIBSIG)*. Río Piedras: Universidad de Puerto Rico. [https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Buzai/publication/299285917\\_Los\\_Sistemas\\_de\\_Informacion\\_Geografica\\_y\\_sus\\_metodos\\_de\\_analisis\\_en\\_el\\_continuo\\_resolucion-integracion/links/56f05bf408ae0dcdafd6a9f0/Los-Sistemas-de-Informacion-Geografica-y-sus-metodos-de-analisis-en-el-continuo-resolucion-integracion.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Buzai/publication/299285917_Los_Sistemas_de_Informacion_Geografica_y_sus_metodos_de_analisis_en_el_continuo_resolucion-integracion/links/56f05bf408ae0dcdafd6a9f0/Los-Sistemas-de-Informacion-Geografica-y-sus-metodos-de-analisis-en-el-continuo-resolucion-integracion.pdf).
- Cameron, G. 1996. “Innovation and economic growth”, núm. 277. <http://cep.lse.ac.uk>.
- Cardona, Marleny, Carlos Cano, Francisco Zuluaga, y Carolina Gómez. 2000. *Diferencias y similitudes en las teorías del crecimiento económico*. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=u9N1UF\\_ccIAC&oi=fnd&pg=PA15&dq=Diferencias+y+similitudes+en+las+teor%C3%ADas+del+crecimiento+econ%C3%B3mico&ots=b5ornFvuGL&sig=4xq7z8zlgngTtIFqjDYewmHGBQk](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=u9N1UF_ccIAC&oi=fnd&pg=PA15&dq=Diferencias+y+similitudes+en+las+teor%C3%ADas+del+crecimiento+econ%C3%B3mico&ots=b5ornFvuGL&sig=4xq7z8zlgngTtIFqjDYewmHGBQk).
- Case, Anne C., Harvey S. Rosen, y James R. Hines. 1993. “Budget spillovers and fiscal policy interdependence: Evidence from the states”. *Journal of Public Economics* 52 (3): 285–307. [https://doi.org/10.1016/0047-2727\(93\)90036-S](https://doi.org/10.1016/0047-2727(93)90036-S).
- Caselli, Francesco, Gerardo Esquivel, y Fernando Lefort. 1996. “Reopening the Convergence Debate: A New Look at Cross-Country Growth Empirics”. *Journal of Economic Growth* 1 (3): 363–89. <https://doi.org/10.1007/BF00141044/METRICS>.
- Cass, David. 1965. “Optimum growth in an aggregative model of capital accumulation”. *Review of Economic Studies* 32 (3): 233–40. <https://doi.org/10.2307/2295827/2/32-3-233.PDF.GIF>.
- Centty, Deymor. 2008. “La inversión extranjera y el subdesarrollo del Perú 1990–2000”. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2008b/414/414.pdf>.
- Chakraborty, S. 2002. “Private Health Provision in Uttar Pradesh, India”. *Health Policy Research in South Asia*, 257–78. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/400811468777248320/pdf/272100PAPER0Health0policy0research.pdf#page=285>.
- Chasco, Coro. 2003. *Econometría espacial aplicada a la predicción-extrapolación de datos microterritoriales*. 1ª Edición. Madrid (España): Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. [https://www.researchgate.net/profile/Coro-Chasco/publication/256116969\\_Econometria\\_espacial\\_aplicada\\_a\\_la\\_prediccion-](https://www.researchgate.net/profile/Coro-Chasco/publication/256116969_Econometria_espacial_aplicada_a_la_prediccion-)

extrapolacion\_de\_datos\_microterritoriales/links/02e7e521d2ac59ff20000000/Econometria-espacial-aplicada-a-la-prediccion-extrapolacion-de-datos-microterritoriales.pdf.

- Chasco, Coro, y Fernando Antonio López. 2004. “Difusión y dinámica temporal de la dependencia espacial”. *Asociación Española de Economía Aplicada ( ASEPELT)*. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/1036>.
- Chatterji, M. 1992. “Convergence clubs and endogenous growth”. *Oxford Review of economic*. <https://academic.oup.com/oxrep/article-abstract/8/4/57/398466>.
- Cliff, A, y J.K Ord. 1973. “Spatial Autocorrelation”. London. [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Cliff%2C+A.+and+J.K+Ord%2C+Spatial+Autocorrelation%2C+London%3A+Pion%2C+1973&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Cliff%2C+A.+and+J.K+Ord%2C+Spatial+Autocorrelation%2C+London%3A+Pion%2C+1973&btnG=).
- Coe, David T., y Elhanan Helpman. 1995. “International R&D spillovers”. *European Economic Review* 39 (5): 859–87. [https://doi.org/10.1016/0014-2921\(94\)00100-E](https://doi.org/10.1016/0014-2921(94)00100-E).
- Collantes, Fernando. 2003. “Robert Malthus: un economista político convertido en demógrafo por aclamación popular”. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas* 101: 149–73. <https://www.jstor.org/stable/40184454>.
- Corrado, Luisa, y Bernard Fingleton. 2012. “Where is the Economics in Spatial Econometrics?” *Journal of Regional Science* 52 (2): 210–39. <https://doi.org/10.1111/J.1467-9787.2011.00726.X>.
- Costabile, L., y B. Rowthorn. 1985. “Malthus’s Theory of Wages and Growth”. *The Economic Journal* 95 (378): 418–37. <https://doi.org/10.2307/2233218>.
- Crespo, Raúl J. 2003. “Evaluación Empírica de las Implicaciones de Largo Plazo del Modelo Neoclásico de Crecimiento Económico en la Economía Venezolana”. *Revista Banco Central de Venezuela* 17 (2).
- Dall’erba, Sandy. 2005. “Productivity convergence and spatial dependence among Spanish regions”. *Journal of Geographical Systems* 7 (2): 207–27. <https://doi.org/10.1007/S10109-005-0157-4/METRICS>.
- Domar, E. 1944. “The burden of the debt" and the national income”. *The American Economic Review*. <https://www.jstor.org/stable/1807397>.
- Eaton, Jonathan, Eva Gutierrez, y Samuel Kortum. 1998. “European technology policy”. *Economic Policy* 13 (27): 404–38. <https://doi.org/10.1111/1468-0327.00037>.

- Eaton, Jonathan, y Samuel Kortum. 1999. "International technology diffusion: Theory and measurement". *International Economic Review* 40 (3): 537–70.  
<https://doi.org/10.1111/1468-2354.00028>.
- Egger, Peter, y Michael Pfaffermayr. 2006. "Spatial convergence\*". *Papers in Regional Science* 85 (2): 199–215. <https://doi.org/10.1111/J.1435-5957.2006.00084.X>.
- Elliott, John E. 1990. "Alfred Marshall on socialism". *Review of Social Economy* 48 (4): 450–76. <https://doi.org/10.1080/00346769000000040/ASSET//CMS/ASSET/B69F3959-08B0-4773-BEAB-C80A920CB95F/00346769000000040.FP.PNG>.
- Ertur, Cem, Julie Le Gallo, y Catherine Baumont. 2006. "The European Regional Convergence Process, 1980-1995: Do Spatial Regimes and Spatial Dependence Matter?" <http://dx.doi.org/10.1177/0160017605279453> 29 (1): 3–34.  
<https://doi.org/10.1177/0160017605279453>.
- Ertur, Cem, y Wilfried Koch. 2008. "A contribution to the Schumpeterian growth theory and empirics". <https://shs.hal.science/halshs-00327641/document>.
- . 2011. "A contribution to the theory and empirics of Schumpeterian growth with worldwide interactions". *Journal of Economic Growth* 16 (3): 215–55.  
<https://doi.org/10.1007/S10887-011-9067-0/METRICS>.
- Evans, Paul. 1996. "Using cross-country variances to evaluate growth theories". *Journal of Economic Dynamics and Control* 20 (6–7): 1027–49. [https://doi.org/10.1016/0165-1889\(95\)00888-8](https://doi.org/10.1016/0165-1889(95)00888-8).
- Fischer, Manfred M., y Claudia Stirböck. 2006. "Pan-European regional income growth and club-convergence". *Annals of Regional Science* 40 (4): 693–721.  
<https://doi.org/10.1007/S00168-005-0042-6/METRICS>.
- Frankel, Marvin. 1962. "The Production Function in Allocation and Growth: A Synthesis". *The American Economic Review* 52 (5): 996–1022.  
<https://www.jstor.org/stable/1812179>.
- Frantzen, Dirk. 2000. "R&D, Human Capital and International Technology Spillovers: A Cross-country Analysis". *Scandinavian Journal of Economics* 102 (1): 57–75.  
<https://doi.org/10.1111/1467-9442.00184>.

- Gallo, Julie Le, Catherine Baumont, Sandy Dall’erba, y Cem Ertur. 2005. “On the property of diffusion in the spatial error model”. *Applied Economics Letters* 12 (9): 533–36.  
<https://doi.org/10.1080/13504850500120722>.
- Gerdes, William D. 2013. “Adam Smith and the Great Deceleration in the U.S. Economy”.  
<http://dx.doi.org/10.1177/056943451305800203> 58 (2): 102–10.  
<https://doi.org/10.1177/056943451305800203>.
- Gibbons, Stephen, y Henry G. Overman. 2012. “Mostly Pointless Spatial Econometrics?”  
*Journal of Regional Science* 52 (2): 172–91. <https://doi.org/10.1111/J.1467-9787.2012.00760.X>.
- González, Humberto Franco, y Andrés Ramírez Hassan. 2005. “El modelo Harrod-Domar: implicaciones teóricas y empíricas”. *Ecos de Economía* 9 (21): 127–51.  
<https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ecos-economia/article/view/1969>.
- Griffith, Rachel, Stephen Redding, y John Van Reenen. 2003. “R&D and Absorptive Capacity: Theory and Empirical Evidence\*”. *Scandinavian Journal of Economics* 105 (1): 99–118. <https://doi.org/10.1111/1467-9442.00007>.
- Grossman, Gene M., y Elhanan Helpman. 1991. “Trade, knowledge spillovers, and growth”.  
*European Economic Review* 35 (2–3): 517–26. [https://doi.org/10.1016/0014-2921\(91\)90153-A](https://doi.org/10.1016/0014-2921(91)90153-A).
- Halleck Vega, Solmaria, y J. Paul Elhorst. 2015. “The SLX Model”. *Journal of Regional Science* 55 (3): 339–63. <https://doi.org/10.1111/JORS.12188>.
- Harrod, R. F. 1939a. “An Essay in Dynamic Theory”. *The Economic Journal* 49 (193): 14–33.  
<https://doi.org/10.2307/2225181>.
- . 1939b. “An Essay in Dynamic Theory”. *The Economic Journal* 49 (193): 14–33.  
<https://doi.org/10.2307/2225181>.
- . 1960. “Second Essay in Dynamic Theory”. *The Economic Journal* 70 (278): 277–93.  
<https://doi.org/10.2307/2228728>.
- Holtz-Eakin, Douglas, Whitney Newey, y Harvey S. Rosen. 1988. “Estimating Vector Autoregressions with Panel Data”. *Econometrica* 56 (6): 1371.  
<https://doi.org/10.2307/1913103>.

- Hordijk, L. 1974. "Spatial correlation in the disturbances of a linear interregional model". *Regional and Urban Economics* 4 (2): 117–40. [https://doi.org/10.1016/0034-3331\(74\)90025-6](https://doi.org/10.1016/0034-3331(74)90025-6).
- Howitt, Peter. 2000a. "Endogenous Growth and Cross-Country Income Differences". *American Economic Review* 90 (4): 829–46. <https://doi.org/10.1257/AER.90.4.829>.
- . 2000b. "Endogenous Growth and Cross-Country Income Differences". *American Economic Review* 90 (4): 829–46. <https://doi.org/10.1257/AER.90.4.829>.
- Howitt, Peter, y Philippe Aghion. 1998. "Capital accumulation and innovation as complementary factors in long-run growth". *Journal of Economic Growth* 3 (2): 111–30. <https://doi.org/10.1023/A:1009769717601/METRICS>.
- Howitt, Peter, y David Mayer-Foulkes. 2002. "R&D, Implementation and Stagnation: A Schumpeterian Theory of Convergence Clubs", agosto. <https://doi.org/10.3386/W9104>.
- Islam, Nazrul. 1995. "Growth Empirics: A Panel Data Approach". *The Quarterly Journal of Economics* 110 (4): 1127–70. <https://doi.org/10.2307/2946651>.
- Jaffe, Adam B. 1986. "Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits and Market Value", enero. <https://doi.org/10.3386/W1815>.
- Jiménez, Félix. 2010. "Crecimiento económico: enfoques y modelos. Capítulo 5—Teoría del crecimiento endógeno". <https://files.pucp.education/departamento/economia/DDD305.pdf>.
- Källström, John, y Joakim Gullstrand. 2012. "An empirical study of regional convergence, inequality, and spatial dependence in the enlarged European Union". <https://lup.lub.lu.se/student-papers/record/3051586/file/3051588.pdf>.
- Kapoor, Mudit, Harry H. Kelejian, y Ingmar R. Prucha. 2007. "Panel data models with spatially correlated error components". *Journal of Econometrics* 140 (1): 97–130. <https://doi.org/10.1016/J.JECONOM.2006.09.004>.
- Keller, Wolfgang. 1998. "Are international R&D spillovers trade-related?: Analyzing spillovers among randomly matched trade partners". *European Economic Review* 42 (8): 1469–81. [https://doi.org/10.1016/S0014-2921\(97\)00092-5](https://doi.org/10.1016/S0014-2921(97)00092-5).
- Keynes, J. M. 1937. "The General Theory of Employment". *The Quarterly Journal of Economics* 51 (2): 209–23. <https://doi.org/10.2307/1882087>.

- King, R. G., y S. Rebelo. 1990. "Public Policy and Economic Growth: Developing Neoclassical Implications". <https://doi.org/10.1086/261727> 98 (5 Part 2).  
<https://doi.org/10.1086/261727>.
- King, Robert, y Ross Levine. 1993. "Financial intermediation and economic development". En *Capital Markets and Financial Intermediation*, 156–89.  
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=sOxneZ07yKcC&oi=fnd&pg=PA156&dq=King+y+Levine+1993+convergence&ots=H1UbIUQpJa&sig=FKUR54QHyz449I14tFG0hNyjhC8#v=onepage&q&f=false>.
- Knight, Malcolm, Norman Loayza, y Delano Villanueva. 1993. "Testing the Neoclassical Theory of Economic Growth: A Panel Data Approach". *Staff Papers 1993* 40:3 40 (3): 512–41. <https://doi.org/10.2307/3867446>.
- Koch, Wilfried, Cem Ertur, y Kristian Behrens. 2007. "Dual gravity : Using spatial econometrics to control for multilateral resistance". *LEG - Document de travail - Economie*. <https://ideas.repec.org/p/lat/legeco/2007-03.html>.
- Koopmans, Tjalling. 1965. "On the concept of optimal growth, The Econometric Approach to Development Planning." En *Econometric approach to development planning*, 1:225–87.  
[https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Koopmans%2C+T.+C.+%281965%29%2C+On+the+Concept+of+Optimal+Economic+Growth%2C+in+The+Econometric+Approach+to+Development+Planning%2C+Pontificiae+Academice+Scientiarum+Scriptum+Varia%2C+Noth-Holland%2C+Amsterdam.&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Koopmans%2C+T.+C.+%281965%29%2C+On+the+Concept+of+Optimal+Economic+Growth%2C+in+The+Econometric+Approach+to+Development+Planning%2C+Pontificiae+Academice+Scientiarum+Scriptum+Varia%2C+Noth-Holland%2C+Amsterdam.&btnG=).
- Kormendi, Roger C., y Philip G. Meguire. 1985. "Macroeconomic determinants of growth: Cross-country evidence". *Journal of Monetary Economics* 16 (2): 141–63.  
[https://doi.org/10.1016/0304-3932\(85\)90027-3](https://doi.org/10.1016/0304-3932(85)90027-3).
- LeSage, J. 2004. "Maximum likelihood estimation of spatial regression models".  
[https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Maximum+likelihood+estimation+of+spatial+regression+models&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Maximum+likelihood+estimation+of+spatial+regression+models&btnG=).
- Levine, R, y David Renelt. 1992. "A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions". *The American Economic Review* 82 (4): 942–63.  
<https://www.jstor.org/stable/2117352>.

- Levine, Ross, y Sara Zervos. 1993. "What we Have Learned about Policy and Growth from Cross-Country Regressions?" *The American Economic Review* 83 (2): 426–30.  
<https://www.jstor.org/stable/2117702?typeAccessWorkflow=login>.
- Loayza, Norman. 1994. *A Test of the International Convergence Hypothesis Using Panel Data*.  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=J\\_zsQvYTu4MC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Norman+Loayza++\(1994\)&ots=bqg4b5cFA3&sig=Q-m3mHNV6v8FuJBZPPQy-vrA6-k#v=onepage&q=Norman%20Loayza%20%20\(1994\)&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=J_zsQvYTu4MC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Norman+Loayza++(1994)&ots=bqg4b5cFA3&sig=Q-m3mHNV6v8FuJBZPPQy-vrA6-k#v=onepage&q=Norman%20Loayza%20%20(1994)&f=false).
- López-Bazo, Enrique, Esther Vayá, y Manuel Artís. 2004. "Regional Externalities And Growth: Evidence From European Regions\*". *Journal of Regional Science* 44 (1): 43–73. <https://doi.org/10.1111/J.1085-9489.2004.00327.X>.
- Lucas, Robert E. 1988a. "On the mechanics of economic development". *Journal of Monetary Economics* 22 (1): 3–42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7).
- . 1988b. "On the mechanics of economic development". *Journal of Monetary Economics* 22 (1): 3–42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7).
- Malthus, Thomas Robert. 1820. "Principles of Political Economy". 1820.  
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=IygEAAAAQAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Principles+of+Political+Economy+Malthus&ots=VLjR395S4a&sig=PecZDNPkK0KALdrt7RXbgKnEp9g#v=onepage&q=Principles%20of%20Political%20Economy%20Malthus&f=false>.
- Mankiw, Gregory N., David Romer, y David N. Weil. 1992. "A Contribution to the Empirics of Economic Growth". *The Quarterly Journal of Economics* 107 (2): 407–37.  
<https://doi.org/10.2307/2118477>.
- Mankiw, Gregory N. 1995. "Real Business Cycles: A New Keynesian Perspective". *Essential Readings in Economics*, 328–41. [https://doi.org/10.1007/978-1-349-24002-9\\_18](https://doi.org/10.1007/978-1-349-24002-9_18).
- Martín Mayoral, Fernando. 2010. "América Latina, ¿convergencia o divergencia?" *Principios: estudios de economía política*, ISSN 1698-7616, N.º. 16, 2010, págs. 37-54, núm. 16: 37–54.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3137974&info=resumen&idioma=EN>  
 G.

- McMillen, Daniel P. 2012. "Perspectives on Spatial Econometrics: Linear Smoothing with Structured Models". *Journal of Regional Science* 52 (2): 192–209.  
<https://doi.org/10.1111/J.1467-9787.2011.00746.X>.
- Mill, Jhon Stuart. 1848. "Principles of political economy with some of their applications".  
<http://digamo.free.fr/jsmvrac.pdf>.
- Moran, P. A. P. 1950. "Notes on Continuous Stochastic Phenomena". *Biometrika* 37 (1/2): 17.  
<https://doi.org/10.2307/2332142>.
- Nelson, Richard R., y Edmund S. Phelps. 1966. "Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth". *The American Economic Review* 56 (1/2): 69–75.  
<https://www.jstor.org/stable/1821269>.
- Niebuhr, Annekatriin. 2001. "Convergence and the Effects of Spatial Interaction".  
<https://doi.org/10.22004/AG.ECON.26351>.
- Nonneman, Walter, y Patrick Vanhoudt. 1996. "A further augmentation of the solow model and the empirics of economic growth for oecd countries". *Quarterly Journal of Economics* 111 (3): 943–53. <https://doi.org/10.2307/2946677/2/111-3-943.PDF.GIF>.
- Paelink, J. H., y L. H. Klaassen. 1979. "Spatial Econometrics, Saxon House Farnborough". *Kiel Institute for World Economics*.  
[https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Paelink+y+Klaassen%2C+1979+Spatial+Econometrics%2C+Saxon+House+Farnborough+&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Paelink+y+Klaassen%2C+1979+Spatial+Econometrics%2C+Saxon+House+Farnborough+&btnG=).
- Partridge, Mark D., Marlon Boarnet, Steven Brakman, y Gianmarco Ottaviano. 2012. "Introduction: Whither Spatial Econometrics?" *Journal of Regional Science* 52 (2): 167–71. <https://doi.org/10.1111/J.1467-9787.2012.00767.X>.
- Phelps, Edmund. 1961. "The Golden Rule of Accumulation: A Fable for Growthmen". *The American Economic Review* 58 (4): 638–43.  
<https://www.jstor.org/stable/1812790?typeAccessWorkflow=login>.
- Piketty, Thomas. 2015. "Introduction". *Capital in the Twenty-First Century*, septiembre, 1–36. <https://doi.org/10.4159/9780674369542-INTRO/HTML>.
- Qin, Chenglin, Xinyue Ye, y Yingxia Liu. 2017. "Spatial Club Convergence of Regional Economic Growth in Inland China". *Sustainability* 2017, Vol. 9, Page 1189 9 (7): 1189.  
<https://doi.org/10.3390/SU9071189>.

- Quah, Danny. 1993. "Galton's fallacy and tests of the convergence hypothesis". *The Scandinavian Journal of Economics*, 1993•JSTOR. <https://www.jstor.org/stable/3440905>.
- Quah, Danny. 1993. "Galton's Fallacy and Tests of the Convergence Hypothesis". *The Scandinavian Journal of Economics* 95 (4): 427. <https://doi.org/10.2307/3440905>.
- Quah, Danny. 1996. "Twin Peaks: Growth and Convergence in Models of Distribution Dynamics". *The Economic Journal* 106 (437): 1045–55. <https://doi.org/10.2307/2235377>.
- Ramey, Garey, y Valerie A. Ramey. 1994. "Cross-Country Evidence on the Link Between Volatility and Growth", diciembre. <https://doi.org/10.3386/W4959>.
- Ramsey, F. P. 1928. "A Mathematical Theory of Saving". *The Economic Journal* 38 (152): 543–59. <https://doi.org/10.2307/2224098>.
- Rebelo, Sergio. 1991. "Long-run policy analysis and long-run growth". *Journal of Political Economy* 99 (3): 500–521. <https://doi.org/10.1086/261764>.
- Rey, Sergio J., y Brett D. Montouri. 1999. "US Regional Income Convergence: A Spatial Econometric Perspective". *Regional Studies* 33 (2): 143–56. <https://doi.org/10.1080/00343409950122945>.
- Ricardo, D. 1817. "The Principles of Political Economy and Taxation". 1817. [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=ricardo+1817+principles&oeq=ricardo+18](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=ricardo+1817+principles&oeq=ricardo+18).
- Rivera-Batiz, Luis A., y Paul M. Romer. 1991. "International trade with endogenous technological change". *European Economic Review* 35 (4): 971–1001. [https://doi.org/10.1016/0014-2921\(91\)90048-N](https://doi.org/10.1016/0014-2921(91)90048-N).
- Romer, Paul. 1986. "Increasing Returns and Long-Run Growth". *Journal of Political Economy* 94 (5): 1002–37. <https://doi.org/10.1086/261420>.
- . 1987. "Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization". *The American Economic Review*. 1987. <https://www.jstor.org/stable/1805429>.
- Romer, Paul M. 1986. "Increasing Returns and Long-Run Growth". *Journal of Political Economy* 94 (5): 1002–37. <https://doi.org/10.1086/261420>.
- . 1987. "Growth based on increasing returns due to specialization". *The American Economic Review* 77 (2): 56–62. <https://www.jstor.org/stable/1805429>.

- . 1990. “Endogenous Technological Change”. *Journal of Political Economy* 98 (5, Part 2): S71–102. <https://doi.org/10.1086/261725>.
- Sachs, Jeffrey D., y Andrew M. Warner. 1997. “Sources of Slow Growth in African Economies”. *Journal of African Economies* 6 (3): 335–76. <https://doi.org/10.1093/OXFORDJOURNALS.JAE.A020932>.
- Sala-i-Martin, Xavier. 1990. “On growth and states”. *Harvard University*. <https://www.proquest.com/openview/28f524376fd24d2d62b1e2174f5e04b2/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>.
- Sala-I-Martin, Xavier X. 1996. “Regional cohesion: evidence and theories of regional growth and convergence”. *European Economic Review* 40 (6): 1325–52. [https://doi.org/10.1016/0014-2921\(95\)00029-1](https://doi.org/10.1016/0014-2921(95)00029-1).
- Sala-i-Martin, Xavier X. 1996. “The Classical Approach to Convergence Analysis”. *The Economic Journal* 106 (437): 1019–36. <https://doi.org/10.2307/2235375>.
- Serrano, Franklin, y Fabio Freitas. 2007. “El supermultiplicador Sraffiano y el papel de la demanda efectiva en los modelos de crecimiento”. *Circus - Revista Argentina de Economía*. [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=EL+SUPERMULTIPLICADOR+SRAFFIANO+Y+EL+PAPEL+DE+LA+DEMANDA+EFFECTIVA+EN+LOS+MODELOS+DE+CRECIMIENTO&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=EL+SUPERMULTIPLICADOR+SRAFFIANO+Y+EL+PAPEL+DE+LA+DEMANDA+EFFECTIVA+EN+LOS+MODELOS+DE+CRECIMIENTO&btnG=).
- Serrano, R Moreno, y E Vayá Valcarce. 2000. “Técnicas econométricas para el tratamiento de datos espaciales: la econometría espacial”. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Udh\\_wcm75GwC&oi=fnd&pg=PA14&dq=T%C3%A9nicas+econom%C3%A9tricas+para+el+tratamiento+de+datos+espaciales:+la+econometr%C3%ADa+espacial&ots=9H4QY8jkU7&sig=0IxrhxeYnncRvoKtQkVOpKPQNkw](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Udh_wcm75GwC&oi=fnd&pg=PA14&dq=T%C3%A9nicas+econom%C3%A9tricas+para+el+tratamiento+de+datos+espaciales:+la+econometr%C3%ADa+espacial&ots=9H4QY8jkU7&sig=0IxrhxeYnncRvoKtQkVOpKPQNkw).
- Sheshinski, Eytan. 1967. “Tests of the ‘Learning by Doing’ Hypothesis”. *The Review of Economics and Statistics* 49 (4): 568. <https://doi.org/10.2307/1928342>.
- Smith, Adam. 1776. “An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations: Volume One”. <https://era.ed.ac.uk/handle/1842/1455>.
- Solow, Robert M. 1956. “A contribution to the theory of economic growth”. *Quarterly Journal of Economics* 70 (1): 65–94. <https://doi.org/10.2307/1884513>.

———. 1994. “Perspectives on Growth Theory”. *Journal of Economic Perspectives* 8 (1): 45–54. <https://doi.org/10.1257/JEP.8.1.45>.

Thomas, Alex M. 2015. “Consumption and economic growth in the framework of classical economics”. <https://ses.library.usyd.edu.au/handle/2123/14130>.

Wright, Theodore. 1936. “Factors affecting the cost of airplanes”. *Journal of the aeronautical sciences* 3 (4): 122–28. <https://doi.org/10.2514/8.155>.