

**Jesús Serrano Fornós
Pedro Robles Urgal**

**Análisis sobre la hipótesis de convergencia para los países que
forman la OCDE**

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Dirigido por el Dr. Oscar Martínez Ibáñez

Grado de Economía



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Reus Junio 2016

Agradecimientos

En primer lugar queremos mostrar nuestro agradecimiento al tutor del trabajo Oscar Martínez Ibáñez, por la dedicación y apoyo durante toda la elaboración de trabajo. Sin duda alguna sin sus aportaciones no estaríamos tan orgullosos del resultado final.

Le agradecemos también la colaboración al profesor Josep Maria Arauzo Carod por la ayuda prestada en un momento de desconcierto.

A nuestra familia tenemos que darles las gracias por el apoyo que nos han dado. Siempre que los hemos necesitado hemos podido contar con ellos.

Por ultimo queremos expresar agradecimiento a nuestros amigos y compañeros, por escucharnos y aconsejarnos cuando lo hemos necesitado

Índice

1. Introducción	3
2. Marco teórico. El modelo de crecimiento neoclásico de Solow-Swan	7
2.1. Aplicación del modelo para convergencia absoluta y condicional.	9
2.1.1. Convergencia β absoluta.....	13
2.1.2. Convergencia β condicional.	13
3. Análisis descriptivo.....	14
3.1. Convergencia sigma	20
4. Análisis empírico	25
4.1. Composición y características principales del modelo.	25
4.2. Métodos de Estimación.....	28
4.2.1. Estimador <i>GMM Difference</i>	30
4.2.2. Estimador <i>GMM System</i>	31
4.3. Resultados empíricos	33
4.3.1. Estimación Convergencia absoluta	33
4.3.2. Estimación de convergencia condicional	35
4.4. Cambio estructural.....	38
4.5. Resultados.....	41
5. Conclusiones.....	43
6. Referencias bibliográficas	44
7. Índice de tablas	45
8. Índice de gráficos e ilustraciones.	46

1. Introducción

El presente estudio se engloba dentro de los trabajos de final de grado del departamento de economía y más concretamente dentro de los que se llevan a cabo en el área de estadística en la Facultad de Economía i Empresa de la Universidad Rovira i Virgili.

Actualmente el progreso económico parece ir ligado a un proceso de integración internacional. La unificación y posterior éxito económico de Estados Unidos sirvió como ejemplo y demostración del potencial del libre comercio y de la teoría económica neoclásica. En esa senda han seguido muchos acuerdos comerciales entre distintos estados, el tratado de libre comercio de América del norte (NAFTA) en el 1990, la Asociación Latinoamericana de libre comercio que engloba 13 estados de Iberoamérica, el actual acuerdo de asociación transpacífico que creará la zona comercial más grande hasta ahora, con un 40% del PIB mundial, o la Unión Europea que establece la libre circulación de capital, mercancías y personas entre sus estados miembros. Todos estos acuerdos tienen un objetivo común, promover el desarrollo económico y social de forma armónica entre todos sus miembros y así mejorar el nivel de vida de sus ciudadanos.

En este estudio nos centraremos en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Esta organización es un foro donde los gobiernos de 34 economías democráticas trabajan conjuntamente para fomentar el progreso económico y social.

En un contexto donde la interdependencia global es más patente que nunca y los problemas globales requieren respuestas conjuntas, el papel de la OCDE como foro para mejorar las prácticas gubernamentales y las relaciones entre países, se vuelve especialmente relevante. Los objetivos de este organismo son entre otros, asistir a las economías en la expansión de sus países miembros y otros países en vías de desarrollo económico, así como favorecer la expansión del comercio mundial sobre una base multilateral y no discriminatoria (OCDE - Mejores Políticas Para Una Vida Mejor, s.f.).

Crecimiento y convergencia son los principales objetivos de las asociaciones internacionales entre distintos estados. En este sentido es necesario analizar si la convergencia y el crecimiento económico provienen de forma exógena o por el contrario viene determinado por las características propias de cada región, asumiendo entonces una visión más intervencionista. Hay múltiples teorías económicas respecto a la existencia de convergencia y su método de análisis varía en función de cada una de ellas.

Desde el modelo de crecimiento exógeno de Solow-Swan, hasta la convergencia condicional de Sala-i-Martí, el debate ha sido abierto y no se ha podido cerrar en muchas ocasiones.

Para entender el concepto de convergencia hay que conocer los distintos puntos de vista y formas de entender la convergencia o divergencia entre regiones. Desde un punto de vista teórico la convergencia se puede enfocar según distintos modelos teóricos de crecimiento. La primera distinción y punto de partida es el modelo neoclásico elaborado por Robert Solow (1956) considerado de tipo exógeno. De acuerdo a este trabajo se asume que a largo plazo, gracias a la existencia de rendimientos decrecientes de la productividad del capital, y al supuesto de la tecnología como un factor exógeno, es decir la tecnología es un bien no rival que puede ser asimilada de forma libre por las distintas regiones, se converge a un estado estacionario único.

A largo plazo las economías ricas reducen su tasa de crecimiento debido a la acumulación de stock de capital. En cambio las economías más pobres, que parten con un stock de capital inferior como rendirán a tasas más altas, tendrán más incentivos a ahorrar y tenderán a alcanzar a las ricas produciéndose un efecto de acercamiento entre países¹. Finalmente se estabilizarán en un mismo estado estacionario independientemente de cual sea su posición inicial (hipótesis de convergencia- β -absoluta).

En los años ochenta de forma obligada se reabre la teoría, los países ricos habían crecido más rápidamente que los pobres provocando un incremento en la brecha entre países con distintas características iniciales. El debate se abre de la mano de Romer (1987), Lucas (1988) y Barro (1990), estos autores parten del supuesto de rendimientos crecientes o constantes en la productividad del capital. El crecimiento puede continuar indefinidamente porque los rendimientos no disminuyen, esto se debe a la existencia de externalidades positivas fruto de las mejoras tecnológicas, el coste de una nueva innovación disminuye con la experiencia o fruto de la aglomeración, es decir, las economías más pobres tienen más peso en el sector primario el cual tiene productividades muy bajas y el coste de desplazarse a sectores más productivos es muy elevado.

¹ Si las economías son abiertas el efecto se incrementa, la mayor movilidad de factores y mejor comercio internacional iguala el precio de los factores de producción y de productividad beneficiando al país rezagado.

El supuesto de rendimientos crecientes hace que los países ricos sigan teniendo incentivos a ahorrar, como estos tienen menos costes para mejorar tecnológicamente crecen a rendimientos superiores respecto al país que parte de un stock de capital inferior, a largo plazo este efecto provoca una divergencia entre países, es decir la brecha económica entre ambos se vuelve mayor. Por lo tanto según la teoría de crecimiento endógeno tan solo a través de una política intervencionista sería posible lograr un efecto convergencia positivo.

Posteriormente se reabre el debate, los trabajos de Sala-i-Martin (1990), Barro y Sala-i Martin (1991, 1992a y 1992b) y Mankiw, Romer y Weil (MRW) (1992) matizaron que la teoría de Solow no era errónea. Los estados sí que tienden a un estado estacionario, pero este es distinto para cada región dependiendo de sus características. El nivel de estado estacionario dependerá de la cultura y las preferencias de los individuos, de sus instituciones, sistemas impositivos o el capital humano. (Según Barro (1991) se han estimado más de 50 variables distintas en este tipo de análisis²). Es decir, el modelo de Solow predecía convergencia para aquellos países con características económicas e institucionales similares. A este tipo de convergencia le llamaron convergencia- β condicional.

Robert J. Barro y Sala-i-Martin (2009) en su libro *Crecimiento económico* muestra sus conclusiones después de realizar un estudio empírico. Los principales resultados fueron que si se controlan las variables antes mencionadas, se establece convergencia entre la mayoría de regiones, incluso se puede establecer una velocidad de convergencia similar en torno al 2%³.

Siguiendo la pauta del estudio de convergencia anterior, para completar el análisis también se le acompaña un descriptivo que mide la evolución de la desigualdad de la renta entre regiones, a este descriptivo se le conoce como sigma convergencia. Consiste en el cálculo de la dispersión de la serie del PIB per cápita a través del tiempo sobre la que se quiere estudiar la convergencia o divergencia⁴.

²Economic Growth in a Cross Section of Countries, Barro (1991)

³ Se entiende por velocidad de convergencia el proceso de acercamiento entre las variables analizadas en el momento t para las regiones estudiadas, en el análisis empírico este concepto está recogido por el valor del parámetro β .

⁴ No necesariamente se utiliza la variable del PIB per cápita, otros autores expresan la convergencia sigma en términos de productividad del trabajo o el VAB, entre otros.

Este es un estadístico que ha sido muy utilizado frecuentemente en trabajos recientes. Junto al índice de Gini, la curva de Lorenz, el coeficiente de variación (CV) o los estadísticos basados en funciones de utilidad como el índice de Adkinson, la sigma convergencia se utiliza como elemento adjunto en los estudio de la desigualdad.

Partiendo de todos estos conceptos previos, para el desarrollo de este trabajo se pretende utilizar un desarrollo clásico del modelo de crecimiento de Solow-Swan sobre la variante propuesta por Sala-i-Martin y Barro (1992b). La intención del estudio es analizar la convergencia condicional dentro de los países que forman la OCDE introduciendo en el análisis distintas características de cada región, como la apertura comercial, la mejora en capital humano o la inversión. Para observar si realmente hay un proceso de convergencia entre las economías o si por el contrario a largo plazo se incrementarán las disparidades económicas. No se pretende concluir con una formulación de cuáles son las políticas que deberían realizar los estados, sino investigar de qué manera se ve influenciada la convergencia entre países por el hecho de eliminar las barreras comerciales, la inversión en infraestructuras o la mejora del capital humano.

Para estudiar empíricamente el supuesto de convergencia condicional se empleará un análisis en datos de panel sobre los 34 países que actualmente forman la OCDE, utilizando datos desde el 1990 hasta el 2014. El método que se utilizará será una variante del método generalizado de momentos para datos de panel con dinámica (GMM) que tiene en cuenta la existencia de efectos individuales recogidos por el error y que están correlacionados con las variables explicativas. A través del análisis en dos etapas utilizando variables instrumentales, es decir el método *GMM system*, se eliminará la endogeneidad y por tanto se convierte en un método de estimación consistente.

El estudio se estructura de la siguiente forma. En el segundo apartado se mostrará el marco teórico entorno al trabajo que se realiza, desarrollando el modelo de Solow-Swan hasta llegar a las ecuaciones de convergencia adecuadas para poder contrastar la hipótesis inicial que se plantea en el presente estudio.

En el tercer apartado se realizará un análisis descriptivo a partir de la georreferenciación asistida por el software Geoda, para evidenciar la progresión de las regiones a lo largo de todo el periodo estudiado. Además, también se realizara el estudio de la dispersión del PIB per cápita entre regiones, entendido como convergencia sigma.

Por ultimo en el cuarto apartado a través de un modelo del método generalizado de momentos para datos de panel, se analizará de forma empírica la existencia de convergencia para los países de la OCDE.

2. Marco teórico. El modelo de crecimiento neoclásico de Solow-Swan

Los autores que estudian el modelo neoclásico de Solow-Swan desde un punto de vista teórico lo desarrollan a partir de ecuaciones complejas. A pesar de ello, en este trabajo se va a intentar llegar a una visión clara de lo que representa este modelo a partir de diagramas y explicaciones más sencillas.

Este modelo suele ser atribuido a Robert Solow (1956), aunque el mismo año Trevor Swan (1956) de forma independiente publicó un *paper* muy similar, por lo que se designa el modelo que se explicará a continuación como el modelo de Solow-Swan. El estudio basándose en su modelo teórico, explica el crecimiento del PIB per cápita a través de la acumulación del capital.

Las características que debe tener una función de producción, que depende del capital, el trabajo y la tecnología, $F(K, L, A)$ son las siguientes:

- Rendimientos constantes a escala.
Representa la situación en nuestra función de producción, en la cual si todos los bienes rivales, el trabajo y el capital, aumentan en una determinada proporción, el producto aumenta exactamente en la misma proporción.
- La productividad de los factores capital y trabajo es positiva pero decreciente. De manera intuitiva, esta propiedad explica que, manteniendo el factor capital constante, un aumento del número de trabajadores hará crecer la producción total, pero cada trabajador extra reducirá su efecto respecto al anterior. La relación es la misma si se incrementa el capital.

$$\frac{\partial F}{\partial K} > 0, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial^2 K} < 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial F}{\partial L} > 0, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial^2 L} < 0$$

- Condiciones de Inada. La idea que expresa la tercera característica, es que la productividad tiende a cero cuando la cantidad de capital o trabajo tienden a infinito. Y que la productividad tiende a infinito cuando la cantidad del capital o trabajo tiende a cero.

$$\lim_{K \rightarrow \infty} \left[\frac{\partial F}{\partial K} \right] = \lim_{L \rightarrow \infty} \left[\frac{\partial F}{\partial L} \right] = 0$$

$$\lim_{K \rightarrow 0} \left[\frac{\partial F}{\partial K} \right] = \lim_{L \rightarrow 0} \left[\frac{\partial F}{\partial L} \right] = \infty$$

(2)

Para el siguiente estudio, se partirá de la función de producción neoclásica a partir de la forma Cobb-Douglas⁵ $Y = AK^\alpha \cdot L^{1-\alpha}$, donde A representa el nivel de desarrollo tecnológico, K el factor capital y L el factor trabajo.

A modo de comprobación de las propiedades descritas anteriormente, se utilizará la función Cobb-Douglas en su forma más sencilla, donde el parámetro α es una constante, $0 < \alpha < 1$.

Una vez definida nuestra función, es sencillo demostrar que se cumple la primera característica del modelo neoclásico⁶. Los rendimientos de nuestros dos bienes privados tendrán rendimientos constantes a escala si nuestra función resulta ser homogénea de grado uno. Si una función $F(K, L)$ posee la propiedad $F(\lambda K, \lambda L) = \lambda^n \cdot F(K, L)$, para cualquier valor positivo de λ , entonces decimos que $F(K, L)$ es una función homogénea de grado n.

Dada pues, $F(\lambda K, \lambda L) = (\lambda K)^\alpha (\lambda L)^{1-\alpha}$, multiplicando cada factor y sacando factor común a λ se obtiene $\lambda(K^\alpha L^{1-\alpha})$, demostrando entonces que la función cumple el primer requisito de nuestro modelo siendo homogénea de grado uno.

Para demostrar las dos propiedades restantes, se procede a expresar la función Cobb-Douglas en términos per cápita⁷, mucho más útil a la hora de tratar la función para obtener conclusiones a posteriori y se expresa de la siguiente forma, $f(k) = k^\alpha$.

⁵ Paul H. Douglass y Charles W. Cobb, economista y matemático respectivamente, desarrollaron esta función de producción con el propósito que se ajustara a sus ecuaciones empíricas.

⁶ Vamos a obviar el parámetro del nivel tecnológico para hacer más sencilla la demostración, ya que no influye en los resultados obtenidos, asumiendo siempre $A > 0$.

⁷ La demostración también se cumple sin expresar la función en términos per cápita, aunque de esta forma podremos obtener una visión mucho más intuitiva del modelo.

Sus derivadas $f'(k) = \alpha k^{\alpha-1} > 0$, $f''(k) = -\alpha(1-\alpha)k^{\alpha-2} < 0$, demuestran la segunda propiedad. Así como el $\lim_{K \rightarrow \infty} f'(k) = 0$, $\lim_{K \rightarrow 0} f'(k) = \infty$ demuestran la condición de Inada explicada en los supuestos del modelo neoclásico.

2.1. Aplicación del modelo para convergencia absoluta y condicional.

Es necesario describir las propiedades de la función de producción Cobb-Douglas, y saber interpretar la economía que se describe dentro del modelo neoclásico, para así llegar a la hipótesis de convergencia descrita por el modelo tratado.

A partir de la ecuación fundamental del modelo Solow-Swan⁸ de la forma $\dot{k} = s \cdot f(k) - (n + \delta) \cdot k$, donde \dot{k} es incremento del capital por unidad de trabajo, $s \cdot f(k)$ refleja el ahorro por unidad de trabajo y $(n + \delta) \cdot k$ la inversión que mantiene el stock de capital por unidad de trabajo constante⁹. La literatura previa a este trabajo (Robert J. Barro, Sala-i-Martin 2009) nos enseña que para llegar a la explicación teórica correcta es necesario dividir ambos términos de la ecuación diferencial de Solow-Swan por k , de este modo obtenemos la curva de depreciación $(n + \delta)$, la curva de ahorro $s \cdot f(k)/k$ y la tasa de crecimiento del capital \dot{k}/k .

A continuación se presenta la ecuación fundamental de Solow-Swan en su estado estacionario. Para ello se va a emplear igual que anteriormente una función del tipo Cobb-Douglas, con las propiedades que ya se han demostrado en este apartado del trabajo.

Sea entonces, $L(t) = L(0)e^{nt}$ la fuerza de trabajo y $A(t) = A(0)e^{gt}$ el estado de la tecnología, ambas tasas consideradas constantes y exógenas, donde g es la tasa de progreso tecnológico y n la tasa de crecimiento de la población. $L(0)$ y $A(0)$ son los estados iniciales de la fuerza laboral (o poblacional) y del estado de la tecnología respectivamente.

Expresando las variables del modelo en términos per cápita como se ha visto anteriormente, pero en este caso añadiendo el término que refleja el progreso tecnológico, queda de la forma $f(k) = Ak^\alpha$. Sustituyendo el parámetro de la función de

⁸ No creemos de especial interés argumentar teóricamente el proceso de expresar en términos per cápita y de derivación para llegar a la ecuación diferencial fundamental del modelo Solow-Swan.

⁹ Los términos s , n y δ , representan la tasa de ahorro, la tasa de crecimiento de la población y la tasa de depreciación del capital respectivamente.

producción Cobb-Douglas en la ecuación fundamental de Solow-Swan se obtiene la siguiente ecuación $\dot{k} = s \cdot k^\alpha - (n + \delta + g) \cdot k$.

En su estado estacionario la tasa de crecimiento es $\dot{k} = 0$, por lo tanto $s \cdot k^\alpha = (n + g + \delta)k$ entonces aislando el capital en estado estacionario (k^*), se obtiene:

$$k^* = \frac{sA}{n + g + \delta} \frac{1}{1-\alpha} \quad (3)$$

Para el análisis de convergencia que se realiza de forma teórica en este apartado del trabajo, no tan sólo es importante entender como llega la economía descrita a su estado estacionario, sino la rapidez a la que se llega a ese estado estacionario descrito con anterioridad.

Se define la velocidad de convergencia, expresado por el parámetro β , como la proporción en que varía la tasa de crecimiento del capital a medida que el stock de capital aumenta. Es decir la tasa de crecimiento de la economía esta inversamente relacionada con el nivel de capital inicial.

$$\beta = \frac{\partial \Delta k / k}{\partial \log(k)} \quad (4)$$

El parámetro β se interpreta de la forma siguiente:

- Si $\beta = 0$, no hay indicios de convergencia ni divergencia entre las regiones.
- Si $\beta \neq 0$, hay indicios de un proceso de convergencia o divergencia dependiendo de:
 - $\beta > 0$, proceso de divergencia
 - $\beta < 0$, proceso de convergencia.

A partir de una reformulación y la derivada de la tasa de crecimiento del stock de capital por trabajador efectivo de la función de producción Cobb-Douglas se obtiene la expresión $\beta = (1 - \alpha) \cdot sA \cdot (\hat{k})^{(\alpha-1)}$, la ecuación indica como la velocidad de convergencia decrece a medida que el stock de capital aumenta¹⁰.

¹⁰ El término \hat{k} se utiliza para referirse a la cantidad de capital por unidad de trabajo efectivo, y viene de la relación $\hat{k} = \frac{K}{[A \cdot L]}$

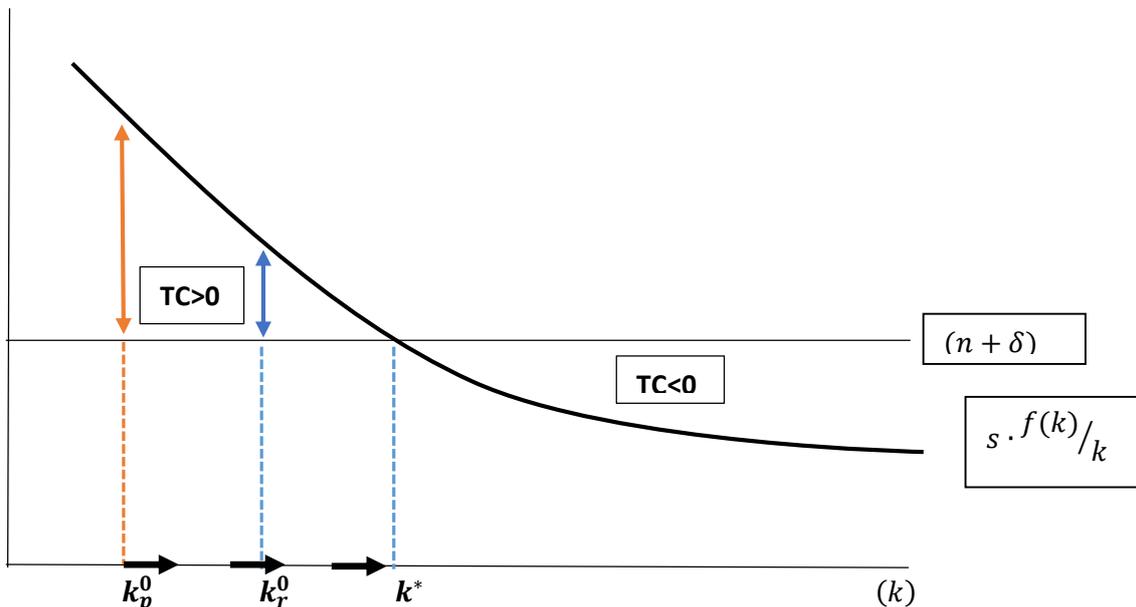
Por lo tanto, como se ha argumentado, en el estado estacionario la tasa de crecimiento del capital $\dot{k} = 0$. Entonces la velocidad de convergencia en estado estacionario no depende del capital, como en la ecuación anterior, sino de la tasa de crecimiento de la tecnología, la población y la depreciación:

$$\beta = (1 - \alpha) \cdot (n + g + \delta) \quad (5)$$

Este resultado da a entender como economías con un menor stock de capital, a partir de este modelo, deben crecer a una tasa mayor que la de un país con un stock de capital inicial mayor. Si suponemos que las economías comparten el mismo estado estacionario ya que sus parámetros exógenos en la ecuación son similares, entonces a largo plazo van a llegar a un mismo punto. Esta es la definición de convergencia absoluta.

En el siguiente gráfico se intenta evidenciar el concepto de convergencia absoluta. Si ambas economías comparten un mismo estado estacionario (k^*), los valores de n , δ y s se suponen iguales, ya que la única diferencia es la cantidad inicial de stock de capital (k_p^0 , k_r^0) entonces ambas economías comparten la misma curva de ahorro y de depreciación.

Gráfico 1: Convergencia Absoluta

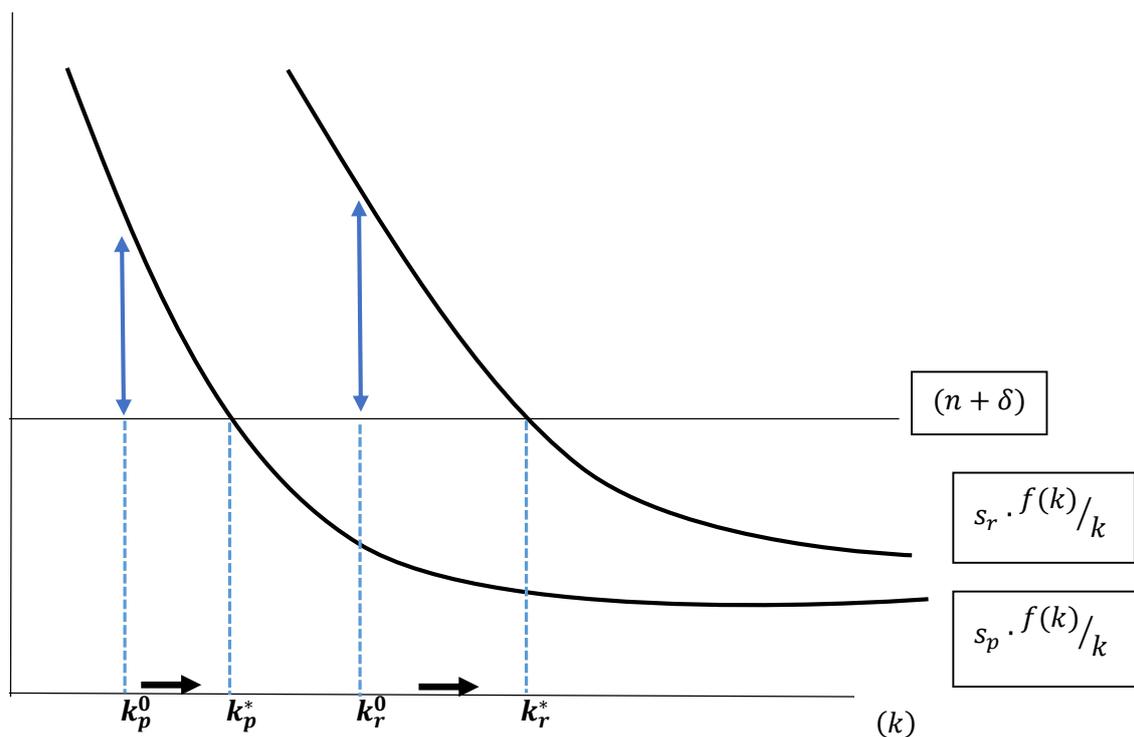


Fuente: Elaboración propia a partir de Crecimiento Económico, Robert J. Barro, X. Sala-i-Martin, pp. 45-60

Como se ha explicado y se demostrará más adelante en el apartado estrictamente de análisis de datos sobre convergencia, la hipótesis de convergencia absoluta ha sido refutada por diversos estudios, ya que a simple vista suponer que cualquier tipo de economía comparte las variables de la tasa de ahorro, depreciación o crecimiento de la población, parece poco creíble y así lo demuestran estudios empíricos previos (Mankiw, Romer y Weill (1992), José de Gregorio (1995) y Robert J. Barro (1991). En el caso de que las diferentes economías no compartan sus parámetros exógenos no significa que no converjan hacia su estado estacionario, simplemente ahora cada economía, o cada tipo de regiones con características similares, llegará a su estado estacionario propio como lo refleja el gráfico 2.

Ahora cada una de las economías propuestas además de un stock de capital diferente, también el país rico tiene una tasa de ahorro superior a la del pobre. Por lo tanto cada economía tiene su propia curva de ahorro.

Gráfico 2: Convergencia Condicional



Fuente: Elaboración propia a partir de Crecimiento Económico, Robert J. Barro, X. Sala-i-Martin, pp. 45-60

En este caso la tasa de crecimiento de cada país dependerá de la distancia a la que se encuentre de su punto de estado estacionario, de modo que, si el país rico se encuentra más alejado de su valor de estado estacionario k_i^* es posible que su tasa de crecimiento sea mayor que la del país pobre.

A continuación, y para finalizar el marco teórico del presente trabajo, se van a exponer las dos ecuaciones de convergencia que reflejan los conceptos de convergencia β absoluta y condicional plasmados anteriormente en los gráficos 1 y 2.¹¹

2.1.1. Convergencia β absoluta.

Para ello se utiliza la aproximación log-lineal de la función de producción entorno a su estado estacionario, el modelo es el siguiente:

$$\left(\frac{1}{T}\right) \ln\left(\frac{y_{i,t}}{y_{i,t-T}}\right) = a + b \ln(y_{i,t-T}) + u_{i,t-T} \quad (6)$$

Donde $b = \frac{1-e^{-\beta t}}{t}$; $a = g + \frac{1-e^{-\beta t}}{t} \ln(y^*)$, la y^* se refiere a la producción en su estado estacionario y por lo tanto, bajo el supuesto de convergencia beta absoluta, es común para los 34 estados de la OCDE. Este supuesto a priori es muy fuerte ya que asume que todas las regiones estudiadas comparten las mismas características institucionales, estructurales y políticas semejantes, así como un nivel de tecnología común.

2.1.2. Convergencia β condicional.

En este caso, suponiendo que cada tipo de economías convergen hacia su propio estado estacionario, se añade al modelo de convergencia β absoluta variables de control que diferencian cada tipo de región.

$$\left(\frac{1}{T}\right) \ln\left(\frac{y_{i,t}}{y_{i,t-T}}\right) = a + b \ln(y_{i,t-T}) + \varphi X_{i,t} + u_{i,t-T} \quad (7)$$

Donde $X_{i,t}$ recoge las variables que reflejan las características propias de cada región, como por ejemplo, la apertura comercial de cada país en cada año (t), la formación de capital humano, la inversión en infraestructuras o el Índice de Desarrollo Humano (IDH), entre otras. Además de las variables propias descritas en el modelo de Solow como la tasa de ahorro, la tasa de depreciación y la tasa de crecimiento de la población.

¹¹ Para un desarrollo detallado de la creación de las ecuaciones de convergencia véase *Crecimiento económico Robert J. Barro y Xavier Sala-i-Martin (2009)*

3. Análisis descriptivo

En el presente apartado se tratará de mostrar de forma descriptiva y gráfica la evolución de las regiones que engloban la OCDE. Para ello, inicialmente, se utilizará el producto interior bruto por habitante (PIBpc) en paridad de poder adquisitivo y en dólares constantes para el periodo 1980 y 2014. La motivación para usar este indicador es que nos permite realizar una comparación internacional en una misma unidad de medida, además consideramos que el PIB per cápita al incluir todos los bienes consumidos dentro del país muestra de forma más clara la evolución del nivel de vida de sus ciudadanos.

Para mostrar los cambios en los niveles de producción dentro de los países de la OCDE se realizará una división percentílica en cinco grupos (percentil 20, 40, 60 y 80), agrupando los países de mayor a menor en términos de PIB per cápita. Con esta división se observará si la estructura de rangos reduce su amplitud, en términos relativos y absolutos, y por tanto las regiones están convergiendo o, por el contrario, se incrementan las diferencias entre rangos y dentro de ellos.

En la Tabla 1 se puede observar el PIB per cápita para los países que forman la OCDE en los años 1980 y 2014. La muestra se divide en los cinco rangos, de mayor a menor (recogidos en las cinco tonalidades de color), en función del valor del PIB per cápita para ese año y utilizando el método percentílico. Se puede observar relacionado con flechas los cambios de posición más importantes.

En 1980, el rango que tenía una mayor amplitud entre sus componentes era el grupo de países más desarrollados formado por Holanda, Canadá, Estados Unidos, Noruega Luxemburgo y Suiza. En ese periodo la diferencia entre el PIB per cápita holandés y suizo era de 10.856 dólares por habitante.

La región de la muestra que en 1980 se encontraba con un nivel de desarrollo inferior, era la República de Corea con poco más de 5 mil dólares anuales por habitante, en este periodo se establece un diferencial de PIB per cápita entre el país más rico y el más pobre de 32.204 dólares anuales por habitante, es decir, los habitantes suizos en 1980 vivían con 7,32 más capacidad de compra que los surcoreanos, que contaban con 5.088 dólares per cápita.

Si la hipótesis de convergencia se cumple, en los 35 años que se analizan en este estudio se debería percibir una reducción de las diferencias entre regiones. Como mínimo, se debería observar que aunque la producción de alguno de los países más ricos sea muy superior a los restantes, excluyendo estos, la desviación entre países se reduce y por tanto, la diferencia entre la mayoría de países.

Tabla 1: Comparativa del PIB per cápita para los años 1980 y 2014:

		PIBpc 1980		PIBpc 2014		
1	Suiza	37292	→	77045	Luxemburgo	1
2	Luxemburgo	33986	→	59951	Noruega	2
3	Noruega	32576	→	53393	Suiza	3
4	Estados Unidos	28671	→	50620	Estados Unidos	4
5	Canadá	26914	→	46855	Irlanda	5
6	Holanda	26754	→	44406	Holanda	6
7	Dinamarca	26436	→	44114	Australia	7
8	Suecia	24934	→	42829	Austria	8
9	Alemania	24721	→	42438	Suiza	9
10	Austria	24703	→	41970	Alemania	10
11	Australia	24505	→	41721	Canadá	11
12	Bélgica	24305	→	41429	Dinamarca	12
13	Islandia	24290	→	41260	Islandia	13
14	Francia	23857	→	39027	Bélgica	14
15	Italia	23686	→	37827	Reino Unido	15
16	Finlandia	21285	→	37461	Finlandia	16
17	Nueva Zelanda	20540	→	36373	Francia	17
18	Grecia	20398	→	35392	Japón	18
19	Reino Unido	20101	→	33657	R. Corea	19
20	Japón	19441	→	33343	Nueva Zelanda	20
21	República Checa	18368	→	31891	Italia	21
22	España	18131	→	31181	España	22
23	Irlanda	14918	→	30924	Israel	23
24	Portugal	14664	→	27614	Republica Checa	24
25	Israel	13038	→	27384	Eslovenia	25
26	México	12092	→	25819	Eslovaquia	26
27	Eslovenia	10947	→	25486	Portugal	27
28	Hungría	10341	→	24950	Estonia	28
29	Eslovaquia	9545	→	22714	Hungría	29
30	Estonia	7611	→	22672	Polonia	30
31	Turquía	7555	→	21569	Grecia	31
32	Polonia	5371	→	21281	Chile	32
33	Chile	5089	→	18389	Turquía	33
34	R. de Corea	5088	→	16073	México	34

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de www.ocde.org

En este punto es interesante observar que tipo de variación se ha producido en la muestra, como se han movido las distintas regiones entre grupos y que cambios se han producido en la muestra en general.

De nuevo el grupo con una diferencia mayor entre sus miembros es el de los países desarrollados. En 2014 Luxemburgo después de incrementar su PIB per cápita en más del doble, establece una diferencia con Holanda (último componente en este rango) de 32.639 dólares per cápita 1,74 veces más. Anteriormente la diferencia era de 1,39 veces

Aunque consideremos el caso luxemburgués como un *outlier*, la diferencia entre los miembros de este rango sigue siendo superior a la del resto de rangos. En conclusión, entre los miembros más desarrollados de la OCDE parece que se está incrementando las disparidades en términos del PIB per cápita, este hecho se puede traducir en divergencia económica.

Con el fin de evitar los casos extremos, se obviarán los países que se encuentran con un PIB per cápita inferior y superior al 80 por ciento de la muestra (percentiles 20 y 80 respectivamente). Si se observa la evolución de este grupo se puede ver que su amplitud ha incrementado. En 1980 la diferencia se estableció en 15.489 dólares per cápita anuales, para 2014 ese valor se incrementa en más de 3 mil dólares. Este resultado nos muestra, como en el caso anterior, que se están incrementando las disparidades entorno al 20% entre las regiones que forman esta organización.

De forma relativa el año 1980 Australia tenía 2.41 veces más capacidad de compra que Eslovenia, en cambio, para el año 2014 la capacidad de compra entre el primer y el último país es de 1,73. Reduciendo la disparidad relativa en un 39%.

Cabe destacar casos donde sí se ha percibido el beneficio de encontrarse menos desarrollado y aprovechar las oportunidades en costes de desarrollo tecnológico más bajos. Sobresale el caso de Corea del Sur que es el segundo país que más incrementa su posición relativa respecto a las demás. En el año 1980 se encontraba en la última posición del percentil 20 de la muestra, en cambio, en el año 2014 se encuentra en el percentil número 55 de la muestra, o lo que es lo mismo, dejando atrás en términos de PIB per cápita al 55% de los países que forman la OCDE.

Irlanda es el país que incrementa más de forma relativa su posición respecto a las otras economías, pero este hecho principalmente no viene dado por su mejora tecnológica. Se supone que, igual que Luxemburgo o Suiza, esta situación tan alentadora viene dada

por otras características internas ajenas a este estudio, como la moderada presión fiscal que se le impone a las empresas.

Observemos si se produce una reducción de la diferencia en la riqueza. Como se ha visto en 1980 los habitantes suizos vivían con 7,32 veces la renta de los surcoreanos. En 2014 el país con un PIB per cápita más bajo después de bajar un rango, es México con 16.073 dólares por cápita y el país más rico es Luxemburgo con 77.045 dólares per cápita. Si dividimos el PIB per cápita luxemburgués entre el mexicano vemos que los habitantes luxemburgueses disponen de 4,79 veces más dólares que los mexicanos. Mostrando que sí se ha reducido la diferencia de riqueza entre países ricos y pobres y por tanto dando indicios a presuponer que si ha habido un proceso de convergencia.

Como conclusión parcial de este sub apartado se puede decir, a priori, que no hay indicios claros de si se está creando una homogeneización en los niveles de renta per cápita dentro de los países de la OCDE. Aunque en términos relativos sí que parece haber una reducción de las diferencias.

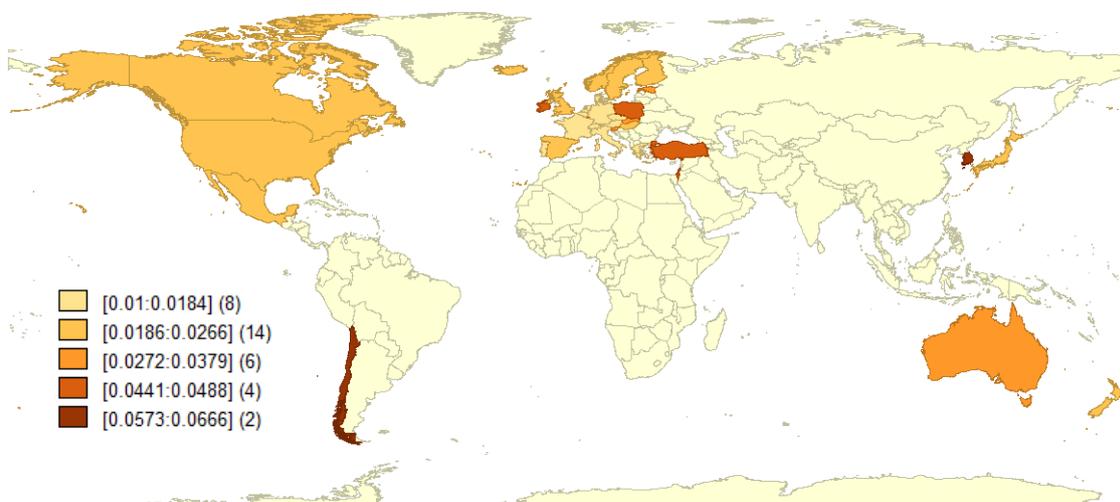
Para analizar más detalladamente esta afirmación se proseguirá con un análisis georreferenciado entre la tasa media de crecimiento para el periodo 1980-2014 con el PIB per cápita en 1980 y así ver si realmente los países que inicialmente se encontraban más rezagados obtienen tasas de crecimiento más elevadas.

Siguiendo la pauta descriptiva de esta parte del trabajo, se ha decidido analizar la convergencia desde un punto de vista poco frecuente. Ya que se define la convergencia β como la relación negativa entre la tasa de crecimiento de un país y su cantidad de stock de capital, un primer análisis de tipo descriptivo sobre la validez de esta hipótesis puede ser a partir del método Natural Breaks¹² asistido por el software *GeoDa*. Utilizando el PIB per cápita del primer año de la muestra, 1980, y la tasa media de crecimiento del PIB per cápita, ambas variables para todos los países de la OCDE.

Si la hipótesis de convergencia β se cumple, es de esperar que aquellos países con un PIB per cápita más bajo crezcan en media a una tasa más alta que aquellos países con un PIB per cápita más elevado para el año 1980.

¹² El método Natural Breaks se basa en maximizar la varianza entre grupos diferentes y reducir al máximo la varianza dentro del grupo. Esto nos permitirá definir grupos de países netamente diferenciados en su pauta de crecimiento.

Ilustración 1: Tasa media de crecimiento para el periodo 1980-2014



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en www.ocde.org
Entre corchetes se indica la TMC y entre paréntesis el número de países que contiene cada grupo

Para ello se ha georreferenciado a partir del incremento medio del PIB per cápita para los 34 países de la OCDE del año 1980 hasta el 2014 (Ilustración 1). Dentro del grupo con una tasa media de crecimiento (a partir de ahora TMC) más elevada encontramos a Chile y Corea, con una TMC del [5,7%-6,6%] respectivamente.

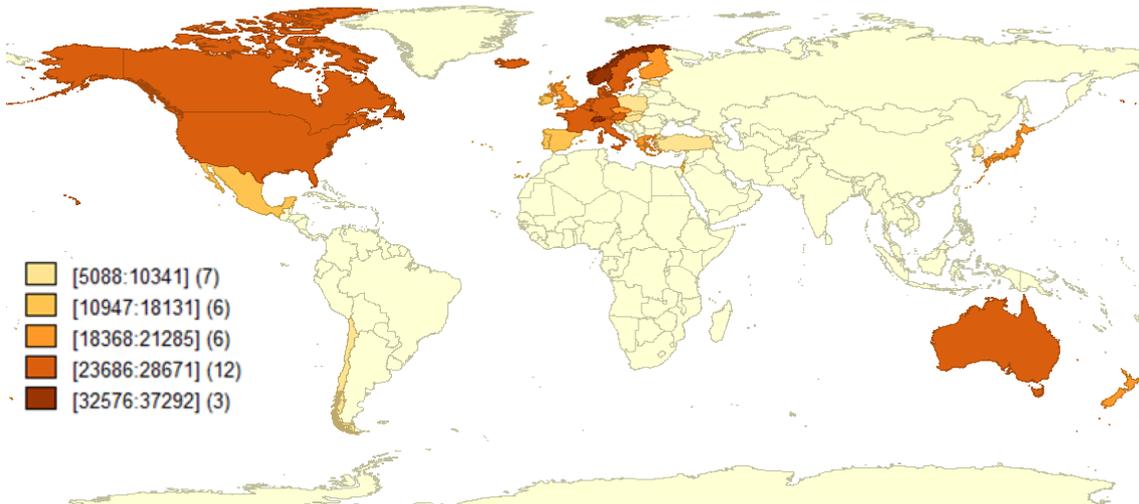
Con una TMC entre el [4,41%-4,88%] están países como Irlanda, Portugal o México, siendo esta tasa la segunda más alta en el ranking creado por el método de *Natural Breaks*. Dentro del tercer rango entre [3,04%-3,79] se localiza Luxemburgo, Estonia o Eslovenia. En el penúltimo rango con una TMC entre [2,05%-2,72%] se hayan Noruega, España, Estados Unidos o Gran Bretaña. Y para acabar con el rango de TMC más bajo de la muestra, entre un [1%-2,04%] países como Suiza, Dinamarca, Alemania o Francia.

Dentro del marco teórico y como se ha vuelto a señalar anteriormente dentro de este mismo capítulo, si no se realiza ninguna diferenciación en el análisis entre países (como la tasa de ahorro, la tasa de educación o la inversión) la relación negativa entre el PIB per cápita y la TMC llevará a aceptar la hipótesis de convergencia β absoluta.

Para ello es necesario prestar atención al mapa donde se georreferencia el PIB per cápita en 1980 (Ilustración 2). Para no hacer un análisis demasiado exhaustivo únicamente se van a analizar los países más extremos para plasmar la idea de forma clara.

Pues bien, para el caso de Corea con una TMC del 6,6%, siendo la más alta de los países de la OCDE para los años estudiados, tiene un PIB per cápita de 5.088 dólares en el año 1980, aceptando la relación negativa entre ambos indicadores.

Ilustración 2: PIB per cápita de los países de la OCDE en 1980



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en www.ocde.org

Entre corchetes se indica la TMC y entre paréntesis el número de países que contiene cada grupo

De la misma forma sucede con Chile, que con una TMC del 5,7% también se haya en el último rango en términos de PIB per cápita con 5.089 dólares.

Del lado contrario, centrando la atención en países con un nivel de PIB per cápita mayor que la resta, se encuentran Suiza, Estados Unidos, Noruega y Luxemburgo. Siendo estos cuatro países los que obtienen un mayor valor del PIB per cápita, a la vez también están entre aquellos países con una tasa media de crecimiento inferior.

Por ejemplo Suiza, con un PIB per cápita de 37.292 dólares obtiene para todo el periodo una tasa media de crecimiento del 1,84% anual. Se obtiene el mismo resultado con cualquier país nombrado anteriormente, Estados Unidos con un PIB per cápita de 28.671 dólares en el año 1980 crece de media a una tasa del 2,26% anual. La conclusión sin ejemplificar más, es que todos los países nombrados crecen por debajo del 2,75% que es la media de la TMC para todos los países estudiados.

Así pues, sin sacar ninguna conclusión definitiva, el uso de ambos indicadores nos lleva a suponer que la hipótesis de convergencia β se cumple para la muestra. En este caso se cree prudente no diferenciar entre convergencia absoluta o condicional, debido a que no se utilizan las variables necesarias para diferenciar este hecho. Aunque la relación negativa entre la tasa media de crecimiento de nuestro periodo para los países de la OCDE y su PIB per cápita inicial, se haya a lo largo de todas las series temporales.

3.1. Convergencia sigma

Dentro de todo el marco descriptivo que trata el análisis de convergencia entre regiones y siguiendo el trabajo de Barro y Sala-i-Martin (1992), a continuación se va a estudiar el caso de convergencia sigma.

La convergencia sigma refleja la dispersión de la variable de estudio, en este caso el PIB per cápita, entre las regiones a lo largo de todo el periodo que recoja la muestra. Para medir la desigualdad se utilizan diversos tipos de medidas como el coeficiente de variación, índice de Gini o el de Atkinson. Aunque cabe decir que las medidas de dispersión más utilizadas son la desviación típica y el coeficiente de variación.

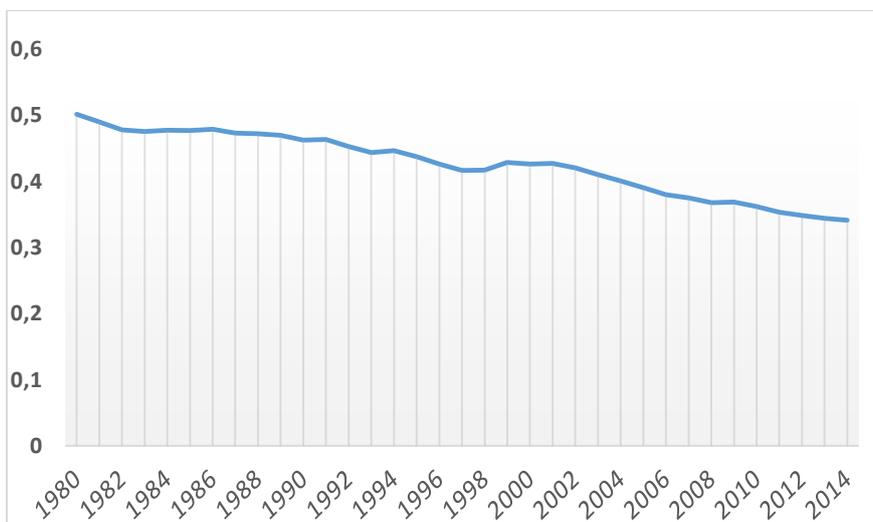
Para este trabajo se ha utilizado la desviación típica del logaritmo del PIB per cápita, para todos los países que forman la OCDE. La fórmula es la siguiente:

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=N} (\log(y_{i,t}) - u_t)^2}{N}} \quad (8)$$

Donde y es el PIB per cápita, i es cada uno de los países de la OCDE, $t = 1980, 1981 \dots 2014$ que son los años de estudio utilizados en la muestra y u_t es la media muestral del logaritmo del PIB per cápita para cada año.

A partir de la definición creada, se acepta la existencia de convergencia sigma si la desviación típica del logaritmo del PIB per cápita tiene una tendencia decreciente a lo largo del periodo t . Los resultados para la muestra escogida se reflejan en el gráfico siguiente:

Gráfico 3: Convergencia sigma



Fuente: Elaboración propia a partir de datos en www.ocde.org

Se observa claramente una disminución progresiva de la desviación del PIB per cápita a lo largo del tiempo, a pesar de no ofrecer cambios bruscos. Por lo tanto, se puede afirmar que hay convergencia sigma entre los países de la OCDE, y que en ningún momento en todo t hay un incremento relevante de la desviación típica. La bajada continua produce a lo largo de los 35 años una disminución del 32% del indicador, lo que refleja un proceso claro de convergencia sigma en términos del PIB per cápita.

Para finalizar el apartado de análisis descriptivo se ha considerado relevante ir más allá, y al igual que se ha realizado anteriormente, se procede a dividir los resultados obtenidos en cinco grupos, en base al año en que cada uno de los países empezó a formar parte de la OCDE. La división se encuentra plasmada en la Tabla 2.

Tabla 2: Clasificación a partir del año de entrada a la OCDE.

AÑO DE ENTRADA A LA OCDE	PAÍSES
1961	Canadá, EEUU, Reino Unido, Dinamarca, Islandia, Noruega, Islandia, Noruega, Turquía, España, Portugal, Francia, Irlanda, Bélgica, Alemania, Grecia, Suecia, Suiza, Austria, Holanda, Luxemburgo.
1962-1973	Italia, Japón, Finlandia, Australia, Nueva Zelanda.
1994-2000	México, República Checa, Hungría, Polonia, Corea, Eslovaquia.
2010-2014	Chile, Eslovenia, Israel, Estonia.

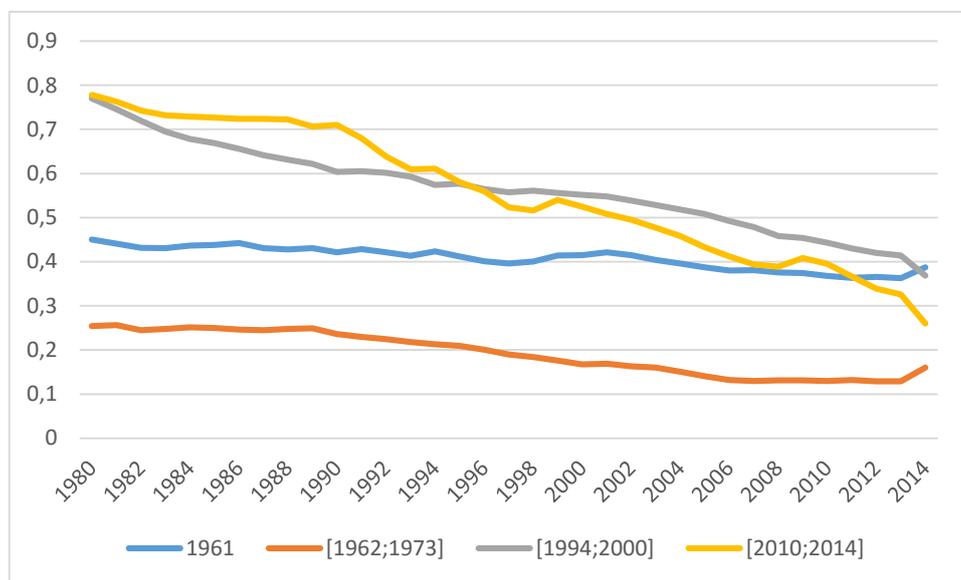
Fuente: Elaboración propia a partir de datos en www.ocde.org

La finalidad de profundizar más en este apartado es por dos motivos. Ver si influye el año de entrada a la aceptación previa de la hipótesis de convergencia sigma que hemos hecho anteriormente. Por otro lado ver si aportan una menor dispersión en términos de PIB per cápita, y por lo tanto producen mayor efecto de convergencia sigma dentro del indicador global.

Para ello se realizaran dos gráficos más, el primero utilizando como media en las desviaciones, la media de todos los países de la muestra para cada periodo. Este gráfico nos permitirá comparar entre si las tendencias y observar que grupo de países aporta un mayor efecto a la tendencia global. Y el segundo gráfico utilizando la media concreta para cada grupo de países, para poder observar que grupo converge más entre sí.

En el gráfico 4 se muestran los resultados del análisis de la convergencia sigma sin diferenciar por grupos en la media muestral (u_t).

Gráfico 4: Convergencia sigma por grupos utilizando la media del logaritmo del PIB per cápita de todos los países.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos en www.ocde.org

La primera valoración del gráfico 4 es la alta dispersión inicial que ofrecen los países que entran de forma más tardía. Pero a su vez la tendencia que se observa en el gráfico es la más decreciente, por lo tanto son los países que aportan un efecto convergencia más representativo.

Los países que forman los grupos [1994; 2000] y [2010; 2014] son los que aportan una tendencia negativa más fuerte al Gráfico 3. Por lo tanto, en los 35 años consiguen disminuir la diferencia en términos de PIB per cápita de una manera significativa con aquellos países que ya se encontraban dentro de la OCDE. Nótese que a su vez, lo países que entraron de forma más tardía coinciden con ser aquellos con un PIB per cápita más bajo.

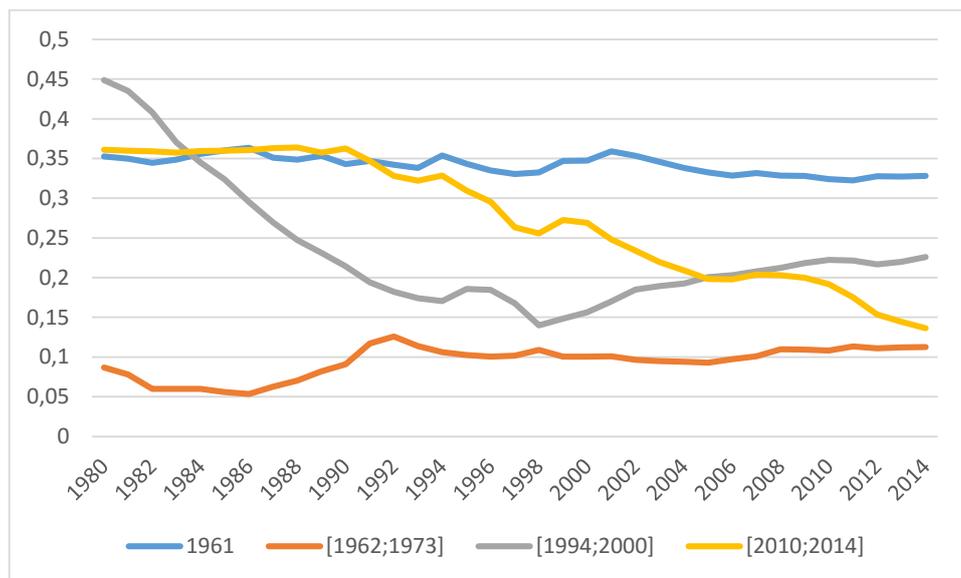
Para los países que entraron del año 1961 hasta el 1973 el gráfico define una tendencia mucho más constante entorno al 0,45 para el primer grupo y 0,23 para el segundo.

A pesar que los países que forman los dos últimos rangos son los que tienen una pendiente más negativa, no se observa una relación con el año de entrada. Cabría esperar que en los años 1994 se observara una variación significativa en la tendencia del tercer grupo, así como el año 2010 para el cuarto grupo.

A continuación se utiliza la media del logaritmo del PIB per cápita diferenciada para cada grupo con la intención de encontrar la posible relación que pueda surgir en cada grupo de países por el hecho de ingresar en la OCDE.

Los resultados extraídos se reflejan en el siguiente gráfico:

Gráfico 5: Convergencia sigma por grupos utilizando la media del logaritmo del PIB per cápita de cada grupo de países.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos en www.ocde.org

Del siguiente gráfico solo se deben sacar conclusiones sobre la tendencia intragrupo de cada serie temporal a lo largo del periodo. Los valores que se extraen del indicador no son válidos para compararlos entre si ya que hay una gran diferencia en el número de países de cada grupo, además de, un promedio distinto.

El gráfico revela que el cuarto grupo ofrece una gran convergencia en términos de dispersión del PIB per cápita. Lo sorprendente de este suceso es que este grupo está formado por aquellos países que entraron a partir del año 2010 a la OCDE, y a partir del año 1990 ya empieza a disminuir la dispersión del PIB per cápita de manera relevante. Este hecho da a entender que el entrar a la organización estudiada en este trabajo no ha resultado muy significativa para variar la convergencia en términos de dispersión, aunque si se observa una variación que podría ser causada por este hecho.

Para reafirmar esta visión alternativa, se puede ver el grupo formado por el tercer rango de años. Estos son los países que entran a la OCDE entre los años 1994 y 2000, y precisamente a partir de ese rango anual la dispersión crece, como se puede observar en el gráfico 5.

La tendencia de los países fundadores de la OCDE en el año 1961 se mantiene constante a los 0,35 puntos a lo largo de los 35 años estudiados. De hecho, a partir de la división creada, se puede argumentar que precisamente los países que entraron de forma más tardía a la OCDE son los que más convergen entre sí.

Parece evidente que no es significativo el año de entrada, sino que la convergencia sigma va más ligada a características propias de cada uno de los países. A pesar de este hecho que refuta la convergencia sigma ligada al año de entrada a la OCDE, anteriormente se ha aceptado la hipótesis de convergencia sigma para todos los países sin diferenciar en grupos (Gráfico 3).

Tampoco se ha analizado si la mayor parte de la muestra, que está recogida en el primer grupo con 19 países, en los años posteriores al 1961 tuvo un efecto positivo y disminuyó su dispersión entre aquellos países. Este hecho sería muy alentador ya que haría afirmar que entrar en la OCDE aporta un efecto positivo para reducir disparidades en media entre los países que forman parte de la organización.

Debido al periodo utilizado para el estudio sólo se puede analizar la influencia de entrar en la OCDE para el tercer y cuarto grupo.

4. Análisis empírico

4.1. Composición y características principales del modelo.

Para realizar el análisis empírico y contrastar la hipótesis de convergencia para los países de la OCDE, se va a utilizar el periodo 1990-2014, a diferencia del análisis descriptivo realizado anteriormente donde se partió desde el año 1980. El motivo por el cual se procede de esta forma es el hecho de tener una estimación con la menor ausencia de datos posible.

Con el fin de obtener una muestra lo más parecida a la realidad se ha seleccionado todos los países que forman esta organización, sin omitir aquellos que a priori puedan parecer problemáticos a la hora de aceptar la hipótesis de convergencia.

La utilización de datos anuales, frente a la posibilidad de hacerlo en periodos más grandes, es para evidenciar de una forma más precisa posibles cambios debidos a *shocks* estructurales que pueden afectar al análisis, como por ejemplo la crisis del año 2008.

Los datos empleados han sido obtenidos principalmente de dos bases de datos oficiales. La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), y los facilitados por la institución financiera especializada del sistema de las Naciones Unidas, el Banco Mundial (*World Bank*), que se encarga de asistir financiera y técnicamente a los llamados países en desarrollo.

A continuación en la tabla 3 se muestran las variables del modelo a estimar:

Tabla 3: Variables que conforman el modelo empírico

Nº	VARIABLE	NOMBRE
1	$y_{i,t}$	<i>PIB per cápita</i>
2	$s_{i,t}$	<i>Tasa de ahorro</i>
3	$n_{i,t}$	<i>Tasa de crecimiento población</i>
4	$(g + \delta)$	<i>Tasa de crecimiento tecnológico y tasa de depreciación del capital</i>
5	$IG_{i,t}$	<i>Índice de Globalización</i>
6	$CH_{i,t}$	<i>Índice de Capital Humano</i>
7	$IBCF_{i,t}$	<i>Inversión Bruta de Capital Fijo</i>

1. La variable $y_{i,t}$ recoge el conjunto de bienes y servicios producidos en el país i dividido por su población en cada periodo t , en precios constantes y en paridad de poder adquisitivo, con el fin de poder comparar el poder de compra sin tener en cuenta la evolución de los precios, siguiendo el Sistema de Cuentas Nacionales. La base de datos escogida es la página oficial de la OCDE.
2. El ahorro interno bruto se calcula como el PIB menos los gastos de consumo final (consumo total), en este caso se expresa como porcentaje respecto al PIB. Se han extraído los datos del ahorro bruto de la base de datos del *World Bank*.
3. La tasa de crecimiento de la población se ha calculado a partir del valor absoluto de la población de cada país. Los datos de nuevo se han extraído de la base de datos de la OCDE.
4. La tasa de depreciación (δ) y la tasa de progreso tecnológico (g) se expresa como una constante dentro del modelo igual a 0,05. Este valor se referencia en diversos estudios de convergencia a partir del modelo Solow-Swan. Véase Barro y Sala-i-Martin (1992), Mankiw, Romer y Weil (1992) o Romer (1994). Para la estimación se procede a sumar la constante a la tasa de crecimiento de la población de la forma: $(n + g + \delta)$.
5. La variable utilizada como *proxy* para definir la apertura comercial es el Índice de Globalización elaborado por Axel Dreher por primera vez en 2006 (Escuela Politécnica de Zürich). La utilización de este índice aporta una visión alternativa a la del índice de apertura comercial definido como las importaciones más las exportaciones respecto al PIB de cada país. Cabe decir que al realizar un análisis de correlación entre ambas variables, los resultados han mostrado que pese a ser índices contruidos de diferente forma aportan visiones similares, y por lo tanto se ha decidido utilizar el índice más novedoso.
El Índice de Globalización elabora una ponderación entre factores sociales, recoge las interacciones entre individuos de diferentes países, los factores políticos, que tienen en cuenta la ponderación de las instituciones internacionales, como embajadas dentro del país o ser miembro de una organización internacional y factores económicos como los aranceles, la inversión extranjera directa o la balanza comercial, entre otros.

6. La inversión en capital humano se ha extraído de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO). A modo de *proxy* de la variable se utiliza el porcentaje de matriculados anuales, desde el nivel universitario hasta los estudios de doctorado, respecto el total de la población.
7. La Inversión Bruta de Capital Fijo (IBCF) se define como la adquisición y la creación de activos por parte de los productores de un país para su propio uso en la producción de otros bienes y servicios. La variable se ha extraído de la base de datos de la OCDE.

En las Tablas 4 y 5 se muestran los resultados de los principales estadísticos de las variables a utilizar:

Tabla 4: Descriptivos principales de la muestra.

VARIABLE	OBSERVACIONES	MEDIA	DESV. EST.	MIN	MAX
$LN(y_{i,t})$	834	10.275	0.437	9.019	11.407
$IG_{i,t}$	773	76.639	10.843	41.58	92.37
$CH_{i,t}$	724	0.0513	0.0877	0.0005	0.6436
$s_{i,t}$	838	25.219	6.897	8.331	52.501
$IB_{i,t}$	842	0.191	0.0437	0.0996	0.33106
$(n + g + \delta)_{i,t}$	784	0.00639	0.00701	-0.026078	0.058374

Tabla 5: Análisis de correlaciones entre las variables del modelo.

VARIABLE	$LN(y_{i,t})$	$IG_{i,t}$	$CH_{i,t}$	$s_{i,t}$	$IB_{i,t}$	$n_{i,t}$
$LN(y_{i,t})$	1					
$IG_{i,t}$	0.6615	1				
$CH_{i,t}$	0.1105	-0.063	1			
$s_{i,t}$	0.3985	0.2444	-0.1430	1		
$IB_{i,t}$	0.0872	0.0354	0.113	0.2841	1	
$(n + g + \delta)_{i,t}$	0.1346	-0.1467	0.1300	0.0844	0.0484	1

4.2. Métodos de Estimación

Para poder elegir el método de estimación consistente y más eficiente es necesario conocer las características propias del modelo que define el trabajo.

Es fácil ver que el modelo previamente definido en el marco teórico (véanse ecuaciones 6 y 7) puede reescribirse como un modelo autorregresivo, simplemente reagrupando el término $\ln(y_{i,t-1})$ a la derecha de la igualdad, como una variable explicativa adicional. Para el caso de convergencia condicional en un modelo autorregresivo con variables explicativas adicionales, este será el tipo de modelo que se va a analizar a continuación:

$$\ln(y_{i,t}) = a \ln(y_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^k \varphi_j X_{i,j,t} + \mu_i + \varepsilon_{i,t} \quad (9)$$

Dónde $X_{i,j,t}$, es un vector que contiene cada variable explicativa j , en el momento t para cada país i , del modelo de convergencia.

El primer paso, para controlar el problema de los efectos individuales (μ_i), constantes para todo t , se recomienda expresar el modelo como un incremento.

$$\Delta \ln(y_{i,t}) = a \Delta \ln(y_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^k \varphi_j \Delta X_{i,j,t} + \Delta \varepsilon_{i,t} \quad (10)$$

El tipo de estimación, así como los posibles instrumentos utilizados, dependerán también de las características de la X_i que se utilicen, así como la relación que tengan con la variable dependiente del modelo o el término del error.

Para referirse a la relación del término del error $\varepsilon_{i,t}$ y las X_i se diferencia entre variables del modelo estrictamente exógenas, predeterminadas y endógenas. En el caso que el término del error y los regresores no estén correlacionados para ningún periodo t ($Corr(X_t, \varepsilon_s) = 0 \forall s$), entonces, la no correlación entre las variables explicativas del modelo y el error definirán éstas como estrictamente exógenas.

Del otro lado, si solo se puede garantizar que ($Corr(X_t, \varepsilon_s) = 0 \forall s \leq t$), entonces la variable explicativa X será predeterminada. Esto sucederá, por ejemplo, siempre que la variable explicativa X_t dependa de valores pasados de la variable dependiente Y_s para $s \leq t$. Un caso habitual de variable predeterminada, y que se encuentra en el modelo definido en el presente trabajo, es la variable endógena retardada un periodo.

Finalmente cuando se cumpla que ($Corr(X_t, \varepsilon_t) \neq 0 \forall t$), la variable explicativa será endógena. Sin embargo en el modelo a estimar no se contempla esta posibilidad.

El uso de datos de panel dinámicos dentro del ámbito de la economía parece obvio, ya que la influencia de la variable explicada retardada un periodo mejora la eficiencia del modelo, y para este modelo de convergencia en concreto, es la pieza clave para argumentar la presencia de un estado estacionario propio.

El hecho de incluir dinámica en el modelo produce que la estimación por MCO ignorando los efectos individuales sea inconsistente y sesgada. Al introducir un retardo de la variable explicada $y_{i,t-1}$, como $y_{i,t}$ está correlacionado con el efecto individual μ_i el regresor también lo estará. Si se estima utilizando un estimador estático *within* con el fin de eliminar el efecto individual, aún persiste la correlación entre la media de la variable explicada ($y_{i,t-1} - \overline{y_{i,t-1}}$) y el término del error ($\varepsilon_{i,t} - \overline{\varepsilon_{i,t}}$) ya que se trata de una variable predeterminada. Este hecho provoca que el estimador de efectos fijos sea sesgado e inconsistente.

La manera de tratar lo diversos tipos de endogeneidad para datos de panel dentro de un modelo dinámico, viene dado a partir de variables instrumentales (VI), construyendo matrices que instrumentalicen las variables que aportan la endogeneidad en el modelo a estimar, y así aportar consistencia e insesgadez.

Dos posibles soluciones que plantea la literatura que aborda el problema de la endogeneidad de los paneles dinámicos son, el estimador de Arellano y Bond (1991) conocido como *GMM Difference* que utiliza como instrumentos de las diferencias las series en niveles. Uno de los problemas del estimador *GMM Difference* es que los retardos de las series no suelen ser buenos instrumentos cuando la variable presenta alta persistencia.

Una alternativa planteada posteriormente para paneles dinámicos con periodo temporal más pequeño es el estimador *GMM System* de Arellano y Bover (1995). Este estimador propone la instrumentalización en niveles para la ecuación en primeras diferencias y primeras diferencias como instrumentos para la ecuación en niveles, formando un sistema de ecuaciones. Bajo determinadas condiciones un estimador en sistemas mejora la eficiencia del *GMM Difference*. El segundo estimador será el escogido para tratar el problema de endogeneidad de nuestro modelo dinámico con variables explicativas, bajo la hipótesis de exogeneidad estricta y predeterminación.

4.2.1. Estimador *GMM Difference*.

Para solucionar el problema de heterogeneidad inobservable, si tras aplicar primeras diferencias se utiliza por ejemplo el segundo retardo de la variable explicada como instrumento ($\Delta y_{i,t-1}$). Entonces, al contrario que para el método estático, ahora no habrá correlación con el término de perturbación.

El método GMM para un modelo autorregresivo con efectos individuales procede a tratar la endogeneidad si se parte de la ecuación de convergencia absoluta, de la siguiente forma:

$$y_{i,1991} = \alpha y_{i,1990} + u_{i,1991} \quad (11)$$

Expresando ambos términos de la ecuación en diferencias, donde $u_{i,t} = \mu_i + \varepsilon_{i,t}$, obtenemos:

$$(y_{i,1992} - y_{i,1991}) = (y_{i,1991} - y_{i,1990}) + (u_{i,1992} - u_{i,1991}) \quad (12)$$

El primer momento válido para evitar la correlación con el término del error $u_{i,t}$ será partiendo del tercer retardo de la variable explicada:

$$(y_{i,1993} - y_{i,1992}) = (y_{i,1992} - y_{i,1991}) + (\varepsilon_{i,1993} - \varepsilon_{i,1992}) \quad (13)$$

De esta forma $y_{i,1991}$ es el primer instrumento válido cuando (ε) es ruido blanco, y por lo tanto $\varepsilon_{i,t} - \varepsilon_{i,t-1}$ sigue un AR(1). Si (ε) es una MA(1), entonces el primer instrumento válido será $y_{i,1990}$ ya que $\varepsilon_{i,t} - \varepsilon_{i,t-1}$ sigue un AR(2), y así sucesivamente.

Para conocer que instrumento del retardo de la variable explicada no aporta autocorrelación al modelo, y por lo tanto el término del error es ruido blanco, se utiliza el test de Arellano-Bond. El test de Arellano-Bond contrasta este hecho bajo la hipótesis nula de no autocorrelación serial.

Siguiendo el mismo proceso para el siguiente periodo serían válidos como instrumentos del modelo $y_{i,1991}$ e $y_{i,1990}$.

En general la matriz de instrumentos será la siguiente:

$$Z_i = \begin{bmatrix} [y_{i,1}] & 0 & \dots & 0 \\ 0 & [y_{i,1}, y_{i,2}] & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & [y_{i,1}, y_{i,2}, \dots, y_{i,T-2}] \end{bmatrix} \quad (14)$$

Una vez definida la matriz de instrumentos de forma general, se obtiene el siguiente vector:

$$\Delta \varepsilon_i = [\Delta \varepsilon_{i,3}, \dots, \Delta \varepsilon_{i,T}] \quad (15)$$

Dónde para cada i (país) disponemos de la siguiente condición de momentos;

$$E[Z_i' \Delta \varepsilon_i] = 0 \quad (16)$$

Por consiguiente, multiplicando la matriz de instrumentos (14) por la ecuación en diferencias (2) se obtiene el estimador GMM en diferencias.

$$Z_i' \Delta y_{i,t} = Z_i' (y_{i,t-1}) + Z_i' (\Delta u_{i,t}) \quad (17)$$

4.2.2. Estimador GMM System

Para solucionar el problema de correlación entre la variable dependiente retardada y los componentes del error se procede a utilizar la estimación a partir del método generalizado de los momentos (*GMM system*). Se instrumentaliza el modelo a partir de un sistema de ecuaciones que introduce las diferencias de las variables en niveles y los retardos de las variables en diferencias.

La especificación del modelo es la siguiente:

$$y_{i,t} = \alpha y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^k \varphi_j X_{i,j,t} + s_{i,t} + u_{i,t} \quad (18)$$

Además se supone que las variables explicativas del modelo son estrictamente exógenas, $E(\varepsilon_{i,t} | x_{i,1}, \dots, x_{i,t}, \mu_i) = 0$. Este hecho no descarta la correlación entre las variables explicativas y el efecto individual.

El asumir exogeneidad estricta, va a permitir la instrumentalización del modelo con las propias variables explicativas. Siempre que no exista una variable correlada con los *shocks* idiosincráticos, como se ha definido anteriormente, se garantiza la existencia de las condiciones de momentos necesarias para instrumentalizar de forma consistente la variable dependiente retardada.

En la práctica se está explotando la exogeneidad estricta de las variables explicativas con el fin de utilizar las diferencias y los niveles de las variables explicativas que por lo tanto, no tienen efecto directo sobre el $\Delta y_{i,t}$ como instrumentos de $\Delta y_{i,t-1}$.

En general, la matriz que instrumentaliza la ecuación en diferencias del método *GMM system* es:

$$Z_1 = \begin{bmatrix} [y_{i,1}, \Delta.(x_{i,1} \dots x_{i,T})] & 0 & \dots & 0 \\ 0 & [y_{i,1}, y_{i,2}, \Delta.(x_{i,1} \dots x_{i,T})] & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & [y_{i,1}, y_{i,2}, \dots, y_{i,T-2}, \Delta.(x_{i,1} \dots x_{i,T})] \end{bmatrix} \quad (19)$$

Se observa que utiliza el primer retardo posible de la variable endógena, y el incremento de todas las variables estrictamente exógenas del modelo para todo T .

La matriz que instrumentaliza la ecuación en niveles es la siguiente:

$$Z_2 = \begin{bmatrix} [\Delta y_{i,2}, x_{i,1} \dots x_{i,T}] & 0 & \dots & 0 \\ 0 & [\Delta(y_{i,1}, y_{i,2}), x_{i,1} \dots x_{i,T}] & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & [\Delta(y_{i,1}, y_{i,2}, \dots, y_{i,T-2}), x_{i,1} \dots x_{i,T}] \end{bmatrix} \quad (20)$$

La matriz Z_2 no emplea el retardo de la variable dependiente como instrumento, sino que lo hace a partir del incremento de dicha variable, seguido de las variables explicativas estrictamente exógenas.

En el caso de que alguna variable explicativa sea considerada como predeterminada se instrumentalizará de forma similar al retardo de la variable explicada ($y_{i,t-1}$).

4.3. Resultados empíricos

En este apartado se procede a contrastar la hipótesis de convergencia absoluta y condicional utilizando los métodos de estimación anteriormente descritos.

4.3.1. Estimación Convergencia absoluta

Seguidamente, una vez argumentada la manera de proceder del estimador GMM en diferencias se procede a estimar el modelo de convergencia absoluta. Ya que como se indica en la ecuación (6) se trata de un autorregresivo puro con efectos individuales.

En la tabla 6 se encuentran los resultados de dicha estimación.

Tabla 6: Estimación del modelo de convergencia absoluta a partir del método de estimación GMM en diferencias

VARIABLE	COEFICIENTE	DESV. EST.	T-STADISTIC	P-VALOR
$LN(y_{i,t-1})$	0.9492988	0.0007199	1318.65	0.000(***)
B (IMPLÍCITO)	-4.95%			
TEST SARGAN	1			
TEST ARELLANO-BOND	AR(3) ¹³ P-value=0.3201			
Nº INSTRUMENTOS	277			
VARIABLE EXPLICADA	$(y_{i,t})$			

Nivel de significación: (*) parámetro significativo al 10%, (**) parámetro significativo al 5%, (***) parámetro significativo al 1%.

Fuente: Elaboración propia en Stata.

De los resultados obtenidos se puede observar que hay un proceso de convergencia. El parámetro de velocidad de convergencia (β) refleja un resultado del 4,95% de proceso de convergencia anual. El parámetro que acompaña al retardo de la variable dependiente es significativamente diferente a 0, rechazando la hipótesis nula con un nivel de significación del 1%.

Se podría argumentar que este resultado apoya la hipótesis de convergencia absoluta definida en el marco teórico, pero al realizar el test de Sargan para contrastar la validez de los instrumentos utilizados en el método de estimación, se aprecia un valor igual a la unidad, aspecto que nos hace rechazar la validez de que las restricciones de

¹³ El p-valor asociado al AR(s) en el test de Arellano-Bond es el de la hipótesis nula de no existencia de autocorrelación de orden s.

sobreidentificación son válidas, y por lo tanto, no utilizamos un número adecuado de instrumentos.

Para corregir este problema se procede a utilizar el método de estimación *GMM System*, que como se ha visto anteriormente mejora la eficiencia de la estimación, y además permite utilizar el comando *collapse* que contraer la matriz de instrumentos Z_1 (esta matriz se encuentra en la ecuación 14), de este modo tan solo se utilizan como instrumentos los retardos estrictos de cada variable.¹⁴

Los resultados de dicha estimación se encuentran en la tabla 7:

Tabla 7: Estimación del modelo de convergencia absoluta a partir del estimador *GMM system* utilizando comando *collapse*.

VARIABLE	COEFICIENTE	DESV. EST.	T-STADISTIC	P-VALOR
$\text{LN}(y_{i,t-1})$	1.002555	0.0002974	3371.35	0.000(***)
B (IMPLÍCITO)	0.255%			
TEST SARGAN	0.805			
TEST HANSEN	0.753			
Nº INSTRUMENTOS	2			
VARIABLE EXPLICADA	$(y_{i,t})$			

Nivel de significación: (*) parámetro significativo al 10%, (**) parámetro significativo al 5%, (***) parámetro significativo al 1%.

Fuente: Elaboración propia en Stata.

En este caso controlando el número de instrumentos, con el tercer retardo de la variable dependiente y la diferencia del segundo retardo, la velocidad de convergencia se contrapone al resultado anterior. El valor implícito de beta indica un proceso de divergencia del 0,255% anual.

De este modo se puede aceptar con un p-value=0,805 el test de Sargan, de la misma forma que el test de Hansen con un p-value=0,753 (para la opción en dos etapas). Ambos test con el mismo propósito de verificar la matriz de instrumentos correcta.

La decisión de realizar la estimación en dos etapas, utilizando la matriz de pesos heterocedástica, contra una estimación en una etapa que sólo utiliza la matriz instrumental homocedástica, se debe a asegurarnos que la inferencia no se va a ver afectada por problemas de heterocedasticidad.

¹⁴ Para una explicación más detallada del comando *xtabond2*, véase Roodman (2006), dónde también explica la utilización del comando *collapse*.

Justificando el uso de instrumentos en retardos y diferencias para que la estimación sea consistente se requiere, como se ha explicado anteriormente, que los errores no estén correlacionados con el retardo de la variable dependiente. Hecho que se comprueba a partir del test de Arellano y Bond, bajo la hipótesis nula de no existencia de autocorrelación.

Tabla 8: Test de Arellano y Bond

<i>Test Arellano – Bond</i>	<i>T-STADISTIC</i>
<i>AR(1)</i>	<i>0.003</i>
<i>AR(2)</i>	<i>0.002</i>
<i>AR(3)</i>	<i>0.343</i>
<i>H₀</i>	<i>No autocorrelación</i>

En este caso, la estimación muestra autocorrelación de orden 3, para tratarlo se introduce como instrumento el segundo retardo de la variable dependiente retardada.

4.3.2. Estimación de convergencia condicional

En este apartado se realiza la estimación del modelo de convergencia condicional, ecuación (9). Dónde se introducen como variables explicativas las características propias de cada país argumentadas por el modelo de Solow-Swan y añadiendo el índice de globalización, la inversión bruta de capital fijo y el porcentaje de matriculados desde la educación universitaria en adelante.

Para controlar el número excesivo de variables instrumentales y mejorar la eficiencia de la estimación se utiliza el estimador *GMM System* que permite colapsar el número de instrumentos producidos por el tamaño de T en la muestra. Sin el comando *collapse* se introduce por defecto todos retardos posibles de las variables del modelo produciendo un problema de exceso de sobreidentificación.

Teniendo en cuenta las características que se han descrito anteriormente, se procede a estimar el modelo de convergencia condicional.

Los resultados de la estimación se encuentran en la tabla 9:

Tabla 9: Estimación del modelo de convergencia condicional a partir del estimador GMM system utilizando el comando collapse asumiendo exogeneidad estricta.

VARIABLE	COEFICIENTE	DESV. EST.	T-STADISTIC	P-VALOR
$LN(y_{i,t-1})$	0.9463795	0.0196194	48.24	0.000(***)
B (IMPLÍCITO)	-5.22%			
$IG_{i,t}$	0.0021531	0.000424	5.08	0.000(***)
$CH_{i,t}$	0.0511992	0.02079	2.46	0.014(**)
$s_{i,t}$	0.0241373	0.0461351	0.52	0.601
$IB_{i,t}$	-0.0589045	0.3588748	-0.16	0.874
$n_{i,t}$	0.0008602	0.0005767	1.49	0.136
CONSTANTE	0.4409325	0.1510298	2.92	0.004(***)
TEST SARGAN	0.589			
TEST HANSEN	0.532			
TEST ARELLANO-BOND	AR(3) P-value=0.889			
Nº INSTRUMENTOS	8			
VARIABLE EXPLICADA	$(y_{i,t})$			

Nivel de significación: (*) parámetro significativo al 10%, (**) parámetro significativo al 5%, (***) parámetro significativo al 1%.

Fuente: Elaboración propia en Stata.

En este caso se obtiene un resultado que apoya la hipótesis de convergencia condicional, estimando la ecuación con las variables explicativas propias para cada región que a nivel teórico llevarían a cada economía a un nivel de estado estacionario propio.

Con un valor del coeficiente que acompaña al retardo del PIB per cápita de 0,9463 y siendo este parámetro significativo al 1%, si se calcula la velocidad de convergencia el valor resultante es de 0,05223. Lo que es lo mismo en los países de la OCDE se alcanza una velocidad de convergencia del 5,22% al año.

Para comprobar si los instrumentos utilizados son los adecuados, se realiza el test de Sargan acompañado por el test de Hansen. En ambos test se acepta la hipótesis nula y por tanto se verifica que los instrumentos sobreidentificadores utilizados son adecuados.

De nuevo al realizar el contraste de Arellano y Bond la estimación muestra autocorrelación de tercer orden. Este problema se soluciona, igual que en el caso anterior, introduciendo como instrumento el segundo retardo de la variable dependiente retardada.

Autores como Barro y Sala-i-Martin (1996), entre otros, afirmaron que la tasa de convergencia entre países se encontraba entorno al 2% anual, la persistencia en este resultado llevó a nombrarlo como la Ley de Hierro de la Convergencia. Ésta ley establece un periodo de 35 años necesarios para llegar al punto de estado estacionario.

Siguiendo las pautas de la Ley de Hierro de la Convergencia, con una tasa de convergencia del 5,22% el tiempo necesario para llegar al punto de estado estacionario de las 34 regiones estudiadas sería de 14 años.

Parece que el valor obtenido de la velocidad de convergencia resulta demasiado elevado si se compara con los resultados obtenidos de otros estudios enfocados en el mismo tema.

Por este motivo se sospecha que la hipótesis de exogeneidad estricta de todas las variables explicativas del modelo es demasiado fuerte. Para relajar este supuesto, se introducirán algunas variables como predeterminadas al realizar la estimación.

Las variables que se introducen como predeterminadas son la tasa de ahorro y la inversión bruta en capital fijo. Se han escogido estas variables como predeterminadas debido a la posible relación que pueden tener sus valores actuales con el pasado de $y_{i,t}$, que es nuestra variable endógena.

Los resultados de la estimación del modelo autorregresivo relajando el supuesto de exogeneidad estricta de todas las variables del modelo de convergencia condicional, se encuentran en la tabla 10:

Tabla 10: Estimación del modelo de convergencia condicional a partir del estimador GMM system utilizando el comando collapse asumiendo variables estrictamente exógenas y predeterminadas.

VARIABLE	COEFICIENTE	DESV. EST.	T-STADISTIC	P-VALOR
$LN(y_{i,t-1})$	0.9667618	0.0224037	41.93	0.000(***)
B (IMPLÍCITO)	-3.27%			
$IG_{i,t}$	0.0001713	0.13854	0.12	0.902
$CH_{i,t}$	0.595868	0.0290575	2.05	0.04(**)
$s_{i,t}$	0.0029849	0.0013898	2.15	0.032(**)

$IB_{i,t}$	-0.0053696	0.134766	-0.04	0.968
$n_{i,t}$	-0.452203	0.8475083	-0.53	0.594
CONSTANTE	0.2704601	0.3706617	0.73	0.466
TEST HANSEN	0.198			
TEST ARELLANO-BOND	AR(3)			
	P-value=0.881			
Nº INSTRUMENTOS	10			
VARIABLE EXPLICADA	$(y_{i,t})$			

Nivel de significación: (*) parámetro significativo al 10%, (**) parámetro significativo al 5%, (***) parámetro significativo al 1%.

Fuente: Elaboración propia en Stata.

Relajando el supuesto de exogeneidad estricta de todas las variables explicativas, y ahora controlando las variables *ahorro* e *inversión* como predeterminadas, se obtienen unos resultados más cercanos a la Ley de Hierro de la Convergencia definida anteriormente.

La velocidad de convergencia implícita en la estimación ahora reduce su valor hasta los 3,27 puntos porcentuales al año. Este valor junto con la correcta sobreidentificación de las variables instrumentales de la estimación que muestra el test de Hansen aceptando la hipótesis nula con un valor de 0,198, indican que eludir el hecho de existencia de variables predeterminadas en el modelo resultaba un supuesto demasiado riguroso.

El resultado del test de autocorrelación de Arellano-Bond, igual que para la estimación sin controlar la característica de las variables predeterminadas, acepta la hipótesis nula de no autocorrelación para un autorregresivo de orden 3, por lo tanto se controla este suceso introduciendo como instrumento el segundo retardo de la variable dependiente retardada.

Partiendo del parámetro de velocidad de convergencia, si se recalcula el tiempo necesario para establecerse en el estado estacionario, ahora se obtiene un valor más coherente cercano a los 22 años.

4.4. Cambio estructural

Después de realizar las estimaciones anteriores del periodo 1990 al 2014, se cree necesario el hecho de contrastar la existencia de un cambio estructural que no se ha tenido en cuenta para el análisis global. Un posible cambio en la relación de las variables estudiadas, puede surgir de la crisis económica producida a partir del año 2008. Ésta

fecha divisoria se establece en base al estudio realizado por *the National Bureau of Economic Research*.

Para analizar la hipótesis de cambio estructural debido a la crisis sobre las variables de nuestro modelo, se procede a crear una variable dicotómica que toma el valor 1 desde el 1990 hasta el 2007, y el valor 0 a partir del año 2008 hasta el 2014.

Se procede a estimar el modelo autorregresivo con todas las variables explicativas (estrictamente exógenas y predeterminadas) y utilizando el método de estimación *GMM system*. Ahora añadiendo las *dummies* cada para uno de los periodos estudiados, el modelo a estimar es el siguiente:

$$y_{i,t} = a_i y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^k \varphi_j X_{i,j,t} + crisis \cdot \sum_{j=1}^k \gamma_j X_{i,j,t} + crisis + \mu_i + \varepsilon_{i,t} \quad (21)$$

Dónde *crisis* es la variable ficticia dicotómica que refleja la influencia o efecto de la crisis sobre el modelo.

Para contrastar este suceso se procede a realizar un test de significación conjunta (test de *Wald*) con todas las variables del modelo de la ecuación (21).

Los resultados del test de *Wald* se exponen en la tabla 11:

Tabla 11: Contraste de significación conjunta para el cambio estructural (Test de Wald), periodo 1990-2007.

TEST DE WALD

CHI ² (12)	62629.33
P-VALUE	0.000

Bajo la hipótesis nula de que todos los coeficientes del modelo son estadísticamente igual a 0. Con un nivel de significación del 1% rechazamos dicha hipótesis, por lo tanto aceptamos la existencia de cambio estructural debido a la crisis en las variables de nuestro modelo. Seguidamente se procede a realizar la estimación para el periodo anterior a la crisis que abarca desde el 1990 hasta el 2007.

Sólo se va a plasmar en el trabajo la estimación del periodo previo a la crisis, ya que los resultados de la estimación para los años 2008-2014 no superan los test de sobreidentificación de las variables instrumentales adecuadas.

Además el test de Arellano-Bond rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación para el primer retardo. Este suceso rechaza la presencia de dinámica en el modelo, y por lo tanto no sería adecuado introducir la variable explicada retardada en el modelo como variable explicativa adicional.

Aun así, estimando el modelo, el parámetro que acompaña la variable explicada retardada obtiene un valor implícito de velocidad de convergencia muy elevado. Todos estos factores han sido relevantes para no introducir dicha estimación dentro de los resultados válidos de este trabajo.

Por esta razón sólo se procede a plasmar la estimación para el periodo 1990-2007. Las características del modelo siguen siendo las mismas que el modelo de la ecuación (9). Por tanto se procede a estimar con el mismo método que en el caso de convergencia condicional como un autorregresivo con variables explicativas estrictamente exógenas y predeterminadas.

Los resultados de la estimación para el periodo 1990-2007 se encuentran en la tabla 12:

Tabla 12: Estimación del modelo de convergencia condicional (1990-2007) a partir del estimador GMM system aceptando la hipótesis de cambio estructural.

VARIABLE	COEFICIENTE	DESV. EST.	T-STADISTIC	P-VALOR
$LN(y_{i,t-1})$	0.9469312	0.0402298	23.54	0.000(***)
B (IMPLÍCITO)	-5.17%			
$IG_{i,t}$	0.0012489	0.0011541	1.08	0.279
$CH_{i,t}$	0.0457115	0.0267985	1.71	0.088(*)
$s_{i,t}$	0.0016297	0.0007984	2.04	0.041(**)
$IB_{i,t}$	0.2081732	0.0758314	2.75	0.006(***)
$n_{i,t}$	-0.2264269	0.8501596	-0.27	0.79
CONSTANTE	0.3921585	0.3344021	1.17	0.241
TEST SARGAN	0.236			
TEST HANSEN	0.255			
TEST ARELLANO-BOND	AR(3) P-value=0.691			
Nº INSTRUMENTOS	10			
VARIABLE EXPLICADA	$(y_{i,t})$			

Nivel de significación: (*) parámetro significativo al 10%, (**) parámetro significativo al 5%, (***) parámetro significativo al 1%.

Fuente: Elaboración propia en Stata.

La estimación para la muestra recogida antes de la crisis ofrece un valor del parámetro (β) de velocidad de convergencia entorno al 5,17%, rechazando la hipótesis nula de que el coeficiente es igual a 0, con un nivel de significación del 1%.

Comparando este resultado con el obtenido anteriormente en la estimación sin tener en cuenta el cambio estructural en la muestra, se puede apreciar un aumento del 63,25% de la velocidad de convergencia.

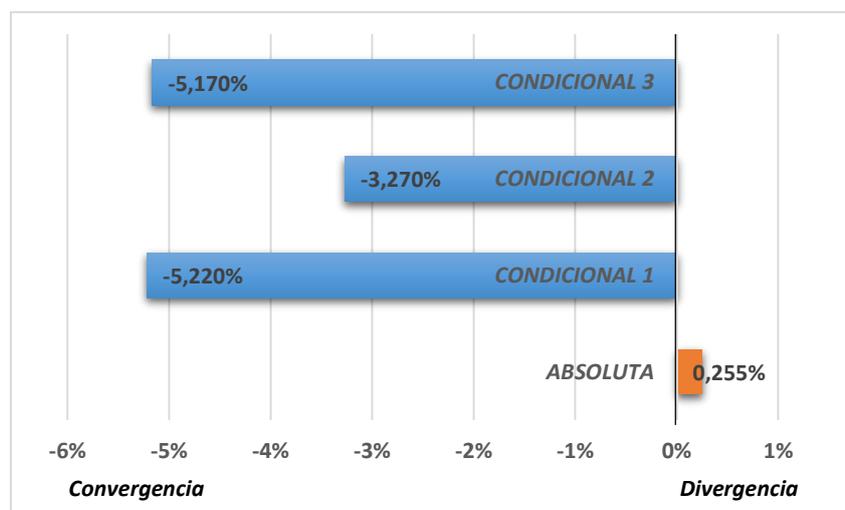
Pese al hecho de no realizar la estimación para el periodo posterior a la crisis, parece lógico argumentar que tras las perturbaciones producidas por la crisis en las 34 economías, la velocidad de convergencia hacia el estado estacionario se ve reducida en épocas de recesión económica.

Éstos argumentos se ven respaldados al comprobar la consistencia de la estimación, ya que supera satisfactoriamente todas las comprobaciones necesarias para catalogar la estimación por el método *GMM system* como consistente. Los valores de los test que corroboran la validez de los instrumentos utilizados, en ambos casos, aceptan la hipótesis nula de que las restricciones sobreidentificadoras del modelo son las adecuadas.

4.5. Resultados

Para finalizar el análisis empírico se cree propicio incluir una síntesis de los resultados válidos de las estimaciones de convergencia β para poder diferenciar las características que hay detrás de cada valor indicado anteriormente.

Gráfico 6: Síntesis de los resultados extraídos en análisis empírico de convergencia β



Condicional 1, parámetro β de la estimación con variables estrictamente exógenas. Condicional 2, parámetro β de la estimación con variables exógenas y predeterminadas. Condicional 3, parámetro β de la estimación para el periodo 1990-2007

- El primer resultado que aporta el modelo autorregresivo bajo la hipótesis de convergencia absoluta, indica un proceso de divergencia leve entorno al 0,255% anual. Este valor indica un proceso de no cohesión entre los 34 países de la OCDE si no se controla el análisis a partir de las características propias de cada economía, como en el análisis de convergencia condicional.
- En segundo lugar el valor obtenido por la estimación del modelo autorregresivo con variables explicativas estrictamente exógenas aporta un valor de convergencia β del 5,22% anual. Todo y resultar una estimación consistente por los resultados de los test que aporta el *output* del estimador *GMM system*, difiere en más del doble con el resultado de la velocidad de convergencia aportada por R. Barro y Sala-i-Martin entre otros.
- El tercer resultado, esta vez controlando la estimación por la existencia de las variables ahorro e inversión como predeterminadas, aporta un valor de β implícita en la estimación igual al 3,27% anual. El valor de velocidad de convergencia bajo la hipótesis de convergencia condicional aporta la idea de una llegada al estado estacionario propio, para aquellas economías con unas características comunes, entorno a los 22 años.
- El cuarto resultado surge de la estimación únicamente del periodo 1990-2007, ya que se contrasta anteriormente un cambio estructural en las variables del modelo producido por la crisis que nace el año 2008. El parámetro de velocidad de convergencia es igual a los 5,17 puntos porcentuales al año.
El elevado valor del parámetro β para este periodo respecto a la estimación, desde el año 1990 hasta el 2014, puede indicar que cuando un conjunto de economías relacionadas entre sí se encuentran en época de recesión, este hecho influye negativamente al proceso de convergencia. O lo que es lo mismo, el crecimiento sostenido de este gran *hinterland* que es la OCDE reacciona positivamente al proceso de convergencia condicional entre regiones.

5. Conclusiones.

El objetivo del presente trabajo ha sido estudiar el proceso de convergencia en términos del PIB per cápita en los países de la OCDE entre el 1980 hasta 2014.

Al analizar de forma descriptiva las diferencias de capacidad de compra de cada región, se obtiene la conclusión de que los países con un PIB per cápita más bajo crecen en mayor proporción que los países que se encuentran por encima del percentil 80 de la muestra.

En este análisis descriptivo la tasa media de crecimiento de los países con rentas bajas es más elevada que la de los países con rentas más altas. Este resultado apoya la hipótesis de la existencia de rendimientos decrecientes del stock de capital. En cambio, al realizar la estimación de convergencia absoluta el resultado refleja la existencia de una leve divergencia, contraponiéndose a lo esperado por la relación inversa de la tasa media de crecimiento y el stock de capital inicial.

El análisis de la dispersión entendido como convergencia sigma, refleja la reducción paulatina del indicador durante todo el periodo, reduciéndose en los 35 años del análisis en un 32%. Diferenciando el indicador a partir del año de entrada, se evidencia la falta de relación clara entre el ingreso a la organización y la disminución de la dispersión. Cabe resaltar que los países con un PIB per cápita inicial menor, son los que aportan un efecto de convergencia sigma más relevante a la tendencia global.

Para cada una de las especificaciones del modelo de convergencia condicional, se obtiene un valor implícito de β que apoya la hipótesis de la existencia de un estado estacionario propio. Como es bien sabido un coeficiente β negativo no implica que el indicador sigma sea decreciente. Sin embargo como se ha visto anteriormente, con un resultado de convergencia sigma decreciente y valores de β negativos se corrobora que, la convergencia β es una condición necesaria pero no suficiente para que haya convergencia sigma.

Nótese, que al utilizar el mismo método de estimación pero eliminando el efecto de la crisis al estimar el modelo, el valor de velocidad de convergencia es un 63% más elevado que para la estación sin eliminar dicho efecto. Por lo tanto, se podría concluir que un crecimiento sostenido entre países favorece el proceso de convergencia.

6. Referencias bibliográficas

- Andrés, J., & Doménech, R. (1995). *La convergencia real en Europa*. Universidad de Valencia.
- Arellano, M., & Bover, O. (1990). *La Econometría de datos de panel*. Investigaciones Económicas.
- Arellano, M., & Bover, O. (1995). Another look at the instrumental variable estimation of error-component model. *Journal of econometrics*, 29-51.
- Arias, A. d. (2003). *Análisis de convergencia absoluta y condicional en productividad entre las manufacturas urbanas mexicanas*. Problemas de Desarrollo.
- Ayuso, Á., Santos, L., & Rodríguez, D. (s.f.). Globalización y convergencia económica: Un análisis empírico para los países de América Latina.
- Barro, R. J. (1991). *Economic Growth in a Cross Section of Countries*.
- Barro, R., & Martin, X. S. (2014). *Crecimiento económico*. Reverte.
- Bond, S., Hoeffler, A., & Temple, J. (2001). *GMM estimator of empirical models*. University of Oxford .
- Dreher. (s.f.). www.globalization.kof.ethz.ch.
- González, R. V., Serván, J. M., & Lara, A. M. (2010). Crecimiento económico y convergencia regional en el Estado de México. *Paradigma económico*, 53-88.
- (s.f.). *La OCDE: 50 años promoviendo mejores políticas para una vida mejor*.
- Labra, R., & Torrecillas, C. (2014). Guía CERO para datos de panel. Un enfoque práctico. España: Universidad Autónoma de Madrid.
- Manjón Antolín, M. (s.f.). *Dyamic Panel Data Models*. Reus: QURE-CREIP Departament of Economics (URV).
- Martin, X. S. (2000). *Apuntes de crecimiento económico*. Antoni Bosch.
- Martinez, C. (2012). Un análisis del aporte de estimadores GMM en sistemas y diferencias a la estimación de ecuaciones dinámicas en economía. *Cuaderno del CIMBAGE*, 19-31.
- Maynou, L., Saez, M., & Bacaria, J. (2013). Análisis de convergencia de las regiones de la zona euro. *Ekonomiaz*.

- Mayoral, F. M. (2010). *Convergecia en América Latina. Un análisis dinámico*. Insituto de Iberoamérica, Universidad de Salamanca.
- Moncayo, E. (2004). El debate sobre la convergencia económica internacional e interregional: enfoques teóricos y evidencia empírica. *Revista eure*, 7-26.
- OCDE. (s.f.). www.stats.oecd.org.
- OECD. (s.f.). *La OCDE: 50 años promoviendo mejores políticas para una vida mejor*.
- Paso, R. L. (2014). *Medición del grado de apertura de una economía*.
- Publication, S. P. (2011). *Stata longitudinal-Data/Panel-Data Reference Manual* . Texas: Stata Corp LP.
- Roodman, D. (2006). *How to Do xtabond2: An introduction to "Difference" and "System" GMM in Stata*. Genter Global for Development.
- Salmerón, M. H. (2008). Evolución de a convergncia en PIB per cápita entre las Comunidades Autónomas Españolas desde los años Ochenta. Cátedra BBVA de Análisis Económico.
- Tornel, M. B., & Mossi, M. B. (s.f.). *Contrastes de hipótesis en datos de panel*. XIII Jornadas de ASEPUMA.
- www.gerencie.com. (s.f.). Obtenido de requisitos y estandares que un país debe cumplir para ingresar a la OCDE.
- www.nber.com. (s.f.).

7. Índice de tablas

Tabla 1. Comparativa del PIB per cápita para los años 1980 y 2014.....	14
Tabla 2. Clasificación a partir del año de entrada a la OCDE.....	21
Tabla 3. Variables que forman el modelo empírico.....	24
Tabla 4. Descriptivos principales de la muestra.....	27
Tabla 5. Análisis de correlaciones entre las variables del modelo.....	27

Tabla 6. Estimación del modelo de convergencia absoluta a partir del método de estimación GMM en diferencias.....	33
Tabla 7. Estimación del modelo de convergencia absoluta a partir del método de estimación GMM system utilizando comando collapse.....	34
Tabla 8. Test de Arellano-Bond.....	35
Tabla 9. Estimación del modelo de convergencia condicional a partir del método de estimación GMM system utilizando comando collapse asumiendo exogeneidad estricta.....	36
Tabla 10. Estimación del modelo de convergencia condicional a partir del método de estimación GMM system utilizando comando collapse asumiendo variables estrictamente exógenas y predeterminadas.....	37
Tabla 11. Contraste de significación conjunta para en cambio estructural (Test de Wald) periodo 1990-2007.....	39
Tabla 12. Estimación del modelo de convergencia condicional 1990-2007 a partir del estimador GMM system aceptando la hipótesis de cambio estructural.....	40

8. Índice de gráficos e ilustraciones.

Gráfico 1. Convergencia absoluta.....	11
Gráfico 2. Convergencia condicional.....	12
Gráfico 3. Convergencia sigma.....	20
Gráfico 4. Convergencia sigma por grupos utilizando la media del logaritmo del PIB per cápita de todos los países.....	22
Gráfico 5. Convergencia sigma por grupos utilizando la media del logaritmo del PIB per cápita de cada grupo de países.....	23
Gráfico 6. Síntesis de los resultados extraídos en el análisis empírico de convergencia β	41
Ilustración 1. Tasa media de crecimiento para el periodo 198-2014.....	18
Ilustración 2. PIB per cápita de los países de la OCDE en 1980.....	19