



# **Casa abierta al tiempo**

Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)

Programa Integrado de Maestría y Doctorado en Ciencias  
Económicas (PIMDCE)

Maestría Generación 2017

**Hipótesis de Convergencia Beta-Absoluta y Sigma;  
Caso Entidades Federativas de México, 2003-2016.**

Idónea Comunicación de Resultados (ICR) para obtener el Título de  
Maestro en Ciencias Económicas

Presenta: Lic. Ricardo Alan Solorzano Mendoza

Matricula: 2171802290

Asesor: Dr. Eddy Lizarazu Alanez

México, CDMX, Enero 2019

## **Resumen**

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo general analizar el fenómeno de convergencia del ingreso per cápita de forma empírica y teórica, con el objetivo particular de identificar si la predicción del modelo de Solow sobre la convergencia es adecuada para describir el comportamiento de la economía mexicana, lo anterior bajo la hipótesis de que efectivamente la teoría referida es adecuada para describir la realidad imperante. La metodología consiste, en primera instancia, en presentar una recapitulación sobre la formalización del modelo de Solow; con lo que se pretende identificar las interrelaciones determinantes del estado estacionario, y posteriormente se hace una revisión teórica del concepto de convergencia, para que con esa base sea realizada una investigación empírica utilizando los datos de las entidades federativas de México. La investigación se presenta en tres capítulos auto-contenidos sobre los aspectos antes referidos; la teoría económica sobre la predicción del fenómeno de convergencia, la teoría sobre el fenómeno en sí mismo, y la evidencia empírica utilizando a la economía de México. En el último capítulo de la investigación; a modo de conclusión del análisis empírico, se desprende que efectivamente existe evidencia estadística que indica que la predicción sobre la convergencia es adecuada para describir a la economía mexicana, lo anterior bajo reserva de la significancia estadística observada de los parámetros estimados consistentes con heterocedasticidad y autocorrelación, mismos que fueron determinados de acuerdo con lo que dicta el enfoque econométrico sobre el fenómeno de convergencia.

Palabras Clave; Convergencia, Neoclásicos, Modelos de crecimiento económico.

## **Abstract**

The present investigation has a general objective and a particular one, the general objective is to analyze the hypothesis of convergence in an empirical and theoretical form, and the particular one is to identify if the prediction of convergence of the Solow model is appropriate to describe the Mexican economy, with the hypothesis that the prediction of convergence of the Solow model is adequate to describe the prevailing reality. For this purpose, the methodology consist in present a recapitulation about the formalization of the Solow model, this is made with the pretension to identify the interrelationships that

determine the steady state. Then, a theoretical revision of the concept of convergence is offered; with the objective to have a theoretical base to realize an empirical study using the data of the federative entities of México. The investigation has three auto-conclusive chapters that contain the aspects before mentioned: The economic theory that predicts the phenomenon of convergence, the theory about the phenomenon itself, and the empirical evidence using the economy of Mexico. In the last chapter of the investigation, there is the conclusion of the empiric analysis; there is indeed statistical evidence that indicates that the prediction on convergence is adequate to describe the Mexican economy, considering the observed statistical significance of the estimated parameters that were consistent with heteroscedasticity and autocorrelation; this parameters were determined using the econometrics theory about the phenomenon of convergence.

Classification JEL; O47, E13, O41.

<b>INDICE</b>	
Introducción general .....	6
Capítulo 1 .....	8
<b>EL MODELO DE SOLOW</b> .....	8
1.1    Introducción .....	8
1.2    Formalización de Robert Solow .....	8
1.3    Modelizaciones subsecuentes del modelo de Solow .....	9
1.3.1    Ecuación fundamental del modelo de Solow y el estado estacionario .....	12
1.3.2    La regla de oro de la acumulación de capital .....	13
1.3.3    Análisis de la dinámica de la tasa de crecimiento del capital per cápita .....	14
1.3.4    Introducción de la tecnología al modelo de Solow.....	17
1.4    Conclusiones .....	18
Capítulo 2 .....	20
<b>LA HIPÓTESIS DE CONVERGENCIA ECONÓMICA</b> .....	20
2.1    Introducción .....	20
2.2    Clasificación de hipótesis de convergencia .....	20
2.3    Hipótesis de convergencia en el modelo de Solow.....	22
2.3.1    Convergencia $\beta$ Absoluta.....	25
2.3.2    Convergencia $\sigma$ .....	28
2.3.3    Trabajos empíricos previos de convergencia estatal .....	30
2.4    Conclusiones .....	31
Capítulo 3 .....	33
<b>ESTUDIO DE CONVERGENCIA ESTATAL EN MEXICO</b> .....	33
3.1    Introducción .....	33
3.2    Los datos económicos .....	33
3.2.1    Ingreso per cápita de las entidades federativas y su dispersión.....	34
3.2.2    Tasa de crecimiento per cápita de las Entidades Federativas.....	36
3.3    Evidencia Empírica; Convergencia $\beta$ Absoluta. ....	37
3.4    Evidencia Empírica; Convergencia $\sigma$ .....	39
3.5    Conclusiones .....	40
Conclusiones generales.....	41

Bibliografía.....	43
Anexo .....	45

## **Introducción general**

Este trabajo de investigación está enmarcado en la discusión de la existencia de la convergencia regional haciéndose énfasis en la teorización del crecimiento económico descrito por la teoría económica ortodoxa, en ese sentido se busca revisar los determinantes teóricos que conducen a la existencia de convergencia en el ingreso per cápita, para después concatenar la teoría con la investigación empírica; haciendo una medición econométrica de dicho fenómeno. De este modo, la presente investigación tiene dos objetivos: uno general y otro particular, dado el fundamento teórico ortodoxo tomando como referente al modelo de Solow, el objetivo general consiste en analizar la conceptualización de lo que se ha denominado hipótesis de convergencia y la forma econométrica para determinar su existencia. El objetivo particular es el de analizar empíricamente si es adecuada la hipótesis de convergencia para describir (bajo una concepción regional) el comportamiento del ingreso per cápita de México; utilizándose datos de las entidades federativas del periodo 2003-2016. Metodológicamente se recurren a fuentes primarias y secundarias para exponer las proposiciones teóricas y empíricas sobre la hipótesis de convergencia, y la forma expositiva del trabajo está compuesta por tres capítulos auto-contenidos:

### i) La teoría económica

En este respecto se hace una revisión exhaustiva del modelo de Solow, empezando con una descripción general de la concepción original del mismo, y después, se procede a implantar un marco analítico explicando como se ha formalizado este modelo bajo los enfoques que son de los más utilizados en la enseñanza de la teoría del crecimiento económico, que por lo general incluyen a la función de producción del tipo Cobb-Douglass, tasas de depreciación del capital, de ahorro y del crecimiento poblacional constantes, y pueden o no utilizar a la tecnología como una variable explicativa.

### ii) La hipótesis de convergencia

Una vez expuesto lo que implica el modelo de Solow, como los que ocasionan los cambios repentinos y permanentes en los parámetros, entonces, puede dilucidarse como se da el proceso de convergencia de manera teórica a través de las tasas de crecimiento del capital físico, y revelando que al existir un estado estacionario donde solo se halla un nivel de

ingreso per cápita correspondiente al mismo, se aduce la igualación del ingreso entre varias economías. Lo anterior se formaliza para posteriormente exponer el nexo que existe entre esto con las especificaciones econométricas, haciendo énfasis en la diferencia entre las denominadas convergencia- $\beta$  absoluta y la convergencia- $\sigma$ , destacando que la primera es una condición necesaria para la segunda.

iii) Análisis empírico

Este punto tiene por objeto comprobar si la base teórica del modelo de Solow es adecuada para describir el proceso de convergencia en un aspecto regional, por lo que se utiliza una especificación econométrica que emana del análisis de ese modelo, es decir para verificarse la convergencia- $\beta$  absoluta y la convergencia- $\sigma$  utilizándose los datos de las entidades federativas de México para hacer dicho estudio.

## Capítulo 1

### EL MODELO DE SOLOW

#### 1.1 Introducción

Desde la década de 1950 el modelo Solow ha sido un importante referente para la teoría neoclásica del crecimiento económico, es por ello que en este capítulo se hará un recuento de la modelización del mismo, haciendo énfasis en las formalizaciones posteriores al modelo originalmente planteado por Robert Solow (1956), que ponen especial atención al análisis de la evolución de las variables hacia su nivel de estado estacionario, y que a diferencia del planteamiento original; explícita y formalmente toman en cuenta la depreciación del capital, y en su caso, la posible introducción de la tecnología como una variable del modelo (aunque como se verá, no de manera obligatoria), así como el análisis de lo que ocasionan los cambios de los parámetros sobre la tasa de crecimiento del capital per cápita, y en consecuencia del ingreso; principalmente en un intento por aumentar el consumo en el estado estacionario.

#### 1.2 Formalización de Robert Solow

Robert M. Solow publicó su modelo de crecimiento<sup>1</sup> en “The Quarterly Journal of Economics” en el año de 1956, este surge como una crítica al modelo keynesiano Harrod-Domar, con el propósito de hacer énfasis sobre uno de sus supuestos más restrictivos: “La imposibilidad de sustituir el factor de producción trabajo por capital en la producción”<sup>2</sup>.

Por su parte, el modelo desarrollado por Solow sustituye el supuesto anterior por el de “que el único producto (en la economía) es producido por trabajo y capital bajo las condiciones neoclásicas estándares”<sup>3</sup>, en otras palabras, sin considerar como única la imposibilidad de sustitución de factores en la función de producción.

---

<sup>1</sup> Es un modelo que considera un único producto en la economía.

<sup>2</sup> Solow, R. (1956): “A contribution to the theory of economic growth”, The Quarterly Journal of Economics, Vol. 70, No. 1, p. 65.

<sup>3</sup> *Ibidem*, p. 66.



La formalización original de Robert Solow consta de tres ecuaciones estructurales:

1. Una función de producción con la posibilidad de sustitución de los factores  $Y_t = F(K_t, L_t)$ , esta expresa el nivel de producto agregado dados los dos factores de producción: trabajo, y capital físico. Tomando en consideración de forma implícita que “el producto debe ser entendido como producto neto después de tomar en cuenta la depreciación del capital”<sup>4</sup>, aunque en la evolución del mismo, es decir en la segunda ecuación estructural:
2.  $\dot{K}_t = sY_t$  no se considera formalmente la depreciación.
3. La tercera ecuación estructural describe que el factor trabajo crece de forma exponencial a una tasa constante “ $n$ ” ( $L_t = L_0 e^{nt}$ ).

Por último, cabría mencionar que a diferencia de las formalizaciones posteriores, en todo momento Robert Solow hace un análisis macroeconómico agregado.

### 1.3 Modelizaciones subsecuentes del modelo de Solow

Mediante las modelizaciones posteriores al planteamiento original, en la actualidad el modelo de Solow es un obligado referente para el estudio del crecimiento económico, destacándose los trabajos, por ejemplo, de economistas renombrados como Sala I Martin, Robert Barro y David Romer. Estas formalizaciones subsecuentes a diferencia del modelo original, incluyen al análisis la depreciación del capital en la ecuación de la evolución del mismo, y se utiliza una función de producción con una forma funcional del tipo Cobb-Douglass.

Sin embargo, estas formalizaciones tienen diferencias sustanciales entre sí, como lo que sucede con el análisis per cápita de las variables, cabría mencionar el caso particular de David Romer; ya que hace su modelización considerando unidades efectivas de trabajo y no utiliza variables en términos per cápita *per se*. De igual forma cabe discurrir sobre la diferencia en lo que respecta a la llamada parte de inversión de reposición, ya que dependiendo del autor considerado, este componente puede o no contener la tasa de

---

<sup>4</sup> *Ídem*.

crecimiento tecnológico “ $g$ ”, esto dependerá de que se utilice (o no) como una variable en el modelo a la tecnología<sup>5</sup>, denotada por  $A_t$ .

El modelo sin incluir explícitamente a la tecnología y considerando las formalizaciones subsecuentes al planteamiento original de Solow está conformado por:

Ecuaciones estructurales del modelo de Solow			
Ecuación	Términos agregados		Términos per cápita*
[01]	$Y_t = K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}$		$y_t = k_t^\alpha$
[02]	$Y_t = C_t + I_t$		$y_t = c_t + i_t$
[03]	$C_t = (1 - s)Y_t$		$c_t = (1 - s)y_t$
[04]	$\dot{K}_t = I_t - \delta K_t$		$\dot{k}_t = i_t - (n + \delta)k_t$
[05]	$L_t = L_0 e^{nt}$		-**
Variables			
Corto Plazo	Exógenas:	$K_t, L_t$	$k_t$
	Endógenas:	$Y_t, C_t, I_t, \dot{K}_t, \dot{L}_t$	$y_t, c_t, i_t, \dot{k}_t \neq 0$
Largo Plazo	Exógenas:	$\dot{K}_t, \dot{L}_t$	$\dot{k}_t = 0$
	Endógenas:	$Y_t, C_t, I_t, K_t, L_t$	$y_t, c_t, i_t, k_t$
Parámetros:		$s, \alpha, n, \delta$	
Elaboración propia, a partir de lo expuesto por Sala I Martin (2000). Notas: *Sala I Martin hace el supuesto de que la población es idéntica a la cantidad de trabajadores. Véase; Martín, S. (2000): “ <i>Apuntes de crecimiento económico</i> ”, Antoni Bosch, p.19. **En el análisis per cápita puede considerarse el crecimiento de la población como un parámetro dado, es decir no necesariamente debe representarse una ecuación estructural, esto es válido siempre que todas las variables ya estén representadas en términos per cápita, pero aun así puede describirse que el parámetro proviene de considerar $\frac{\dot{L}_t}{L_t} = n$ .			

Siguiendo la metodología de Sala I Martin (2000) y Barro (1997) se procede a describir y desarrollar las ecuaciones en términos agregados; para con ello determinar la ecuación fundamental del modelo de Solow.

La ecuación [01] es la ecuación de producción agregada de la economía dados los factores productivos; capital y trabajo, este último considerándosele una tasa de crecimiento

<sup>5</sup> Para Sala I Martin la tecnología o conocimiento “es una fórmula que indique como combinar capital y trabajo en las proporciones precisas”, es por ese motivo que la tecnología puede entrar en forma multiplicativa en la función de producción, véase: Martín, S. (2000): “*Apuntes de crecimiento económico*”, Antoni Bosch, p.12.

constante de acuerdo a lo que expresa [05]. Para ambos factores se toma en cuenta su contribución particular al producto final mediante el parámetro  $\alpha$ .

Dado que la forma funcional de la ecuación [01] es de tipo Cobb-Douglas, se cumple con los siguientes aspectos:

- Rendimientos constantes a escala, es decir, existe homogeneidad de grado uno de la función con respecto a los factores de producción y la productividad marginal de los mismo es positiva pero decreciente.
- Se cumplen las condiciones Inada, las cuales indican que a mayor cantidad del factor de producción; su productividad marginal tenderá a ser cero, y viceversa.

$$\begin{array}{ll} \lim_{K \rightarrow \infty} \frac{\partial F(K_t, L_t)}{\partial K_t} = 0 & \lim_{K \rightarrow 0} \frac{\partial F(K_t, L_t)}{\partial K_t} = \infty \\ \lim_{L \rightarrow \infty} \frac{\partial F(K_t, L_t)}{\partial L_t} = 0 & \lim_{L \rightarrow 0} \frac{\partial F(K_t, L_t)}{\partial L_t} = \infty \end{array}$$

La función [02] es en realidad la ecuación de igualdad del Producto Interno Bruto y el gasto agregado. Dada esta especificación en el modelo, se implica que se analiza una economía sin considerar el gasto de gobierno ni las exportaciones netas. Lo anterior no es una limitante al modelo, ya que se busca analizar en el largo plazo el papel de la inversión<sup>6</sup>, y en específico el rol de la acumulación de capital.

La ecuación [03] es el nivel de consumo agregado, definido como una relación directamente a la renta nacional, considerando una tasa de ahorro constante, es decir que según lo descrito en esta ecuación las familias siempre consumen una fracción constante de su renta.

La ecuación [04] describe que el nivel de inversión neta agregada estará determinado por la resta de la inversión bruta y la depreciación del factor de producción capital (físico) a una tasa constante  $\delta$ .<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> “Este supuesto ayuda a concentrarnos en el papel que desempeña la inversión en el proceso de crecimiento económico.”, *Ibíd.*, p. 11.

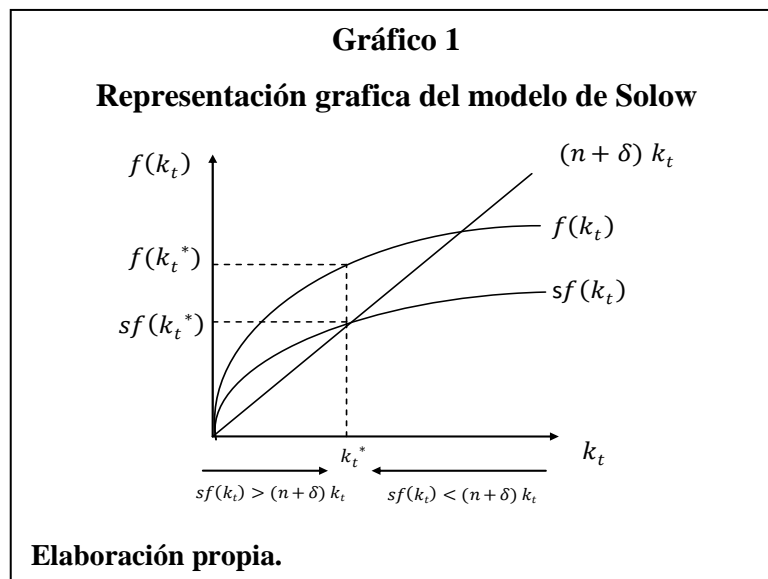
<sup>7</sup> Esta ecuación es la forma explícita en la que se toma en cuenta la depreciación del capital en la formalización subsecuente a la versión original de Solow.

### 1.3.1 Ecuación fundamental del modelo de Solow y el estado estacionario

Despejando la inversión bruta de la ecuación [04] y sustituyéndola al igual que las ecuaciones [01] y [03] en la ecuación [02], se obtiene la ecuación de la evolución del capital agregado  $\dot{K}_t = s(K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}) - \delta K_t$ . Ahora, considerando que la función de producción es homogénea de grado uno y que la definición de capital per cápita es  $k_t = \frac{K_t}{L_t}$ , entonces puede expresarse la evolución del mismo como:

$$\dot{k}_t = sk_t^\alpha - (n + \delta)k_t$$

A esta expresión también se le llama “ecuación fundamental del modelo de Solow”, y se compone de la resta de la inversión y la reposición del capital físico, ambos elementos expresados en términos per cápita. Cuando estos se igualan se obtiene el llamado “estado estacionario”, definido matemáticamente como  $\dot{k}_t = 0$ , es decir cuando el cambio del capital per cápita en el tiempo es nulo. Mientras exista la desigualdad entre los componentes  $sk_t^\alpha \neq (n + \delta)k_t$ , en ese caso, siempre que el sistema económico sea estable, el capital físico evolucionará hasta alcanzar el estado estacionario. Con lo anterior y utilizando la ecuación fundamental del modelo de Solow es también posible obtener los niveles per cápita del capital [06], la producción [07], la inversión [08], y el consumo [09] en el estado estacionario, y ya establecidos estos niveles, se puede representar de manera gráfica el modelo de Solow (Gráfico 1).



Variables per cápita en estado estacionario	
[06]	$k^* = \left(\frac{s}{n + \delta}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$
[07]	$y^* = f(k^*) = k^{*\alpha} = \left(\frac{s}{n + \delta}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$
[08]	$i^* = sf(k^*) = s\left(\frac{s}{n + \delta}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$
[09]	$c^* = (1 - s)f(k^*) = (1 - s)\left(\frac{s}{n + \delta}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$
Elaboración propia, a partir de lo expuesto por Sala I Martin (2000).	

### 1.3.2 La regla de oro de la acumulación de capital

Al considerar la existencia del estado estacionario, se define “la regla de oro de la acumulación de capital” como el estado de la economía que conlleva el mayor nivel de consumo per cápita, tomando en cuenta la igualdad de la inversión y la inversión de reposición per cápita que da lugar a la ecuación [06], se determina el mismo maximizando la ecuación [09] con respecto del nivel de capital per cápita.

Despejando  $k_t$  de la condición de primer orden generada por la maximización de [09] se obtiene la llamada " $k^*_{oro}$ ", es decir el stock de capital en estado estacionario que maximiza el consumo:

$$k^*_{oro} = \left(\frac{\alpha}{n + \delta}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

Sustituyendo  $k^*_{oro}$  en la ecuación [06] se puede obtener el nivel de la tasa de ahorro que permite alcanzar el nivel máximo de consumo per cápita, la cual debe ser igual a la participación del capital en la creación del producto:

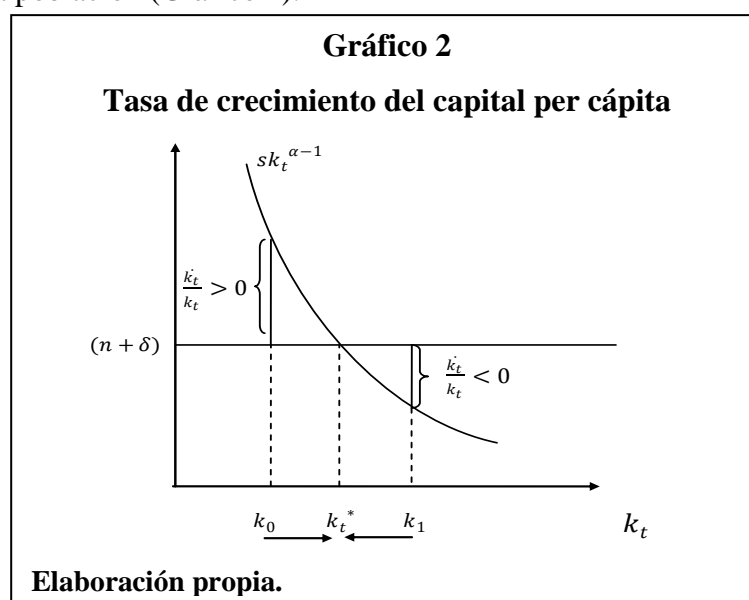
$$s_{oro} = \alpha$$

### 1.3.3 Análisis de la dinámica de la tasa de crecimiento del capital per cápita

La dinámica de la tasa de crecimiento del capital per cápita se determina a partir de dividir la ecuación  $\dot{k}_t = sk_t^\alpha - (n + \delta)k_t$  entre el capital per cápita, esta tasa estará conformada por la resta de dos componentes; el “producto medio del capital”<sup>8</sup> multiplicado por la tasa de ahorro  $sk_t^{\alpha-1}$ , y la suma de la tasa de crecimiento de la población y la de depreciación  $(n + \delta)$ , en realidad  $\frac{\dot{k}_t}{k_t}$  “es una función decreciente para todo  $k_t$ ”<sup>9</sup>.

Dados los rendimientos decrecientes del capital, conforme sea menor el nivel de este factor, entonces la tasa de crecimiento del mismo tenderá a ser infinita, y en el caso contrario, la tasa tenderá a ser ínfima (o incluso negativa). Así mismo, cuando se esté en el estado estacionario se cumple que  $\frac{\dot{k}_t}{k_t} = 0$ , pero cuando existan stocks de capital con valores inferiores a  $k^*$ , entonces, se tendrá que las tasas de crecimiento correspondientes al capital per cápita serán positivas, mientras que en el caso contrario; es decir cuando los stocks estén por encima de  $k^*$  las mismas serán negativas.

Con lo anterior, es posible deducir los efectos sobre la tasa de crecimiento del capital per cápita que se den a partir de cambios en la tasa de ahorro, depreciación, o de la tasa de crecimiento de la población (Gráfico 2).



<sup>8</sup> Martin, S., *op. cit.*, p.33.

<sup>9</sup> *Ídem.*

Cambios en el mismo sentido de la tasa de crecimiento poblacional o de depreciación del capital físico tienen el efecto idéntico en la tasa de crecimiento del capital per cápita, en otras palabras si una de estas tasas (o las dos) se sitúa en un nivel más alto (repentina y permanentemente) *ceteris paribus*, entonces se encontrará un nuevo estado estacionario a un nivel más bajo de capital per cápita, y en consecuencia la tasa de crecimiento del mismo será negativa hasta alcanzar este nuevo estado estacionario, en el caso contrario; se sigue el mismo proceso dinámico, pero de manera inversa, es decir con una tasa de crecimiento positiva que será más elevada entre más lejos se encuentre del nuevo estado estacionario, hasta que éste mismo sea alcanzado.

Un cambio en la tasa de ahorro desplazará la curva que se forma de la multiplicación de la misma por el producto medio del capital. Si esta tasa aumenta en una sola ocasión de manera permanente; esto provocará que haya (al igual que cuando disminuye  $s$ ) una diferencia entre los componentes que dan lugar al estado estacionario [06], y esto a su vez dará lugar a un nuevo estado estacionario con un nivel de capital per cápita más elevado que antes.

Es evidente que los desplazamientos originados por el aumento de la tasa de ahorro “no consiguen aumentar la tasa de crecimiento a largo plazo (en el estado estacionario), a pesar de que ... consigue aumentar el (nivel del) PIB per cápita a largo plazo, a corto plazo, el consumo se ha reducido”<sup>10</sup>, este efecto sobre el consumo indica que aumentos en la tasa de ahorro no son del todo benéficos para acrecentar todas las variables consideradas en el modelo, de hecho Sala I Martin (2000) hace reflexión sobre la posible situación perjudicial que se generaría en el caso de aumentar la tasa de ahorro de tal forma que se sobrepase el stock de capital per cápita correspondiente al estado estacionario que maximice el consumo<sup>11</sup>.

Al fenómeno en el cual se tiene la desigualdad  $k^*_{oro} < k^*$ , Mankiw (2000) lo describe como una situación en la que una economía tiene un nivel excesivo de capital<sup>12</sup>, e indica que una medida adecuada de política económica sería reducir la tasa de ahorro para

---

<sup>10</sup> *Ibidem*, pp. 36-37.

<sup>11</sup> *Ibidem*, p. 37.

<sup>12</sup> Mankiw, Gregory (2000): “*Macroeconomía*”, Antoni Bosch, p. 312.

incrementar el consumo en el largo plazo. Al respecto cabe describir lo que sucede con las demás variables; al generarse un nuevo estado estacionario por la reducción de la tasa de ahorro, la inversión y con ello la producción en términos per cápita (al igual que el stock de capital) se reducen en un primer momento, y continúan decreciendo a lo largo de la transición hasta llegar al nuevo estado estacionario, esto es efectivamente por la relación que señalan las ecuaciones [07] y [08], pero el consumo no tiene ese mismo patrón de comportamiento, dado que en un periodo particular ha bajado el ahorro, entonces el consumo per cápita debe de aumentar en ese mismo instante, pero irá decreciendo con el paso del tiempo hasta que se alcance el nuevo estado estacionario. Debe considerarse que aun con el decrecimiento del consumo per cápita durante la dinámica de transición; en el nuevo estado estacionario, el nivel de éste estará por encima del que se encontraba en el punto anterior.

En el caso de que  $k^*_{oro} > k^*$ , un aumento instantáneo y permanente de la tasa de ahorro provoca un aumento inmediato de la inversión, con ello también de la producción per cápita, estas variables crecen hasta tener un nivel más alto que antes (en el nuevo  $k^*$ ). En este caso el consumo tendrá en un inicio una contracción, seguido de un aumento durante la transición hasta llegar al nuevo estado estacionario, donde se alcanzará un nivel del mismo más alto que antes.

A partir de los casos anteriores se pueden deducir que; aumentos del  $k^*$  (con el correspondiente cambio de  $s$ ) por debajo del nivel correspondiente al estado estacionario de la regla de oro, incrementan el consumo per cápita en el largo plazo, y por el contrario, aumentos  $k^*$  por encima de  $k^*_{oro}$  reducen  $c^*$ . Esto es porque en el punto donde se maximiza el consumo debe cumplirse la condición implícita para obtener  $k_{oro}$ , es decir que a ese nivel de stock de capital per cápita, la pendiente de la función de producción debe ser igual a la pendiente de la recta de inversión de reposición, sin dejar de considerar los rendimientos decrecientes de capital, en otras palabras, formalmente debe respetarse la igualdad:

$$n + \delta = \alpha k^*_{oro}{}^{\alpha-1}$$



Es posible determinar la respuesta del consumo per cápita a un cambio repentino y permanente en la tasa de ahorro sin necesidad de tomar como referencia a  $k^*_{oro}$ , esto es especialmente importante porque el nivel del consumo en un nuevo estado estacionario dependerá de las pendientes de la función de producción y de la recta de inversión de reposición evaluados en el nuevo estado estacionario. Esto se muestra en que la respuesta del consumo per cápita a cambios de  $s$ , que se formaliza derivando la ecuación [09] con respecto a la misma tasa de ahorro, da como resultado:

$$\frac{dc^*}{ds} = (\alpha k^{*\alpha-1} - (n + \delta)) \frac{dk^*}{ds}$$

### 1.3.4 Introducción de la tecnología al modelo de Solow

Hasta el momento, el modelo de Solow se ha analizado sin incluir a la tecnología como variable exógena ni como una constante. Sin embargo, esta puede agregarse en la función de producción asumiéndose que al igual que el factor trabajo tiene una tasa de crecimiento exponencial, es decir  $A_t = A_0 e^{gt}$ , o bien puede ser incluida como una constante “A”.

Agregándose la tecnología como una variable exógena en la ecuación [01] esta pasará a ser  $Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha}$ , y con ello puede hacerse un análisis como lo hace David Romer (2002); en unidades efectivas de trabajo, sin modificar en absoluto la esencia explicativa de las ecuaciones anteriormente expuestas.

Para obtener la ecuación fundamental del modelo de Solow en términos de unidades efectivas de trabajo; se deriva la expresión  $k_t = \frac{K_t}{A_t L_t}$  que es la definición del capital en términos de unidades efectivas de trabajo, y considerando [04] se obtiene:

$$\dot{k}_t = s y_t - (n + \delta + g) k_t$$

Sin embargo, el mismo David Romer es consciente de las limitaciones teóricas y empíricas de hacer el análisis en términos de unidades efectivas de trabajo; “La variable no es sino un cajón de sastre de todos aquellos factores distintos del capital y el trabajo que pueden influir sobre el nivel de producción ... una interpretación natural de esta variable consiste en identificarla con el nivel de conocimientos abstractos (como stock de conocimientos)...

Hay otras interpretaciones posibles de  $A_t$  “podría ser la educación y las cualificaciones de la fuerza de trabajo, el grado de definición de los derechos de propiedad,…”<sup>13</sup>.

Debe considerarse (por lo que implica) que no es trivial la discusión de agregar o no a la tecnología en el modelo, cabe mencionar que la tecnología como tal no era considerada en el planteamiento original de Robert Solow (por lo menos no formalmente), sí la tecnología no es considerada o lo es como en el análisis de Romer (2002) se puede comprobar que la tasa de crecimiento del producto per cápita en el estado estacionario sería nula, ya que de hecho esta tasa es “proporcional a la tasa de crecimiento (del capital) per cápita”<sup>14</sup>, formalmente esto se indica como:

$$\frac{\dot{y}_t}{y_t} = \alpha \frac{\dot{k}_t}{k_t}$$

Sin embargo, en un análisis de unidades efectivas de trabajo y considerando a la tecnología como una variable exógena (con una tasa de crecimiento exponencial), se obtiene que la tasa de crecimiento del capital y del producto per cápita en el estado estacionario sería la misma, estas pueden calcularse a partir de la definición de dichas variables en términos de unidades efectivas de trabajo:

$$\frac{Y_t}{A_t L_t} = y_t, \frac{K_t}{A_t L_t} = k_t$$

Despejando las expresiones para obtener términos per cápita, y con ellas posteriormente aplicando logaritmos y derivando con respecto al tiempo, se obtiene que las tasas de crecimiento de ambos términos sería igual a “ $g$ ”.

#### 1.4 Conclusiones

En resumen, se incluya o no el conocimiento o la tecnología como una variable en la formalización, la economía tenderá al estado estacionario; estipulado en el punto en que se dé la igualdad entre los términos que componen la ecuación fundamental del modelo de Solow. Esto ocurrirá independientemente si el estado estacionario determinado a una cierta

---

<sup>13</sup> Romer, D. (2002): “*Macroeconomía Avanzada*”, McGraw Hill, p.24.

<sup>14</sup> Martin, S., *op. cit.*, p.32.

tasa de ahorro particular es (o no) donde se maximiza el consumo per cápita<sup>15</sup>, por lo que cuando ocurra un cambio en los parámetros será pertinente determinar los efectos de los mismos sobre las variables a corto y a largo plazo.

En torno a la dinámica debe de tomarse en cuenta que la tasa de crecimiento del capital per cápita tenderá a ser más elevada entre más alejado este el stock de capital inicial con respecto al estado estacionario, y por el contrario, la tasa será más baja entre más cerca se localice de éste, sin dejar de considerar que la tasa de crecimiento puede ser negativa cuando el stock de capital se encuentre por encima del estado estacionario, y lo mismo sucede con la tasa de crecimiento del producto per cápita al ser proporcional a la del capital.

Sin embargo, las tasas de crecimiento del capital y del producto per cápita serán las mismas en el largo plazo, esto es así sin importar si el análisis se hace a partir de unidades efectivas de trabajo, es decir considerando a la tecnología como una variable en el modelo, o si éste se hace directamente en términos per cápita sin considerar explícitamente al conocimiento en la formalización subyace.

---

<sup>15</sup> En el modelo de Solow es posible alcanzar la “regla de oro”, mientras que en otros modelos (por ejemplo en el modelo de Ramsey) no es posible alcanzar el estado estacionario correspondiente.

## Capítulo 2

### LA HIPÓTESIS DE CONVERGENCIA ECONÓMICA

#### 2.1 Introducción

El presente capítulo tiene por objetivo realizar una revisión teórica y empírica del concepto de hipótesis de convergencia, haciendo énfasis en el significado de convergencia absoluta y la diferencia que existe con la convergencia condicional, para con ello comparar el aspecto de la reducción de la dispersión del ingreso, la denominada convergencia- $\sigma$  que surge como resultado de una crítica a la convergencia- $\beta$ , dejando a esta última como una condición necesaria pero no suficiente para determinar la existencia de convergencia entre un conjunto previsto de economías a analizar.

Todo lo anterior se hace con el propósito de determinar una especificación econométrica que permita obtener evidencia estadística sobre el fenómeno de convergencia, explicando su nexo analítico con el modelo de Solow, ya que éste a su vez, funge como referente teórico de existencia de convergencia entre economías que compartan un mismo estado estacionario.

#### 2.2 Clasificación de hipótesis de convergencia

Galor (1996) pone en evidencia las diferentes concepciones que tienden a surgir entre los economistas frente al fenómeno de convergencia, en ese sentido presenta tres clasificaciones con su respectiva definición, haciéndose énfasis en lo que se ha dado a entender en cada caso en el campo de la investigación empírica:

- i) Hipótesis de convergencia absoluta: “los ingresos per cápita de los países convergen entre sí en el largo plazo, independientemente de sus condiciones iniciales”<sup>16</sup>,

---

<sup>16</sup> Galor, O. (1996): “*Convergence?: Inferences from Theoretical Models*”, *Economic Journal*, Vol. 106, núm. 437, p. 1056.

En investigación empírica, se ha llamado convergencia absoluta al fenómeno en cuestión que se verifica sin la necesidad de tomar en cuenta el grado de similitud que exista entre las economías analizadas, lo anterior en virtud de que implícitamente estas tienden a un mismo estado estacionario.

- ii) Teóricamente se ha llamado hipótesis de convergencia condicional al fenómeno en el cual: “los ingresos per cápita de los países que son similares en sus características estructurales (por ejemplo: preferencias, tecnología, tasas de crecimiento de la población, políticas de gobierno, etc.) convergen entre sí en el largo plazo independiente de sus condiciones iniciales”<sup>17</sup>.
- iii) Hipótesis de convergencia de club: “los ingresos per cápita de los países que son similares en sus características estructurales convergen entre sí en el largo plazo, solo si sus condiciones iniciales son similares también”<sup>18</sup>.

Para el análisis empírico el término de convergencia absoluta hace referencia a que es necesario tomar en cuenta las diferencias que existan entre las economías a analizar, pues a pesar de que sean similares en sus características estructurales, estas pueden tener una diferencia estadísticamente significativa en alguno de los determinantes de la tasa de crecimiento en su dinámica de transición al largo plazo (como los descritos teóricamente en el modelo de Solow), esto implícitamente significa que un subconjunto de las economías analizadas no necesariamente tiene y tiende a un mismo estado estacionario<sup>19</sup>, pero que al tomar en cuenta esas diferencias estructurales pudiera encontrarse evidencia estadística para determinar la existencia de convergencia, ya sea la denominada teóricamente condicional o de club (en el caso de que se tomen en cuenta las condiciones iniciales como determinantes del estado estacionario).

---

<sup>17</sup> *Ídem.*

<sup>18</sup> *Ibídem.*

<sup>19</sup> Véase; Guillen, L. (2013): “*Crecimiento y convergencia económica: una revisión para Colombia*”. Revista Dimensión Empresarial, vol. 11, Núm. 1, p. 67.

### 2.3 Hipótesis de convergencia en el modelo de Solow

Barro (1997), al igual que Romer (2002) y Sala I Martín (2000) utiliza los términos de “economías pobres y ricas”<sup>20</sup> para explicar la hipótesis de convergencia en el modelo de Solow, indicando que el proceso de convergencia radica en que las primeras “alcanzarían” a las segundas; siempre que exista un estado estacionario común para esos dos tipos de economías. Pero esta explicación es inexacta, porque en realidad puede que una “economía pobre” llegue antes al estado estacionario que una “economía rica”, y en ese caso, debería indicarse que es la economía más rica la que alcanzase a una que inicialmente tuviera un nivel de capital y producto per cápita menor (la denominada como economía pobre), aunque en ese caso debería de comprobarse una tasa de crecimiento negativa por parte del “país rico”. Respecto a la hipótesis de convergencia, Barro (1997) concluye que en el modelo de Solow este fenómeno es una “predicción fundamental”<sup>21</sup>.

Por su parte, Romer (2002) con respecto de la formalización del modelo de Solow concibe tres aspectos relevantes a tomar en cuenta sobre la hipótesis de convergencia:

1. “En primer lugar, el modelo de Solow predice que los países convergen hacia un estado estacionario; así pues, en la medida en que las diferencias en la producción por trabajador se explican por qué los países se encuentran en diferentes puntos sobre sus respectivas sendas de crecimiento, es lógico imaginar que en algún momento los países más pobres den alcance a los más ricos...”<sup>22</sup>.
2. Bajo las condiciones de Inada “el modelo de Solow implica que la tasa de rendimiento del capital es menor en aquellos países que disponen de un mayor capital ... el capital tendría un incentivo para desplazarse de los países más ricos a los más pobres, lo que de nuevo hace más verosímil la convergencia”<sup>23</sup>.
3. “...es posible que las diferencias internacionales en los niveles de renta se deban a que algunos países no están explotando las mejores técnicas disponibles. Estas

---

<sup>20</sup> Barro, R., *et al* (1997): “*Macroeconomía: Teoría y política*”, Mc graw Hill, p. 336.

<sup>21</sup> *Ídem*.

<sup>22</sup> Romer, D., *op. cit.*, p.33.

<sup>23</sup> *Ídem*.

diferencias tenderían a reducirse a medida que los países más pobres tuvieran acceso a las técnicas más innovadoras”<sup>24</sup>.

Bajo el enfoque de la investigación empírica Romer (2002) da una explicación sencilla pero certera del fenómeno: “existe convergencia ... si los países con niveles de renta (en términos per cápita) superiores experimentarían un menor crecimiento económico”<sup>25</sup>.

En realidad el fenómeno de convergencia bajo el enfoque del modelo de Solow consiste en que economías con un mismo estado estacionario (por consiguiente con una igual tasa de ahorro, de crecimiento de la población, de depreciación de capital) pero con distintos valores iniciales de capital (y producto) per cápita, tomando en consideración la propia dinámica de la evolución del capital revelada por los componentes de la ecuación fundamental del modelo de Solow (la inversión y la inversión de reposición), se “alcanzarán” los ingresos per cápita de las economías que estén inicialmente más cerca del estado estacionario y lleguen antes a ese mismo punto  $k^*$ .

Por su parte, Sala I Martin (2000) al hablar del modelo de Solow hace referencia a que las economías analizadas tendrán convergencia absoluta si las economías tienen un mismo estado estacionario, según se aprecia en el siguiente extracto: “el modelo neoclásico que acabamos de esbozar sólo predice la existencia de una relación negativa entre la renta y las tasas de crecimiento, en el caso de que la única diferencia entre los países resida en sus stocks iniciales de capital”<sup>26</sup>.

Es decir que si existen diferencias estructurales muy marcadas entre las economías analizadas, en ese caso, Sala I Martin (2000) afirma que “el modelo no predice un mayor crecimiento para los países más pobres”<sup>27</sup>. Sin embargo, a pesar de que existan diferencias importantes el modelo predice convergencia “en el sentido de que la tasa de crecimiento de una economía está directamente relacionada con la distancia a la que se sitúa de su estado estacionario”<sup>28</sup>. Tomando en cuenta los rendimientos decrecientes del capital y que se analiza una función de producción que cumple con las condiciones de Inada, entonces con

---

<sup>24</sup> *Ibidem*.

<sup>25</sup> *Ibidem*.

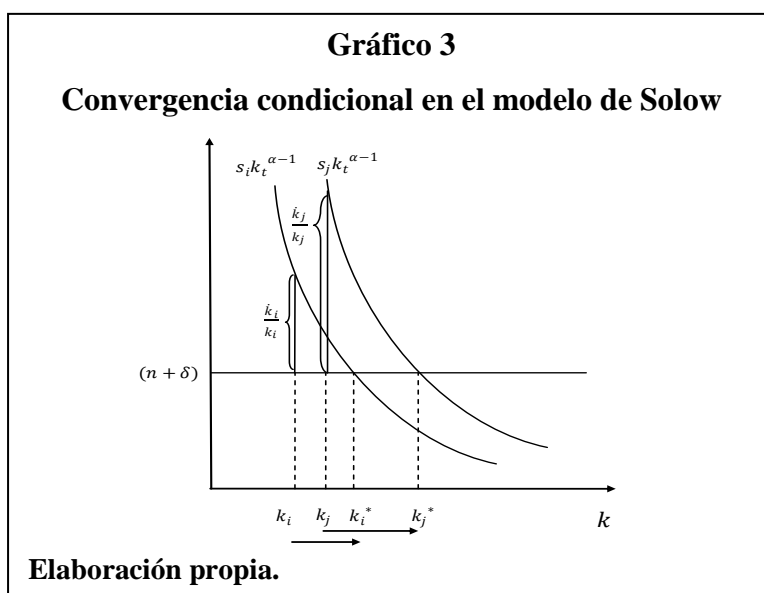
<sup>26</sup> Martin, S., *op. cit.*, p.46.

<sup>27</sup> *Ibidem*, p. 47.

<sup>28</sup> *Ídem*.

la base teórica del modelo de Solow puede buscarse evidencia empírica de convergencia condicional si es necesario (es decir, en el caso de que no haya evidencia de convergencia absoluta).

Lo anterior se puede aducir gráficamente<sup>29</sup> (Gráfico 3), considérese dos tipos de economías con parámetros idénticos exceptuando igualdad entre las tasas de ahorro, y con un stock inicial de capital distinto, el subíndice  $i$  corresponde a representar a una economía “pobre”, mientras que el subíndice  $j$  representa a una economía “rica”, sí se tiene que  $s_i < s_j$ , entonces aun cuando las economías en principio tuvieran un mismo stock  $k_i = k_j$ , en la dinámica del corto plazo hacia el estado estacionario se comprueba que no necesariamente se predice por regla general que las economías con menos capital crecen a un nivel más elevado que las que tienen un nivel mayor, es decir que las economías en toda la transición a sus respectivos estados estacionarios  $k_i^* \neq k_j^*$ , se verifica que  $\frac{\dot{k}_i}{k_i} < \frac{\dot{k}_j}{k_j}$ , esto no ocurriría en el caso de que se considere que el estado estacionario sea el mismo para ambas economías.



Este tipo de convergencia podría ser descrita por la teoría económica heterodoxa como una descripción matemática de lo que ocurre cuando hay diferencias estructurales entre economías, reafirmado la idea de divergencia, en el sentido de que (utilizando la misma

<sup>29</sup> *Ibidem*, p. 46.



terminología) los países pobres no alcanzan a los países ricos cuando existen diferentes estados estacionarios, lo que concuerda a grandes rasgos con la idea de la escuela de CEPAL descrita por Katz (2008) que expone que entre las economías desarrolladas, por antonomasia, las ricas; tienden a homogeneizar el nivel de vida, pero entre las economías periféricas por diferentes razones estructurales, no pueden alcanzar el nivel de las primeras.

### 2.3.1 Convergencia $\beta$ Absoluta

Es posible utilizar métodos econométricos para identificar la existencia (o no) del fenómeno de convergencia entre distintas economías. Como puede aducirse de la sección anterior, se busca mostrar una relación estadísticamente significativa de que “economías con un menor nivel de ingreso crecerán más rápido que a aquellas con un nivel de ingreso más alto”<sup>30</sup>.

En el caso particular correspondiente a convergencia absoluta, las economías deben de compartir un estado estacionario en común, y en ese caso, aun sin considerar las diferencias estructurales entre ellas si la hipótesis de convergencia resulta ser cierta para las economías analizadas, entonces se habrá hallado evidencia de que las brechas del ingreso per cápita entre las mismas se van a eliminar en el largo plazo. Lo anterior teóricamente será en virtud de que solo existe un nivel de ingreso que es compatible con el estado estacionario en común.

La base teórica para plantear una regresión econométrica en consistencia con la predicción de convergencia del modelo de Solow se encuentra en Mankiw, Romer & Weil (1992), texto en el cual sin considerar explícitamente a la tecnología en el modelo, a partir de la “aproximación del ingreso en términos logarítmicos alrededor del estado estacionario”<sup>31</sup>, estos autores especifican la ecuación que debe de considerarse para estimar evidencia estadística sobre la hipótesis de reducción del ingreso per cápita entre las economías:

$$\ln(y(t)) - \ln(y(0)) = (1 - e^{-\lambda t}) \ln(y^*) - (1 - e^{-\lambda t}) \ln(y(0))$$

---

<sup>30</sup> Durlauf, S. & Blume, L. (2008): “*The new palgrave dictionary of economics*”, Macmillan Publishers, Vol. 2, p.216.

<sup>31</sup> Mankiw, G.; Romer, D. & Weil D. (1992): “*A contribution to the empirics of economic growth*”, The Quaterly Journal of Economics, Vol. 107, No. 2, p.423.

Esta expresión muestra que “el crecimiento del ingreso es una función de los determinantes del estado estacionario y del nivel inicial del ingreso”<sup>32</sup>, por lo que empíricamente se esperaría un comportamiento del ingreso como el descrito teóricamente en el modelo de Solow. Nótese que en éste caso se está considerando el análisis de convergencia absoluta, ya que en la especificación correspondiente solo hay un nivel de ingreso per cápita consistente con el estado estacionario.

El parámetro  $\lambda$  tiene analíticamente un papel muy importante, ya que muestra el nexo teórico de la especificación econométrica con el modelo de Solow, pues esta especificación en realidad estará determinada a partir de la ecuación fundamental del modelo, como a continuación se observa;  $\lambda$  es la velocidad de convergencia alrededor del estado estacionario, la cual se obtiene de hacer una modificación algebraica sencilla a la ecuación que describe la tasa de crecimiento del capital per cápita<sup>33</sup> de tal forma que se especifique como:

$$\frac{\dot{k}_t}{k_t} = s e^{(\alpha-1)\log(k)} - (n + \delta)$$

Para que con ella a partir de la definición de la velocidad de convergencia como la “medida por cuanto declina la tasa de crecimiento conforme se incrementa el stock de capital en sentido proporcional”<sup>34</sup>:

$$\lambda = - \frac{\partial \left( \frac{\dot{k}_t}{k_t} \right)}{\partial \log(k)}$$

Y considerando que se está analizando la velocidad de convergencia en la “vecindad el estado estacionario”<sup>35</sup>, es decir que debe cumplirse  $s k_t^\alpha = (n + \delta) k_t$ . Cuando se realice la operación correspondiente a  $\lambda$  se obtendrá finalmente la expresión en parámetros:

$$\lambda = (1 - \alpha)(n + \delta)$$

---

<sup>32</sup> *Ídem*.

<sup>33</sup> Robert, B. & Martin, S. (2004): “*Economic growth*”, Massachusetts Institute of Technology, p.57.

<sup>34</sup> *Ibidem*, p. 56.

<sup>35</sup> *Ibidem*, p. 57.

Dado el sustento teórico anterior, en términos discretos se puede plantear una regresión para investigación empírica para con ella determinar si efectivamente existe evidencia sobre la reducción de brechas en el nivel de ingreso per cápita, esta se presenta de la siguiente manera<sup>36</sup>:

$$g_i = k + \log y_{i,0} \beta + u_i \dots (1)$$

Variables y Parámetros de la regresión		
Variables Observadas	$g_i = \text{Log}\left(\frac{y_{i,t}}{y_{i,0}}\right)$	Tasa de crecimiento del ingreso per cápita de la economía “ i ” para un periodo de tiempo especificado.
	$\log y_{i,0}$	Logaritmo del ingreso per cápita de la economía “i” en el periodo inicial de análisis.
Parámetros a estimar	$k$	Intercepto de la regresión; “que agrupa las variables determinantes del estado estacionario” <sup>37</sup> : $g, s, n, \delta$ .
	$\beta$	Coefficiente de convergencia.
	$u_i$	Término estocástico de error.
Elaboración propia con la información de: Durlauf, S. & Blume, L. (2008): “ <i>The new palgrave dictionary of economics</i> ”, Macmillan Publishers, Vol. 2, p.216.		

Si se encuentra significativo el parámetro  $\beta$  y este es negativo, entonces esto quiere decir que existe convergencia absoluta, ya que lo anterior indica que hay una relación inversa entre el crecimiento per cápita del ingreso y su nivel inicial. Sin embargo; “normalmente no se encuentra convergencia absoluta al menos que la muestra esté restringida a países muy similares”<sup>38</sup>.

El término estocástico de error juega un papel muy preponderante, ya que de manera previa al análisis del coeficiente de convergencia debe de verificarse la distribución normal del error estocástico. Esto es así para se pueda sustentar la significancia estadística del parámetro  $\beta$ , sino se cumple la normalidad del término de error la prueba convencional del estadístico  $t$  no será válida.

<sup>36</sup> Durlauf, S. & Blume, L., *op. cit.*, p.216.

<sup>37</sup> Guillen, L., *op. cit.*, p.67.

<sup>38</sup> Durlauf, S. & Blume, L., *op. cit.*, p.216.

En el caso de que se llegue a comprobar que existe convergencia absoluta, entonces no es necesario comprobar la existencia de convergencia condicional, ya que la convergencia será un fenómeno que ocurra independiente de las similitudes o diferencias que existan entre las economías a analizar, es decir las mismas tienden a un estado estacionario en común.

Por la especificación del modelo el parámetro  $\beta$  se puede expresar como:

$$\beta = \frac{\partial \text{Log}\left(\frac{y_{i,t}}{y_{i,0}}\right)}{\partial \log y_{i,0}}$$

Se interpreta en puntos porcentuales, y se define como “la tasa instantánea de convergencia al estado estacionario”<sup>39</sup>.

### 2.3.2 Convergencia $\sigma$

Quah (1993) demostró que la existencia de una relación inversa entre la tasas de crecimiento del ingreso per cápita y su nivel inicial era “una condición necesaria pero no suficiente para generar reducción en la dispersión del ingreso per cápita, que es, en último término, a lo que se refiere la hipótesis de la convergencia absoluta... Para incorporar la crítica de Quah en el análisis Barro y Sala I Martin acuñaron ... (el término) convergencia  $\sigma$  para referirse a la reducción en la dispersión del ingreso per cápita.”<sup>40</sup>

Es posible verificar matemáticamente que la relación inversa entre la tasa y el monto inicial de capital per cápita es una condición necesaria a partir de la ecuación (1). El procedimiento consiste en sumar a ambos lados de dicha ecuación el logaritmo del ingreso per cápita del último periodo de análisis, y posteriormente aplicar el operador de varianza poblacional a cada término<sup>41</sup>, dando como resultado la siguiente ecuación:

$$\sigma^2_t = (1 + \beta)^2 \sigma^2_{t-1} + \sigma^2_u$$

De tal forma que para que la dispersión del ingreso per cápita sea decreciente en el tiempo es necesaria la condición de que  $\beta < 0$ .

<sup>39</sup> Esquivel, G. (1999): “*Convergencia regional en México, 1940-1995*”, Centro de Estudios Económicos, COLMEX. p. 742.

<sup>40</sup> *Ibidem*, p. 728.

<sup>41</sup> Véase; Garza, M., *op. cit.*, p.63.

Ahora bien, económicamente “entre un grupo de entes territoriales existe una tendencia a la convergencia tipo  $\sigma$  si la dispersión del PIB per cápita entre los mismos tiende a reducirse en el tiempo. Esta dispersión suele medirse mediante la desviación estándar”<sup>42</sup>.

Por lo que, para hacer un análisis econométrico de la existencia de convergencia  $\sigma$  se debe estimar la siguiente regresión:

$$\sigma_t = \alpha + \gamma t + \varepsilon_t \dots (2) \quad ^{43}$$

Variables y Parámetros de la regresión		
Variables Observadas	$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\text{Log}(y_{i,t}) - \mu_t)^2}$	Corresponde al cálculo de la desviación estándar del logaritmo del ingreso per cápita de las economías consideradas en cada uno de los periodos de análisis.
	$t$	Corresponde al número del periodo.
Parámetros a estimar	$\alpha$	Intercepto de la regresión.
	$\gamma$	Componente del término de tendencia determinística.
	$\varepsilon_t$	Término estocástico de error.
Elaboración propia con información de: Garza, M. (2006): “ <i>La convergencia regional en España y las causas de convergencia del PIB per cápita en Cataluña</i> ”, Ensayos–Volumen XXV, núm.2, noviembre 2006, p. 59.		

Para verificar la existencia de convergencia  $\sigma$  se busca verificar la presencia de una reducción progresiva del ingreso per cápita conforme avanzan los periodos considerados, es decir que matemáticamente debe cumplirse:

$$\sigma_t < \sigma_{t-1}$$

En ese caso, será necesario que el término de tendencia determinística de la regresión sea negativo:  $\gamma < 0$ , y también que  $\gamma$  sea un parámetro estadísticamente significativo.

<sup>42</sup> Claire, B. & Martínez R. (2016): “*Convergencia Sigma, Convergencia Beta y Condicional en Bolivia, 1990-2011*”, Economía coyuntural, vol.1, núm. 1, p. 29.

<sup>43</sup> *Ídem.*

### 2.3.3 Trabajos empíricos previos de convergencia estatal

En la actualidad existen una gran variedad de trabajos sobre convergencia, en muchos de ellos el análisis de esta hipótesis se hace considerando datos de distintos países, de hecho como se aprecia en los textos de Mankiw (2000), Romer (2002), y otros autores importantes, presentan sus explicaciones sobre la convergencia utilizando los términos de “países ricos” y “países pobres”<sup>44</sup> (aunque en ocasiones también utilizan “economías”), sin embargo, como es fácil de aducir el análisis de convergencia no está solamente limitado un carácter estrictamente internacional.

Por su importancia, cabe mencionar el texto de Barro & Sala I Martin (1991) que toma en consideración el análisis de convergencia no entre países sino directamente entre estados de diferentes regiones de Estados Unidos, lo cual hacen utilizando variables dummy con el propósito de identificar la posible diferencia estadística ocasionada de los estados por pertenecer a distintas regiones consideradas; Este, Oeste, Medio Oeste, y Sur. Es a partir de las estimaciones realizadas, que estos autores concluyen que para el caso de Estados Unidos no se encontraron variaciones importantes del estado estacionario entre las economías analizadas, incluso hacen referencia a que estas variaciones pudieran ser más significativas en el caso de países con características similares como lo son “una muestra de 98 países de la OCDE”<sup>45</sup>. Que paradójicamente en otros textos<sup>46</sup> al tomar a países estructuralmente análogos (por ejemplo, un subconjunto de países de la OCDE) es cuando más evidencia se ha encontrado de convergencia absoluta, misma que implicaría que las economías examinadas no deberían mostrar diferencias en el estado estacionario.

Un trabajo pionero de investigación empírica estatal para el caso de México es el texto de Esquivel (1999), sin embargo, por la falta de datos oficiales, en la mayoría de los casos de análisis se realizaron suposiciones con importantes repercusiones para las conclusiones como la de mantener el supuesto de que “la producción estatal permanece constante entre

---

<sup>44</sup> Por ejemplo véase; Romer, D., *op. cit.*, p.33.

<sup>45</sup> Barro, R. & Martin, S.(1991): “*Convergence across States and Regions*”, *Broking Papers on Economic Activity*, p.112.

<sup>46</sup> Durlauf, S. & Blume, L., *op. cit.*, p.216.

1988 y 1990”<sup>47</sup>. Aun con esas limitaciones, el trabajo de Esquivel es un referente importante cuya fortaleza más substancial es la metodología empírica que emplea y ha sido replicada por varios trabajos subsecuentes.

Otro trabajo importante sobre convergencia estatal para el caso de México que retoma la metodología y el análisis de Esquivel (1999) es el texto de Pérez, Sánchez & Rodríguez (2004) en el cual se resalta la crítica de Quah (1993), pero al igual que Esquivel para incorporar esta crítica al análisis empírico se limitan a representar gráficamente la dispersión (desviación estándar) del ingreso per cápita, es decir que omiten el análisis de la regresión que se encuentra en Garza (2006), por lo que no es posible saber si en su análisis es estadísticamente significativo o no el coeficiente respectivo.

Existen otros textos que para hacer análisis empírico se basan en Esquivel (1999), pero no retoman la teoría del modelo de Solow, es por eso que tienden a mencionarse proposiciones como “se analiza si las regiones más pobres tienden a alcanzar a las ricas”<sup>48</sup> lo que no es un aspecto menor, pues como se adujo en el capítulo anterior ésta proposición no es exacta porque podría implicarse que las primeras ya han alcanzado su estado estacionario.

## 2.4 Conclusiones

Formalmente se determinó de conformidad con la crítica de Quah (1993) el porqué la convergencia  $\beta$  absoluta es una condición necesaria pero no suficiente para validar la hipótesis de convergencia entre distintos niveles iniciales de ingreso per cápita, considerando que esta puede determinarse mediante el análisis de la denominada convergencia  $\sigma$ .

Es decir, además de estimar la regresión asociada a la convergencia  $\beta$  absoluta, será necesario también estimar una regresión referente a la convergencia  $\sigma$  cuya variable

---

<sup>47</sup> Esquivel, G. (1999): “*Convergencia regional en México, 1940-1995*”, Centro de Estudios Económicos, COLMEX. Pg.737

<sup>48</sup> Vergara, Reina; Mejía, Jackeline & Lara, Alicia: “*Crecimiento económico y convergencia regional en el Estado de México*” Paradigma económico, Año 2 Núm. 1, enero-junio 2010, Pg. 5

dependiente será una medida de dispersión del ingreso per cápita en términos logarítmicos de las economías analizadas en cada periodo de análisis, en la cual se tendrá que poner especial atención al término de la tendencia determinística ubicado en la parte sistemática de la regresión, ya que en última instancia éste será el indicativo estadístico de la existencia de convergencia del ingreso en el largo plazo.

Sin embargo, también se dilucidó la utilidad de la regresión asociada a la convergencia  $\beta$  absoluta, ya que permite visualizar teóricamente el nexo que existe entre la investigación empírica de la hipótesis de convergencia y los determinantes del modelo de Solow, tomando como referencia lo indica el texto de Mankiw, Romer & Weil (1992).



## Capítulo 3

### ESTUDIO DE CONVERGENCIA ESTATAL EN MEXICO

#### 3.1 Introducción

El siguiente capítulo tiene por objetivo analizar si existe (o no) evidencia estadística de convergencia, en términos de lo que se ha referido en investigación empírica como análisis de convergencia  $\beta$  absoluta y convergencia  $\sigma$ .

Se han seleccionado las entidades federativas de México (incluyendo a la Ciudad de México) para analizar si es posible determinar la existencia del fenómeno de convergencia en este país considerando el periodo que comprende del año 2003 al 2016, principalmente por la disponibilidad de datos y para observar grosso modo si hay un cambio importante en la distribución del ingreso per cápita estatal a partir de la crisis económica del 2008. La tabla completa que contiene los ingresos per cápita para cada una de las entidades federativas, se encuentra en el anexo de este trabajo.

En primera instancia se dan a conocer descriptivamente las características más relevantes sobre los datos para posteriormente realizar las regresiones con respecto al objetivo de investigación, es decir el de encontrar evidencia de reducción entre las brechas del ingreso per cápita entre las entidades federativas, ulteriormente se procede a realizar estas mismas y se presentan los resultados con los estadísticos estrictamente necesarios para el análisis.

#### 3.2 Los datos económicos

Los datos que se necesitan para evaluar empíricamente la hipótesis de convergencia son esencialmente dos: el ingreso per cápita y su correspondiente tasa de crecimiento para un periodo especificado.

Por la disponibilidad de datos oficiales; para la presente investigación se ha utilizado un marco temporal de trece años que componen el periodo del 2003 al 2016, para que con ellos se logre determinar la existencia (o en su caso, la no evidencia estadística) de

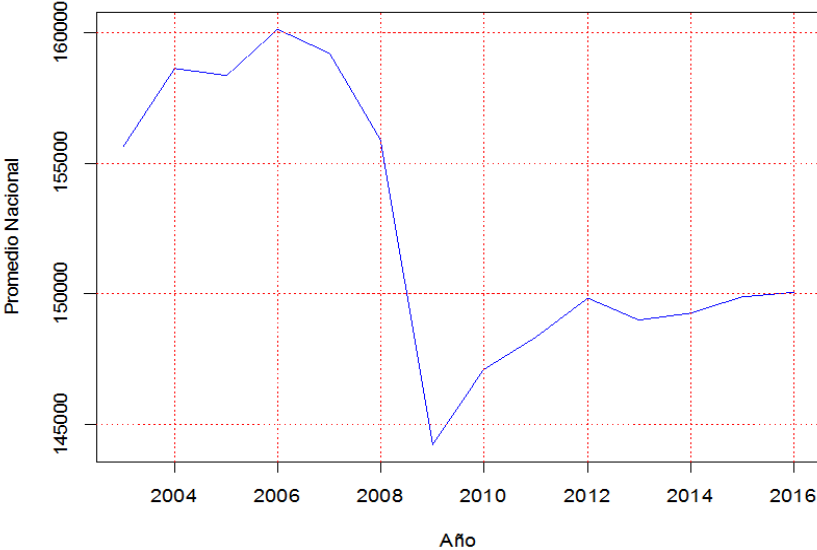
convergencia absoluta, para a continuación obtener la desviación estándar del ingreso per cápita con el fin de estimar la correspondiente a la convergencia  $\sigma$ .

El ingreso per cápita de cada entidad se obtuvo a partir de dividir el Producto Interno Bruto Estatal (a pesos constantes del 2013) que se encuentra disponible en el Banco de Información Económica de INEGI entre la población estatal estimada a una tasa constante de crecimiento anual, la cual se calculó mediante la información quinquenal disponible del Censo de Población y Vivienda, en el que necesariamente se tuvo que hacer el supuesto de un crecimiento poblacional invariable durante todo el periodo de análisis.

### 3.2.1 Ingreso per cápita de las entidades federativas y su dispersión.

A pesar de que se tiene constancia de una tendencia creciente del promedio nacional del ingreso per cápita en los primeros años del análisis (del 2003 al 2007), éste no superó los \$160,200 pesos anuales en todo el periodo analizado, registrándose el nivel más alto del mismo en el año 2006, para posteriormente tener una caída importante, asumiendo su descenso más pronunciado a partir de la crisis del 2008, para después iniciar una recuperación anual paulatina pero sin llegar a su nivel anterior, ya que del 2012 al 2016 el ingreso promedio nacional per cápita se situó alrededor de los \$150,000 pesos anuales.

**Gráfico 4: Promedio nacional del ingreso per cápita, 2003-2016**



**Elaboración propia.**

Solamente Baja California, Campeche, Coahuila, la Ciudad de México, Nuevo León, Sonora y Tabasco fueron las únicas entidades federativas que superaron consecutivamente cada año el promedio nacional del ingreso per cápita durante el periodo del 2003 al 2016.

Cabría hacer especial mención al caso de Campeche, que alcanzó el primer lugar (aunque de forma decreciente) con su respectivo promedio de ingreso per cápita de \$1,032,208<sup>49</sup> pesos anuales para todo el periodo, seguida por la Ciudad de México con un promedio de \$282,797, y en tercer lugar Nuevo León con \$221,895.

Por su parte, Querétaro supero el promedio nacional anual del 2007 al 2016, mientras que el estado de Quintana Roo lo hizo durante el mismo periodo pero no de forma consecutiva, es decir exceptuando el año 2012, ya que el promedio nacional de ese año fue de \$149,837, mientras que Quintana Roo alcanzo los \$149,755 pesos.

Los tres estados con el menor nivel de ingreso per cápita promedio durante todo el periodo fueron: Chiapas, Guerrero y Oaxaca. En el caso de Chiapas aunque no siempre tuvo un nivel más bajo de forma consecutiva en comparación con los otros dos estados, fue el de menor promedio anual para todo el periodo con \$56,044, seguido por Oaxaca con un promedio de \$60,928, y Guerrero con \$62,263.

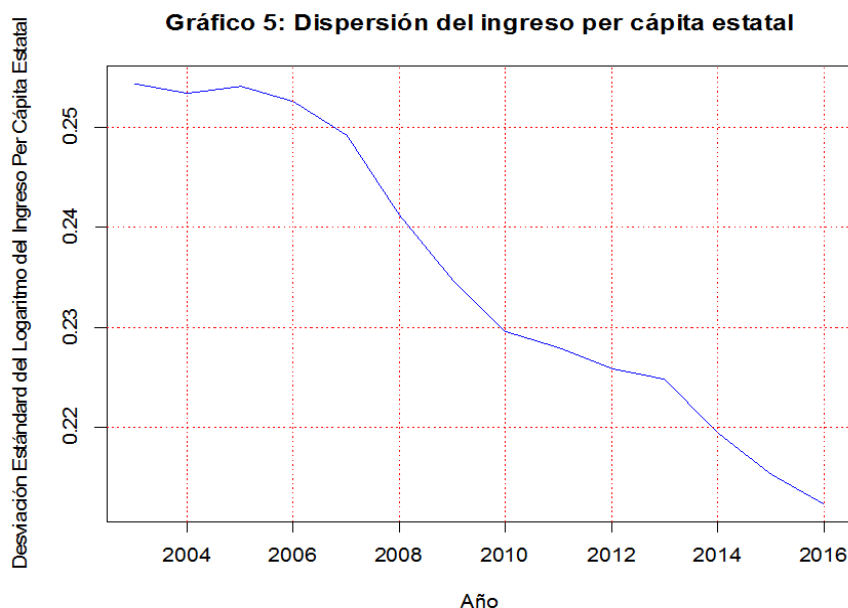
Respecto a la dispersión del ingreso estatal per cápita calculada para cada año del periodo de análisis mediante la desviación estándar del logaritmo del ingreso. En realidad ha habido dos etapas:

- La primera que abarcó del 2003 al 2006, esta se caracterizó porque la dispersión del logaritmo del ingreso per cápita se mantuvo prácticamente constante,
- y la segunda, en la que a partir del 2006 anualmente se fue reduciendo dicha dispersión.

---

<sup>49</sup> Este dato es consistente con lo encontrado por Gerardo Esquivel; que aún considerando que no utiliza fuentes oficiales en su texto para los datos del PIBE, en el análisis que presenta hace notar que los datos correspondientes a Campeche y Tabasco se han de tratar como “observaciones irregulares”, ya que parecen tener un crecimiento del ingreso per cápita “excesivo”, y enfatiza en que “este comportamiento se explica en gran medida por la manera en que se ha contabilizado la producción petrolera ... a esto debe agregarse el efecto económico de los vaivenes de los precios del petróleo que sin duda también han afectado la producción y el ingreso de los estados petroleros”, Véase; Esquivel, G., *op. cit.*, p.737.

A partir del 2008 ha habido un decrecimiento de forma continua y acelerada en comparación a los primeros años del análisis, lo que indica que hay evidencia de convergencia  $\sigma$ , pero para formalizar efectivamente la existencia de dicho fenómeno tendrá que estimarse la regresión correspondiente, y verificar que el componente de la tendencia determinística sea estadísticamente significativo.



**Elaboración propia.**

### 3.2.2 Tasa de crecimiento per cápita de las Entidades Federativas

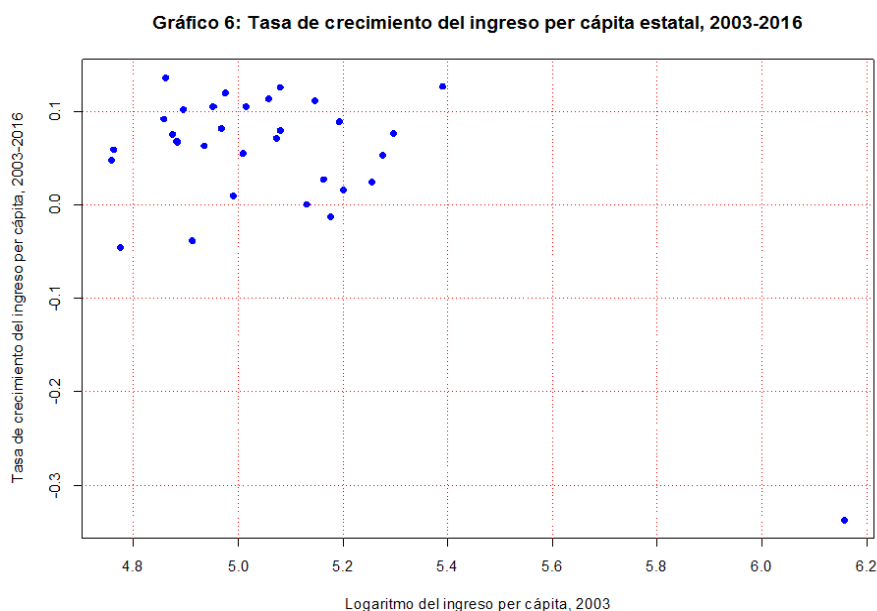
La tasa de crecimiento del ingreso per cápita<sup>50</sup> de México (nivel nacional) para el periodo de 2003 al 2006 fue de 5.09%. Las cinco entidades que registraron la tasa de crecimiento más elevada para ese periodo fueron (de mayor a menor): Zacatecas, la Ciudad de México, Aguascalientes, San Luis Potosí y Chihuahua, con una tasa promedio del 12%. Por su parte, Tamaulipas fue el estado con la tasa de crecimiento positiva más baja para el periodo considerado, con un porcentaje muy cercano a cero (.07%).

Sin embargo, existen entidades federativas con tasas de crecimiento negativas, estas son: Baja California, Campeche, Tlaxcala, y Chiapas. Nuevamente cabe hacer especial mención al caso de Campeche dado que del conjunto de economías analizadas esta representa una

<sup>50</sup>Calculado mediante la formula:  $Log\left(\frac{y_{i,2016}}{y_{i,2003}}\right)$ , donde;  $i$ :se refiere a la entidad federativa.

observación atípica, esto es así porque el promedio de las otras economías con tasas de crecimiento negativas del ingreso per cápita es de -2.45%, Campeche por su parte llega a presentar una tasa negativa de -33.75%.

Debe mencionarse que en una primera instancia el caso de Campeche es consistente con la teoría del crecimiento económico que expone el modelo de Solow, ya que al ser una entidad federativa con un nivel inicial muy elevado de ingreso per cápita puede esperarse una tasa de crecimiento no solamente baja sino incluso (como es el caso de esta entidad) negativa, esto sucederá mientras dicha economía se desplaza hacia su estado estacionario. En el gráfico 6 puede apreciarse lo elevado que se encuentra su nivel inicial con respecto de las demás entidades federativas.



**Elaboración propia.**

### **3.3 Evidencia Empírica; Convergencia $\beta$ Absoluta.**

En el cuadro 1 se presenta el coeficiente de convergencia que se estimó utilizando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios<sup>51</sup> (MCO), considerando en la regresión como variable dependiente a la tasa de crecimiento del ingreso per cápita (durante el periodo 2003-2016), y a su nivel inicial como la variable explicativa de la misma.

---

<sup>51</sup> En realidad es un modelo log-log, por lo tanto se estima con el método de MCO, esto se expone en el libro “econometría” de Gujarati y Porter.

En la regresión especificada se presentaron problemas de heterocedasticidad y autocorrelación, por lo que fue necesario utilizar un coeficiente consistente con heterocedasticidad y autocorrelación de Newey-West<sup>52</sup>:

<b>Cuadro 1: Evidencia empírica de convergencia <math>\beta</math></b>				
<b>Estimación de convergencia absoluta para las entidades federativas de México</b>				
(Variable dependiente: tasa de crecimiento del ingreso por entidad, para el periodo 2003-2016)				
Parámetro	Coefficiente	Estadístico $t$ (Valor Probabilístico)	$R_a^2$	Estadístico Jarque-Bera (Valor Probabilístico)
$k$	1.095397	0.0313	.3700	.26028
$\beta$	-0.206172	0.0417		
Elaboración propia con los datos de Banco de Información Económica, y de población del Censo de Población y Vivienda de INEGI.				

Como puede apreciarse a partir de los resultados obtenidos:

- i) El valor probabilístico del estadístico Jarque-Bera indica que no se rechaza la hipótesis nula de distribución normal de los residuales<sup>53</sup>, por lo que se puede aplicar la prueba convencional del estadístico  $t$  sobre el parámetro  $\beta$ .
- ii) En virtud de que el coeficiente  $\beta$  es negativo y es estadísticamente significativo con un intervalo de confianza del 95%. Empíricamente se ha encontrado que existe una relación negativa entre la tasa de crecimiento del ingreso per cápita del periodo 2003 al 2016 y su nivel inicial en el 2003, por lo que se puede afirmar que hay evidencia estadística sobre convergencia absoluta entre las entidades federativas de México. Es decir, que sin considerar de manera explícita en la especificación econométrica el grado de similitud entre las características estructurales de las entidades y siguiendo lo propuesto en el modelo de Solow; se puede afirmar que hay

<sup>52</sup> El método desarrollado por Newey-West consiste en modificar la matriz de varianzas-covarianzas de los coeficientes estimados mediante el método de MCO, utilizando una matriz de varianzas-covarianzas estimada de las perturbaciones estocásticas con factores de ponderación. Por lo anterior, no cambian los valores de los parámetros estimados, pero habrá cambios respecto de su significancia estadística. Debe destacarse que no es el método ideal (por el número de datos) para este caso, ya que es una corrección asintótica, pero es menester utilizarse; ya que el problema no se corrigió con otros métodos (por ejemplo mediante mínimos cuadrados ponderados).

<sup>53</sup> En el anexo se encuentran el histograma y la grafica Q-Q Normal como indicadores gráficos sobre la distribución de los residuales de la regresión.

un solo estado estacionario para todas las economías analizadas, y por tanto existe un solo nivel de ingreso per cápita compatible con el estado estacionario ( $y_i^* = y^*$ ), por lo que el ingreso per cápita de las mismas convergerá en el largo plazo, aunque esto debe confirmarse formalmente mediante el análisis de convergencia  $\sigma$ .

- iii) El valor del estadístico de bondad de ajuste, es decir de la  $R$  cuadrada ajustada, muestra que las conclusiones obtenidas de la regresión deben de tomarse con cautela. Pero sin dejar de considerar que aún no eliminando la dependencia de la bondad de ajuste respecto al número de variables explicativas en la regresión estimada (como lo es la  $R_a^2$ ) en general cuando se consideran datos de corte transversal; la medida de bondad de ajuste tiende a ser baja, esto es por la elevada variación entre las unidades de observación individual.

### 3.4 Evidencia Empírica; Convergencia $\sigma$ .

Ya que se ha encontrado evidencia estadística de convergencia  $\beta$  absoluta, entonces se procede a realizar una estimación utilizando MCO con el fin de comprobar si existe evidencia de la reducción de la dispersión del ingreso per cápita entre las entidades federativas de México. Es decir, para hacer un análisis econométrico sobre la existencia de convergencia  $\sigma$ .

El Cuadro 2 muestra los resultados obtenidos de la regresión utilizando un coeficiente consistente con heterocedasticidad y autocorrelación de Newey-West:

<b>Cuadro 2: Evidencia empírica de convergencia <math>\sigma</math>;</b>				
<b>Estimación de la tendencia de dispersión para las entidades federativas de México</b>				
(Variable dependiente: es la desviación estándar del logaritmo del ingreso por entidad)				
Parámetro	Coeficiente	Estadístico $t$ (Valor Probabilístico)	$R_a^2$	Estadístico Jarque-Bera (Valor Probabilístico)
$k$	0.262275	0.0000	.9627	.78624
$t$	-0.003588	0.0000		
Elaboración propia con los datos de Banco de Información Económica, y de población del Censo de Población y Vivienda de INEGI.				

- i) El estadístico Jarque-Bera indicada que no se rechaza la hipótesis nula y por tanto hay evidencia de los residuales siguen una distribución normal, por lo que se puede aplicar la prueba de significancia estadística sobre los parámetro en la regresión.
- ii) Con los resultados que se presentan, se confirma la significancia estadística del componente del término de tendencia determinística y además al ser negativo dicho parámetro, esto muestra que la dispersión del ingreso efectivamente se ha ido reduciendo conforme han venido avanzando los periodos, o bien, expresado en otros términos, se comprueba que existe evidencia de convergencia desde el punto de vista estadístico en el sentido de que se cumple  $\sigma_t < \sigma_{t-1}$ .
- iii) El estadístico  $R_a^2$  indica un buen ajuste de los datos.

### 3.5 Conclusiones

No se puede dejar de mencionar que el estado de Campeche representa una observación atípica, sin embargo, no hay razón teórica económica *a priori* para que sea excluida como parte de la regresión, en todo caso en una investigación futura cabria dilucidar mas afondo, siguiendo a Esquivel (1999), la forma en la que se lleva a cabo la contabilidad nacional de la actividad petrolera, y entonces, si procediera; hacer los cambios pertinentes.

Cabria destacar los dos estadísticos más importantes para ambas regresiones; el estadístico Jarque-Bera indica que pueden realizarse las prueba convencional estadística  $t$ , y esta a su vez arroja que los parámetros estimados son estadísticamente significativos.

A partir de los resultados obtenidos de las regresiones estimadas se argumenta que existe evidencia de que efectivamente se cumple la predicción que hace el modelo de Solow sobre la hipótesis de convergencia, sin embargo, debe también considerarse un límite fundamental que es el número de observaciones consideradas, si bien, en realidad se está trabajando con una población y no con una muestra de entidades federativas, los resultados no son tan robustos, ya que son 32 observaciones para la primer estimación y 14 observaciones para la segunda.



## Conclusiones generales

En el aspecto teórico se resaltó la importancia de la ecuación fundamental del modelo de Solow, ya que sus componentes juegan un papel esencial en la explicación, de forma general; si no existiera un estado estacionario al cual convergen las economías pues esto implicaría que no existe un nivel de ingreso único que corresponda al mismo. Si no solo se analiza una economía, sino que se generaliza que hay un solo estado estacionario para varias entonces teóricamente se está formalizando el fenómeno de convergencia, ya que en el largo plazo se estará igualando el ingreso entre ellas, lo cual cumple con la definición de Galor (1996).

La investigación no tenía un propósito únicamente teórico, así que se procuró mostrar el nexo entre el modelo de Solow y el análisis econométrico, planteándose una forma sencilla de comprobar la hipótesis de convergencia sin incluir particularidades sobre las economías, como lo hubiera requerido el fenómeno de convergencia condicional. Y así mismo, se prestó especial énfasis al aspecto formal de las regresiones planteadas mediante la crítica de Quah (1993). En este sentido, mediante los resultados obtenidos en el último capítulo de la presente investigación se demostró que; efectivamente es pertinente utilizar al modelo de Solow como referente teórico explicativo para describir la dinámica del ingreso per cápita de las entidades federativas analizadas en el periodo especificado.

En lo que respecta a una posible investigación futura:

- i) En el aspecto empírico correspondería introducir a la discusión el aspecto de convergencia condicional, ello introduciendo particularidades de cada economía a analizar, y que por lo expuesto en el presente trabajo debería de confirmar la aseveración de existencia de convergencia en el nivel de ingreso per cápita de las entidades federativas.
- ii) En cuanto al aspecto teórico, cabría indagar sobre el fenómeno de convergencia mediante la comparación de otros modelos de crecimiento económico, así mismo puede plantearse un esquema mas general utilizando el análisis de economía abierta, pues lo que se ha expuesto en éste presente trabajo ha sido desde una base teórica de economía cerrada, en efecto el modelo de Solow no considera de manera formal incorporar las implicaciones del comercio.

Para hacer frente a esta segunda cuestión, existe por ejemplo el caso del teorema de la igualación del precio de los factores; éste en particular predice la reducción de la diferencia de las remuneraciones entre los países en términos absolutos y relativos, y por tanto también del nivel de ingreso. Pero para llegar a tales conclusiones, es necesario hacer una revisión del modelo Heckscher-Ohlin que a su vez tiene como punto de partida la ley de la ventaja comparativa, pero no en su versión canónica propuesta por David Ricardo a partir de la ley de ventaja absoluta de Adam Smith, sino desde un punto de vista en términos de costos de oportunidad propuesto por Gottfried Harberler.

Y trasladando la discusión de la igualación del ingreso en el terreno del comercio internacional, puede también hacerse investigación empírica para comprobar el proceso de convergencia en el ingreso, esto a partir de modelos gravitacionales que toman en consideración la influencia de los factores de producción sobre los flujos del comercio como los trabajados por primera vez por Jan Tinbergen (1962).

## Bibliografía

- Barro, Robert & Martin, Sala (2004): “*Economic growth*”, Massachusetts Institute of Technology.
- Barro, Robert & Martin, Sala (1991): “*Convergence across States and Regions*”, Broking Papers on Economic Activity.
- Barro, Robert; Grilli, Vittorio & Ferrero, Ramón (1997): “*Macroeconomía: Teoría y política*”, Mc graw Hill.
- Claure, Benigno & Martínez Rolando (2016): “*Convergencia Sigma, Convergencia Beta y Condicional en Bolivia, 1990-2011*”, Economía coyuntural, vol.1, num. 1, pp. 24-58.
- Durlauf, Steven & Blume, Lawrence (2008): “*The new palgrave dictionary of economics*”, Macmillan Publishers, Vol. 2, pp.216-217.
- Esquivel, Gerardo (1999): “*Convergencia regional en México, 1940-1995*”, Centro de Estudios Económicos, COLMEX.
- Galor, Oded (1996): “*Convergence?: Inferences from Theoretical Models*”, Economic Journal, Vol. 106, núm. 437.
- Garza, Martha (2006): “*La convergencia regional en España y las causas de convergencia del PIB per cápita en Cataluña*”, Ensayos–Volumen XXV, núm.2, noviembre 2006, pp. 57-80.
- Guillen, León (2013): “*Crecimiento y convergencia económica: una revisión para Colombia*”. Revista Dimensión Empresarial, vol. 11, Núm. 1, pp. 61-76.
- Katz, Jorge (2008): “*Una nueva visita a la teoría del desarrollo económico*”. IVIE-CEPAL.
- Mankiw, Gregory (2000): “*Macroeconomía*”, Antoni Bosch.
- Mankiw, Gregory; Romer, David & Weil David (1992): “*A contribution to the empirics of economic growth*”, The Quaterly Journal of Economics, Vol. 107, No. 2, pp.407-437.
- Martin, Sala (2000): “*Apuntes de crecimiento económico*”, Antoni Bosch.
- Pérez, Leobardo; Sánchez, Juan & Rodríguez Salvador (2004): “*Convergencia Económica en México 1950-2013*”, Revista de Análisis de Economía, Comercio y Negocios Internacionales.

Quah, David (1993): “*Galton’s Fallacy and Tests of the Covergence Hypotesis*”. *The Scandinavian Journal of Economics* Vol. 95, No. 4, Endogenous Growth (Dec., 1993), pp. 427-443

Romer, David (2002): “*Macroeconomía Avanzada*”, McGraw Hill.

Solow, Robert (1956): “*A contribution to the theory of economic growth*”, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, No. 1.

Tinbergen, Jan (1962): “*Shaping the World Economy; Suggestions for an International Economic Policy*”, Twentieth Century Fund, New York.

Vergara, Reina; Mejía, Jackeline & Lara, Alicia: “*Crecimiento económico y convergencia regional en el Estado de México*”, *Paradigma económico*, Año 2 Núm. 1, enero-junio 2010, Pg. 53-88.

## Anexo

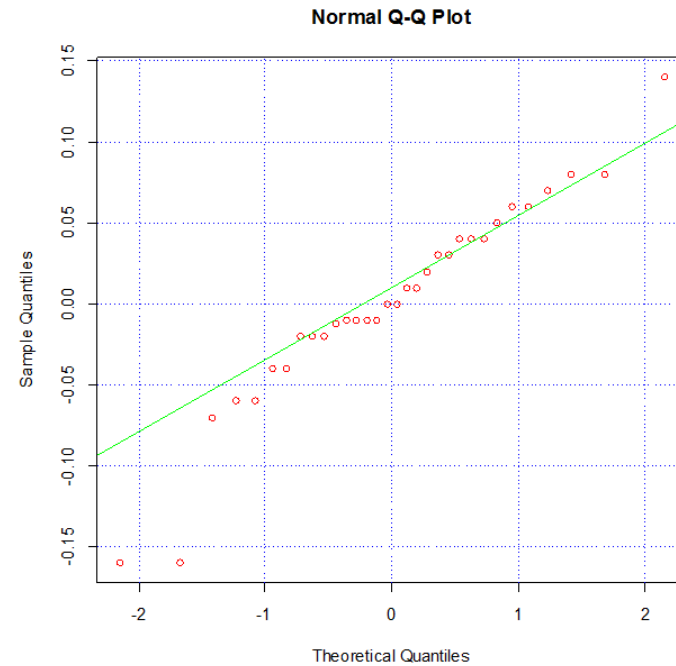
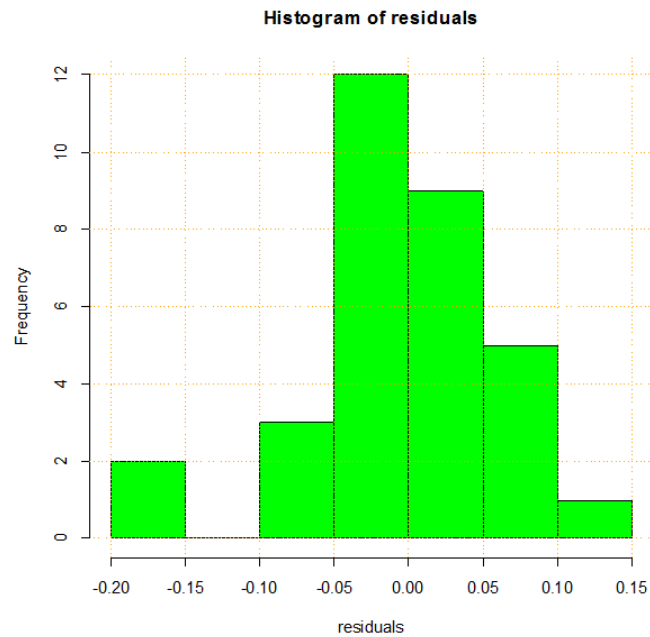
### Ingreso per cápita por entidad federativa, 2003-2016.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Aguascalientes</b>	119,897	122,385	122,543	127,632	135,782	133,303	123,666	128,444	131,111	135,241	136,237	147,217	149,288	160,210
<b>Baja California</b>	149,559	154,632	154,569	158,958	157,116	152,086	132,345	135,706	136,398	137,824	137,389	136,420	142,381	145,024
<b>Baja California Sur</b>	158,728	163,416	168,158	173,012	188,360	185,576	177,134	173,708	172,886	169,809	159,816	153,234	166,623	164,613
<b>Campeche</b>	1,439,228	1,430,588	1,377,929	1,322,459	1,214,104	1,091,929	966,037	916,745	868,062	839,281	832,023	779,279	711,719	661,529
<b>Coahuila de Zaragoza</b>	180,044	181,943	182,586	187,798	192,142	187,922	156,068	178,269	186,992	192,924	185,591	191,654	190,925	190,386
<b>Colima</b>	118,213	116,192	114,885	119,886	125,835	125,848	119,661	126,034	132,754	134,215	133,087	133,961	133,869	139,181
<b>Chiapas</b>	59,569	56,087	55,406	56,139	55,931	56,064	54,607	56,496	57,097	57,016	55,131	56,768	54,750	53,556
<b>Chihuahua</b>	114,242	118,087	120,691	128,706	131,860	132,266	119,038	122,648	124,109	131,871	135,298	136,792	143,175	148,176
<b>Ciudad de México</b>	245,778	255,890	258,739	271,338	274,430	278,411	267,671	276,453	285,466	295,912	299,463	304,965	315,992	328,656
<b>Durango</b>	101,837	103,743	100,779	103,040	103,287	103,948	101,075	103,659	106,689	109,382	111,690	112,980	112,471	115,561
<b>Guanajuato</b>	89,531	90,618	89,883	92,911	93,534	94,717	89,234	94,264	98,302	100,732	103,214	106,063	111,110	113,966
<b>Guerrero</b>	57,651	60,179	60,430	61,179	62,219	62,650	59,955	62,527	62,688	63,146	62,743	65,046	65,271	65,996
<b>Hidalgo</b>	76,192	79,867	77,871	78,661	79,763	81,151	74,689	77,412	79,111	80,714	82,222	83,972	87,149	89,114
<b>Jalisco</b>	120,184	122,002	123,534	128,027	129,973	128,790	120,198	125,889	127,728	131,379	132,442	136,032	139,750	144,119
<b>México</b>	76,590	77,300	77,981	80,428	81,590	81,312	76,149	80,840	83,335	85,734	86,066	87,314	88,058	89,325
<b>Michoacán de Ocampo</b>	71,963	72,922	73,487	76,279	77,458	78,276	73,499	75,790	78,206	79,500	80,471	85,034	86,155	88,867
<b>Morelos</b>	97,638	97,368	103,021	99,815	99,165	98,052	95,997	98,459	96,985	96,269	98,458	98,233	98,154	99,858
<b>Nayarit</b>	78,718	88,394	90,343	90,733	88,776	93,629	87,176	90,127	91,300	89,894	90,905	94,287	97,513	99,492
<b>Nuevo León</b>	197,831	205,129	209,622	219,858	228,805	227,930	208,739	220,306	225,487	230,259	228,110	231,106	237,835	235,518
<b>Oaxaca</b>	57,271	58,876	59,095	59,695	59,584	60,819	59,647	59,992	61,181	61,788	62,660	63,307	65,164	63,915
<b>Puebla</b>	75,009	75,913	79,046	81,493	83,792	83,272	75,820	81,312	84,258	88,376	86,411	86,127	87,472	89,218
<b>Querétaro</b>	139,554	146,055	151,863	157,113	160,825	160,519	151,828	157,228	164,573	165,184	161,743	170,169	177,336	180,288
<b>Quintana Roo</b>	145,529	151,909	151,986	155,317	164,840	166,423	146,010	147,218	149,119	149,755	150,030	149,285	150,474	154,844
<b>San Luis Potosí</b>	94,168	98,541	101,401	104,843	105,891	106,916	100,121	104,195	108,517	112,318	114,967	116,394	120,423	123,941
<b>Sinaloa</b>	103,013	108,367	107,823	110,346	113,346	116,318	110,457	112,963	114,171	117,238	117,596	119,059	125,184	131,112

<b>Sonora</b>	156,067	161,179	166,650	173,626	172,766	170,145	156,981	162,068	173,881	179,566	181,424	181,192	184,216	191,558
<b>Tabasco</b>	188,406	193,342	204,614	212,776	213,345	219,544	225,302	234,527	241,479	243,605	235,132	235,049	229,583	212,411
<b>Tamaulipas</b>	135,089	139,077	145,505	147,328	149,460	153,042	136,865	137,129	137,369	137,871	137,522	136,699	137,761	135,305
<b>Tlaxcala</b>	81,570	86,274	74,704	71,978	71,611	73,985	71,243	75,910	72,115	73,918	70,667	71,547	74,905	74,514
<b>Veracruz de Ignacio de la Llave</b>	86,160	89,502	89,297	93,257	95,158	94,029	91,058	93,959	96,728	99,976	99,178	99,375	100,010	99,655
<b>Yucatán</b>	92,770	95,418	98,240	101,306	102,741	102,086	98,444	100,303	102,054	106,226	105,018	106,796	109,348	111,991
<b>Zacatecas</b>	72,779	75,107	74,384	78,165	80,057	86,435	88,401	97,091	96,256	97,867	95,709	101,380	101,787	99,548

Elaboración propia con los datos de Banco de Información Económica sobre el PIBE a pesos constantes del 2013, y del Censo de Población y Vivienda; 2000 y 2010 de INEGI (en todos los casos se supuso una tasa de crecimiento de población anual constante con base a los datos de los años anteriormente referidos).

Histograma y “gráfica Q-Q Normal” de los residuales de la estimación de convergencia  $\beta$  absoluta para las entidades federativas de México



**Histograma y “gráfica Q-Q Normal” de los residuales de la estimación de convergencia  $\sigma$  para las entidades federativas de México**

