

Documento preparado para el 7mo Encuentro de Economistas de Bolivia organizado por el Banco Central de Bolivia, La Paz 21 y 22 de Agosto de 2014.

Fecha de presentación: 06/06/2014



## **CONVERGENCIA: UNA INVESTIGACIÓN EMPÍRICA PARA AMÉRICA DEL SUR**

**CÓDIGO: 7036**

---

- El autor es investigador adscrito al Instituto de Investigaciones Económicas de la Universidad Mayor de San Andrés, por lo tanto, el contenido del presente documento no compromete la posición oficial de dicha institución.

- Agradezco las observaciones y sugerencias de un árbitro anónimo, cualquier error u omisión es exclusiva responsabilidad del autor.

## Contenido

Resumen.....	3
1. Introducción .....	4
2. Diseño de la investigación .....	4
3. Fundamentación teórica y pruebas típicas de convergencia.....	6
4. Método experimental .....	11
4.1. Formulación del modelo y definición de la metodología econométrica .....	11
4.2. Selección de la muestra y recolección de los datos.....	15
5. Resultados y discusión.....	16
6. Conclusiones .....	19
Bibliografía.....	20
Anexos .....	22

## **Resumen**

Un asunto clave en la economía empírica es; si los países pobres crecen más rápido que los ricos, lo que implica conocer si los niveles de vida de los países pobres tienden a mejorar más rápido que el de los ricos o si los pobres tienden a ser más pobres y los ricos más ricos. Este artículo tiene por objetivo determinar la presencia (ausencia) de convergencia en el PIB per cápita para una muestra de 10 países de América del Sur durante 1950-2010. Para contrastar la hipótesis de convergencia se utilizó el método desarrollado por Nahar e Inder (2002) sobre la base de los datos de Penn World Table y Madisson, con la finalidad de efectuar una comparación de los resultados. Los hallazgos obtenidos según la primera fuente de información, muestran que en 4 economías existe evidencia estadística de convergencia, para el caso de los datos de Madisson existen 5 países que presentan un proceso de convergencia, en ambos casos convergencia hacia el estado de equilibrio. En conclusión, la base de datos que se usa es clave para discriminar diferentes tipos de comportamientos.

**Clasificación JEL:** F43, O47, O54, C22

**Palabras Clave:** Crecimiento económico, convergencia, América del Sur, modelo de series temporales.

## 1. Introducción

En el marco de la teoría del crecimiento económico, una de las principales diferencias entre los modelos neoclásico y endógeno es su predicción en la dinámica de producción. Los modelos de Ramsey (1928), Solow (1956), Cass (1965) y Koopmans (1965), establecen una relación inversamente proporcional entre la tasa de crecimiento del producto per cápita y su nivel inicial, en particular, si las economías poseen estructuras similares, entonces los pobres crecen más rápido que los ricos, conocida como *hipótesis de convergencia*. Por lo tanto hay una fuerza que promueve la convergencia en el tiempo de los niveles de producto per cápita y el ingreso (Barro y Sala-i-Martin, 1992). Por su parte los modelos de crecimiento endógeno, como los de Romer (1986), Grossman y Helpman (1991) y Aghion y Howitt (1992), predicen divergencia, debido a que los factores específicos de cada economía juegan un rol importante en la determinación del producto agregado, por ello, manifiestan que la variable del ingreso inicial es irrelevante para explicar la convergencia, y por consiguiente, uno de los factores que ayudaría a revelar la divergencia de las economías son las tasas de ahorro, inversión e innovación debido a que éstas variables garantizan el proceso de acumulación del capital.

Los antecedentes sobre trabajos de convergencia para América del Sur son inexistentes con relación para los de la OECD, G-7, Estados Unidos y Europa, incluso América Latina, sin embargo existe escasamente estudios para bloques comerciales, como el de Blyde (2005). No obstante, algunos países de América del Sur forman parte en otros estudios, como el de Camurdan y Ceylan (2013), Cermeño y Llamosas (2007) entre otros. Entonces, mi contribución a la literatura empírica respecto al tema en América del Sur, radica en dos niveles; primero, se realiza una comparación de los resultados en base a dos fuente de información, en contraste a las comparaciones estadísticas-econométricas, segundo; es inédito porque aplicamos las técnicas de los polinomios estocásticos. Los antecedentes sobre estudios de convergencia aplicando series de tiempo de detalla en la Tabla N° 1, en el Aenxo.

El trabajo está organizado de la siguiente manera; la sección 1 corresponde a la introducción que acabamos de presentarla, en la sección 2 corresponde al diseño de la investigación, en la sección 3 se presenta los fundamentos teóricos y ensayamos las pruebas típicas de convergencia, en el acápite 4 se desarrolla el método experimental que incluye la muestra y los datos, en la sección 5 se reportan los resultados y finalmente se concluye en la parte 6.

## 2. Diseño de la investigación

### • *Planteamiento del problema y pregunta de investigación*

El tema medular de la discusión se ha centrado en el crecimiento a largo plazo y sus tendencias hacia la convergencia o divergencia, lo que implica conocer si los niveles de vida de las economías pobres tienden a mejorar más rápido que el de las ricas o si los pobres tienden a ser más pobres y las ricas más ricas<sup>1</sup>, medida generalmente en términos del Producto Interno Bruto per cápita (PIB pc) de relevancia socio-económica. El problema de las diferencias en el ingreso per cápita internacional no es un asunto trivial<sup>2</sup>, en particular para los países de América del Sur. Así pues, en 1950, la brecha entre el país con un ingreso per cápita alto respecto del país con ingreso bajo fue 3,2 puntos, lo que significa que el nivel de vida de los habitantes del país rico fue aproximadamente 3 veces más que el de los habitantes del país pobre, logrando así mayor acceso a servicios básicos, como educación,

---

<sup>1</sup> En el presente estudio consideramos sinónimos a economías como países.

<sup>2</sup> Emplearemos recurrentemente como sinónimos del PIB per cápita, a ingreso, renta, y producto per cápita. Al respecto véase Dornbusch y Fischer (1992).

salud, recreación etc. Para el año 2010 la brecha entre el país rico y pobre se mantenido relativamente estable, es decir se registra 3,3, cambiando simplemente el nombre de los países, mientras en 1950 Venezuela y Brasil fueron el rico y pobre respectivamente, en el 2010 el rico y el pobre fueron Chile y Bolivia respectivamente. De acuerdo a este antecedente se puede verificar que el ingreso per cápita de las economías de América del sur no es homogéneo, por lo tanto, el problema es; “La heterogeneidad en el PIB per cápita” y la pregunta puntual a la que se pretende responder es ¿Convergencia o divergencia?, es decir las brechas en el PIB per cápita de los países pobres y ricos con relación al estado de equilibrio, ¿están aumentando o disminuyendo?.

- **Objetivos**

El presente artículo tiene por objetivo determinar la existencia (ausencia) de un proceso de convergencia (divergencia) para una muestra de 10 países de América del Sur, durante el periodo 1950 hasta 2010.

Entre los objetivos específicos se tiene:

- Indagar la convergencia para los países miembros del Mercado Común del Sur (MERCOSUR)
- Examinar la convergencia para los países miembros de la Comunidad Andina de Naciones (CAN)
- Comparar los resultados aplicando los datos de Penn World Table y Madisson.

- **Hipótesis**

De acuerdo a la pregunta establecida anteriormente, la hipótesis de investigación sostiene que los diferenciales del PIB per cápita, respecto del estado de equilibrio, tienden a disminuir conforme pasa el tiempo.

Para testear aquello, se usa la configuración del modelo sugerido por Nahar e Inder (2002), que consiste en ajustar la dinámica de transición mediante un polinomio estocástico en el tiempo. La operacionalización de la hipótesis se base en un modelo que relaciona el valor absoluto del diferencial del PIB per cápita,  $\omega_{i,t}$ , de la economía  $i$ , con la evolución temporal  $t$ , cuya expresión genérica es  $\omega_{i,t} = f_{i,n}(t) + \xi_{i,t}$ .

- **Justificación**

El estudio de la hipótesis de convergencia se puede justificar desde el punto de vista socio-económica y teórica-académica. Primero, las diferencias sustanciales en el producto per cápita tienen enormes implicancias en el bienestar de los habitantes. Durlauf (2003) hace mención a los estudios de Bourguignon y Morrisson (2002) y Firebaugh (1999) en el sentido de las diferencias en la renta per cápita entre los países juegan un papel crucial a la hora de explicar los niveles de pobreza y de desigualdad entre la población mundial. Segundo, el estudio de la hipótesis de convergencia es fundamental para discriminar las teorías en el contexto de la naturaleza del crecimiento económico, es decir la convergencia se estudia para evaluar las propiedades de la función de producción. En éste sentido, la hipótesis de convergencia tiene importantes implicaciones para la moderna teoría macroeconómica (Durlauf, 2003). Además, de acuerdo a las discrepancias entre las teorías del crecimiento, es indiscutible la importancia que tiene determinar qué tipo de modelo ofrece una descripción más ajustada de la realidad ya que, más allá del debate académico, la justificación de la implementación de una política de desarrollo nacional reside, en última instancia, de la presencia o ausencia de fuerzas de mercado que estimulan procesos de convergencia entre países.

### 3. Fundamentación teórica y pruebas típicas de convergencia

A continuación presentaré un esbozo<sup>3</sup> del modelo neoclásico y como ésta se ha ido adaptando en diferentes estructuras empíricas.

La función de producción en forma intensiva está dado por  $y = f(k)$ , donde  $y$  y  $k$  son la producción y el capital por unidad de trabajo efectivo. La mano de obra (población,  $L$ ) evoluciona de acuerdo a  $L_t = L_0 e^{nt}$ , donde  $n$  es la tasa exógena de crecimiento poblacional. El factor residual o tecnológico  $A$ , crece a una tasa constante y exógeno  $x$ , y su trayectoria viene dado por  $A_t = A_0 e^{xt}$ . De esta manera, la ley de acumulación de capital per cápita es:

$$\dot{k} = f(k) - c - (\delta + x + n)k \quad (3.1)$$

Donde  $\delta$  es la tasa de depreciación del capital y  $c = C/L e^{nt}$  es el consumo per cápita. La ecuación diferencial (3.1) es la relación básica que determina la evolución de  $k$  y en consecuencia de  $y = f(k)$ . El elemento que falta determinar es el consumo  $c$ , para lo cual suponemos que el agente representativo maximiza la siguiente función de utilidad social:

$$U = \int_0^{\infty} u(c) e^{nt} e^{-\rho t} dt \quad (3.2)$$

En el cual  $u(c)$  es creciente con respecto a  $c$ , es decir  $u'(c) > 0$ , y cóncava  $u''(c) < 0$ , que cumple las condiciones de Inada. La función de utilidad con éstas propiedades viene dado por  $u(c) = \frac{c^{1-\theta} - 1}{1-\theta}$ , donde  $\theta > 0$  es el inverso de la elasticidad de sustitución intertemporal.

En (3.2) el término  $e^{-\rho t}$  representa el factor de descuento y la tasa subjetiva de descuento es positiva, es decir  $\rho > 0$ . La sociedad resuelve el problema (3.2) sujeto a la restricción (3.1), en este proceso de optimización la condición de equilibrio, para  $c$ , está dado por:

$$\frac{\dot{c}}{c} - x = \frac{1}{\theta} [f'(k) - \delta - \rho - \theta x] \quad (3.3)$$

La dinámica de transición se puede cuantificar mediante una log-linearización de las ecuaciones (3.1) y (3.3) alrededor del estado estacionario y la solución para acceder a  $\log(y_t)$ , puesto que  $y_t = A(k_t)^\alpha \Rightarrow \log(y_t) = \log A + \alpha \log(k_t)$ , viene dado por:

$$\log(y_t) = e^{-\lambda t} \log(y_0) + (1 - e^{-\lambda t}) \log(y^*) \quad (3.4)$$

En este caso,  $\lambda$  ( $\lambda > 0$ ) representa la velocidad de convergencia. Así pues,  $\forall t \geq 0$ ,  $\log(y_t)$  es el promedio ponderado del valor inicial  $\log(y_0)$  y del valor de estado estacionario  $\log(y^*)$ , y

---

<sup>3</sup> Un excelente desarrollo técnico de los modelos de Solow y Ramsey, Cass y Coopmans es presentado por Sala-i-Martin (2004) en "Apuntes de Crecimiento Económico" y Barro y Sala-i-Martin (2009) en "Crecimiento Económico".

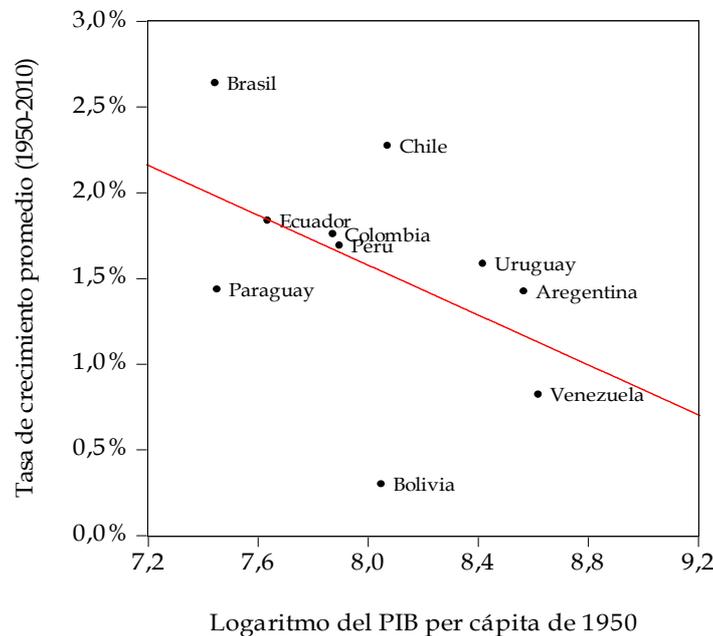
la ponderación del valor inicial disminuye exponencialmente a la tasa  $\lambda$ , entonces, la solución  $\log(y_t)$  implica que el crecimiento promedio está relacionado negativamente con el nivel inicial del producto per cápita. Ahora bien, la especificación más simple que puede ser concebido para verificar tal afirmación a partir de observaciones de corte transversal tiene la siguiente forma:

$$g_{i,T} = \alpha + \beta y_{i,0} + \varepsilon_{i,T} \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (3.5)$$

Donde  $g_{i,T} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \Delta y_{i,t} = \frac{1}{T} (y_{i,T} - y_{i,0})$  es la tasa de crecimiento promedio de la economía

$i$ ,  $y_{i,0}$  es el logaritmo del producto per cápita inicial y  $\varepsilon_{i,T}$  es un término de error. La relación (3.5) se conoce como el modelo de convergencia  $\beta$  (beta), para su estimación se aplica el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). El parámetro  $\beta$  permite identificar la existencia de convergencia, de verificarse este fenómeno, el coeficiente será negativo y estadísticamente diferente de cero, es decir, existe convergencia cuando  $\beta < 0$  tratando implícitamente a  $\beta \geq 0$  como la hipótesis nula de no convergencia (Soto, 2005; Chumacero, 2006; Cermeño y Llamosas, 2007). La base principal de los trabajos empíricos fue las regresiones de crecimiento entre países; Barro (1991), Barro y Sala-i-Martin (1992) y Mankiw, Romer y Weil (1992), constituyen los estudios pioneros al respecto.

**Gráfico N° 3.1**  
**CONVERGENCIA BETA EN CORTE TRANSERSVAL**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de Penn World Table 7.1

En el Gráfico N° 3.1 se puede observar la nube de puntos diseñada a partir del modelo (3.5) y el ajuste al modelo es el siguiente:

$$g_{i,T} = 0,0739 - 0,0072 y_{i,0} + \varepsilon_{i,T}$$

$$(0,0386) (0,0048)$$

Entre paréntesis los valores del error estándar, más allá de existir una relación negativa, el coeficiente de correlación resulta ser 0,47 (donde  $R^2$  es de 0,22), el estadístico  $t$  y su valor-p del coeficiente  $\alpha$  es  $t = 1,91$  (Prob. = 0,093), y del parámetros  $\beta$  es  $t = -1,505$  (Prob. = 0,171), claramente, el coeficiente  $\beta$  no es estadísticamente diferente de cero tampoco negativo, como lo apunta Chumacero (2006), entonces se rechaza la hipótesis de convergencia aceptando la hipótesis implícita de no convergencia, dado a que el valor-p de beta es mayor al 5%.

Un segundo concepto que plantearon Barro y Sala-i-Martin (*op cit*), es el de convergencia  $\sigma$  (sigma), que consiste en el estudio de la dispersión de corte transversal. Es decir,  $\sigma$  es la desviación estándar del logaritmo del ingreso per cápita,  $y_{i,t}$ , en el periodo  $t$ , el valor de este estadístico puede aumentar o disminuir dependiendo de su valor inicial, es decir, si la desviación estándar inicial es superior (inferior) a la final entonces las diferencias de las economías se reduce (aumenta), por lo que estaríamos ante una convergencia (divergencia) sigma, formalmente:

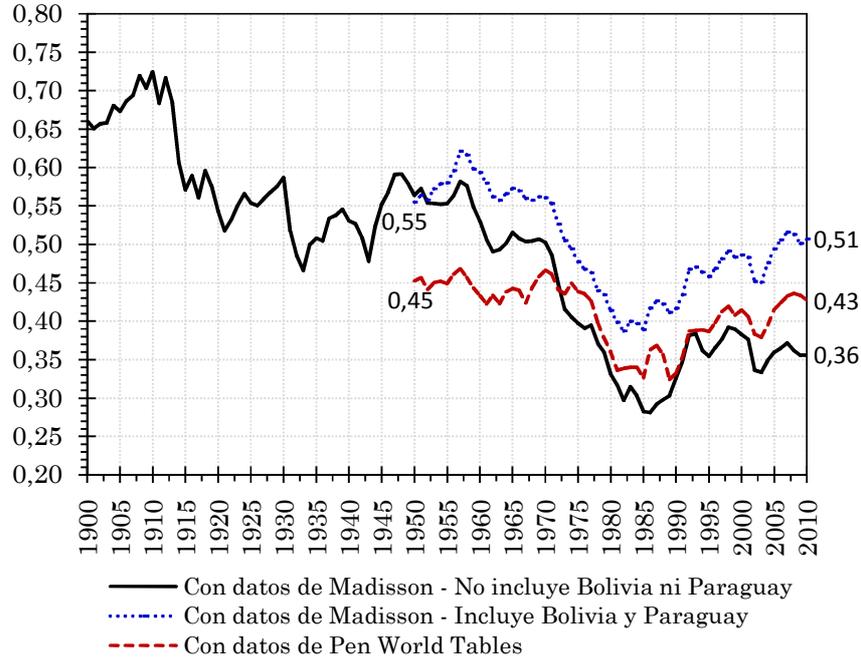
$$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_{i,t} - \bar{y}_t)^2} ; t = 1, 2, \dots, T \quad (3.6)$$

Cuando los países presentan un proceso de convergencia, entonces  $\sigma_{t+T} < \sigma_t$ .

En el Gráfico N° 3.2, a partir de 1950, se cumple que  $\sigma_{t+T} < \sigma_t$ , es decir existe convergencia sigma, sin embargo, ella es muy débil, obsérvese que en 1950 el coeficiente sigma registró 0,55 al 2010 registro 0,51 disminuyendo sólo 0,04 puntos. Por otro lado, para los datos de Penn World Table, de igual manera se observa una debilidad en la convergencia, en 1950 el coeficiente fue de 0,45 y en el 2010 fue 0,43, disminuyendo la dispersión en tan solo 0,02 puntos. En el largo plazo se observa una clara evidencia de convergencia donde el coeficiente sigma disminuyó de manera significativa desde 0,66 hasta 0,36.

En la literatura existente, por lo general, se han utilizado los métodos de convergencia  $\beta$  y  $\sigma$ . Sin embargo, esta forma de contrastar la hipótesis de convergencia presenta varias deficiencias y ha recibido una multitud de críticas. Existe el supuesto de homogeneidad lo cual no necesariamente se cumple en la vida real, cuando  $\beta < 0$  y  $\sigma_{t+T} < \sigma_t$  se asume que todas las economías de la muestra exhiben convergencia de manera simultánea, lo que impide identificar qué economías particulares convergen y cuáles no, como se demuestra en los Gráficos (3.1) y (3.2). Sintetizando las críticas hecha en los trabajos de Quah (1993), Bernard y Durlauf (1994, 1995) y Evans y Karras (1996) y Evans (1997), se puede mencionar que el modelo de convergencia beta sufre de la clásica falacia de Galton, de regresión hacia la media, lo cual genera estimaciones inconsistentes de la tasa de convergencia, dado que además, no considera los problemas de simultaneidad y heterogeneidad, lo que conduce a inferencias incorrectas. Según Wooldridge (2002), al cual hace mención Barrientos (2011), en el modelo de convergencia de corte transversal existen problemas de endogeneidad, específicamente se apunta a tres fuentes, el primero corresponde a variables omitidas, segundo a errores de medición y por último al problema de simultaneidad.

**Gráfico N° 3.2**  
**COPNVERGENCIA SIGMA EN CORTE TRANSVERSAL**



**Fuente:** Estimación y elaboración propia con datos de Penn World Table 7.1 y Madisson

En lugar de usar el modelo de corte transversal, Bernard y Durlauf (1995) y Evans y Karras (1996), han planteado estudiar la hipótesis de convergencia en el contexto de series temporales, basado en pruebas de raíces unitarias y de cointegración<sup>4</sup>. Siguiendo a Cermeño y Llamosas (2007), el modelo se puede especificar de la siguiente manera:

$$y_{i,t} = \alpha_{ij} + \beta y_{j,t} + \varepsilon_{ij,t} \quad (3.7)$$

Donde  $y_{i,t}$  es el ingreso per cápita del país a estudiar,  $y_{j,t}$  el ingreso por persona del país *benchmark*,  $\alpha_{ij}$  es una constante que denota diferencias permanentes entre las dos economías y  $\beta$  representa la elasticidad de largo plazo<sup>5</sup>. De acuerdo a la definición de Bernard y Durlauf (*op cit*), las economías  $i$  y  $j$  experimentan un proceso de convergencia si las diferencias del producto per cápita en el largo plazo tienden a disminuir hasta que sean iguales, es decir, cuando  $t \rightarrow \infty$  se requiere que  $\alpha_{ij} = 0$  y  $\beta = 1$ , por lo tanto, (3.7) se convierte en:

$$y_{i,t} - y_{j,t} = \varepsilon_{ij,t} \quad (3.8)$$

<sup>4</sup> Para indagar la hipótesis de convergencia a partir de las pruebas de raíz unitaria, se originó la llamada *convergencia estocástica*. Una versión estocástica del modelo neoclásico fue desarrollado por Lee, Pesaran y Smith (1997) en base al trabajo de Binder y Pesaran (1996).

<sup>5</sup> El modelo (3.7) es una variante de (3.5) en el contexto de series de tiempo, donde, en éste caso, se modela la dinámica del producto per cápita de una economía en función del producto per cápita de otra economía (que no necesariamente puede darse el caso, dado que muchos estudios utilizan la media,  $\bar{y}$ , en lugar de  $y_{j,t}$ , como el estado estacionario)

De donde, se puede inferir la definición de convergencia estocástica  $\lim_{t \rightarrow \infty} E(y_{i,t} - y_{j,t} / I_t) = 0$ , en el cual  $I_t$  es el set de información disponible en  $t$ . Esta definición no se cumple si los shocks específicos que sufre cada una de las economías ejercen efectos permanentes sobre su trayectoria a largo plazo, por lo tanto, en (3.8) se requiere que  $\varepsilon_{ij,t}$  sea estacionario con media cero, en otras palabras, la definición de convergencia se cumplirá si, y sólo si  $y_{i,t} - y_{j,t}$  es un proceso estacionario. Para contrastar esta definición, la prueba más usual es el test de Dickey –Fuller Ampliado (ADF) donde la hipótesis nula que se contrasta es la de no estacionariedad, y, por lo tanto, de no convergencia:

$$H_0 : (y_{i,t} - y_{j,t}) = I(1) ; \forall i = 1, 2, \dots, N \quad (3.9)$$

Para efectuar ésta hipótesis se plantea el siguiente modelo:

$$\Delta(y_{i,t} - y_{j,t}) = \eta(y_{i,t-1} - y_{j,t-1}) + \sum_{s=1}^m \phi_{ij,s} \Delta(y_{i,t-s} - y_{j,t-s}) + \xi_{ij,t} \quad (3.10)$$

Donde  $\xi_{ij,t} \sim i.i.d.(0, \sigma_{ij}^2)$ , con la inclusión de las diferencias rezagadas  $\Delta(y_{i,t-s} - y_{j,t-s})$  se asegura que  $\xi_{ij,t}$  sea un ruido blanco.

**Cuadro N° 2.1**  
**RESULTADOS DE LA PRUEBA ADF RESPECTO DE LA MEDIA<sup>1/</sup>**

País	Rezagos	ADF	Prob.	Conclusión respecto de la hipótesis nula
Argentina	2	-0,333	0,561	No se rechaza la $H_0$
Bolivia	0	1,303	0,950	No se rechaza la $H_0$
Brasil <sup>2/</sup>	2	-2,463	0,015	Se rechaza la $H_0$
Chile	1	-0,249	0,593	No se rechaza la $H_0$
Colombia	0	-1,080	0,251	No se rechaza la $H_0$
Ecuador	0	-1,276	0,184	No se rechaza la $H_0$
Paraguay	1	-0,321	0,566	No se rechaza la $H_0$
Perú	1	-1,254	0,191	No se rechaza la $H_0$
Uruguay	9	-0,820	0,356	No se rechaza la $H_0$
Venezuela	0	-1,068	0,255	No se rechaza la $H_0$

**Fuente:** Estimación y elaboración propia con datos de Penn World Table 7.1

<sup>1/</sup> Estamos interesados en probar la convergencia hacia el estado de equilibrio, entonces el modelo estimado fue respecto de la media  $\bar{y}_t$  y no así respecto de  $y_{ij,t}$ , en síntesis se ha probado la estacionariedad de  $y_{i,t} - \bar{y}_t$ . En éste proceso se consideró un máximo de 10 rezagos según el criterio de información de Akaike.

<sup>2/</sup> Significativo al 5%, por lo tanto existe convergencia.

**Nota:** Los datos usados hasta el momento se describirán en detalle en la sub-sección 4.2

En el Cuadro N° 2.1 se puede observar los resultados de la prueba de convergencia estocástica, donde no es posible rechazar la hipótesis nula, lo que es compatible con divergencia, excepto Brasil que exhibe un proceso de convergencia al nivel del 5%. Sin embargo, nuevamente, algunos autores cuestionan el uso de estas definiciones, el problema de fondo radica en se asume que cada economía se encuentra cerca del estado estacionario y no provee información sobre la velocidad de convergencia, como se puede observar en el cuadro anterior. Según Cheung y García (2004), la evidencia existente de acuerdo al enfoque de series de tiempo (prueba ADF) no es muy favorable para la noción de convergencia, se sabe, además, que las pruebas típicas de raíz unitaria tienen un bajo poder, por ello, el usos de (3.9) como la hipótesis nula puede conducir al sesgo de aceptar la hipótesis de no convergencia, lo que también queda demostrada en el Cuadro N° 2.1. Una evidencia clara sobre lo que menciona Cheung y García (*op cit*) son los resultados de Bernard y Durlauf (1995) y Nahar e Inder (2002), cuando ambos estudian los países de la OECD, en el primero encontró convergencia solo para 7 países, por su parte, en el segundo se reporta una fuerte evidencia de convergencia para 20 países, cuando suponen la no estacionariedad en los diferenciales del producto per cápita.

Así pues, una crítica principal al manejo de las pruebas de raíces unitarias para el estudio de convergencia, surge en el trabajo de Nahar e Inder (2002)<sup>6</sup>, los cuales demuestran la incompatibilidad entre las definiciones de convergencia y estacionariedad, al mismo tiempo señalan que el uso de estas definiciones es inapropiado.

## 4. Método experimental

### 4.1. Formulación del modelo y definición de la metodología econométrica

El procedimiento econométrico consiste en aplicar la técnica propuesta por Nahar e Inder (2002), que sugieren modelar la dinámica de transición a través de un polinomio estocástico en el tiempo, lo cual, de alguna forma deriva de la concepción de convergencia estocástica planteado por Bernard y Durlauf (1995) y Evans y Karras (1996), veamos en qué consiste dicha propuesta.

Si  $\bar{y}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_{i,t}$  denota el PIB per cápita promedio de la muestra, entonces la convergencia absoluta se puede plantear como sigue:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} E_t (y_{i,t} - \bar{y}_t / I_t) = 0 \quad (4.1)$$

Como se puede observar en (4.1), la convergencia de  $y_{i,t}$  hacia la media  $\bar{y}_{i,t}$  requiere que  $y_{i,t}$  e  $\bar{y}_t$  estén cointegradas con el vector [1, -1], lo que sugiere, precisamente, analizar las propiedades estocástica de  $y_{i,t} - \bar{y}_t$  a través de las pruebas de raíces unitarias, bajo la hipótesis establecida en (3.9).

---

<sup>6</sup> El trabajo inicial fue publicada en 1998 por el Departamento de Econometría y Estadísticas Empresariales en la *Monash University*.

La noción de convergencia que proponen Nahar e Inder (2002) es consistente aún cuando  $y_{i,t} - \bar{y}_t$  sea no estacionario<sup>7</sup>, por ello sugieren modelar la expresión  $y_{i,t} - \bar{y}_t$  a través de un polinomio en el tiempo para cada  $i$  respecto de una economía líder o de la media.

En el presente trabajo se investiga la convergencia del PIB per cápita de cada economía de América del Sur respecto de la media muestral, similar a otros estudios, como el de Tsanana *et al* (2012) y Camurdan y Ceylan (2013), los cuales usan la media como una proxy del estado estacionario.

Sea  $x_{i,t} = y_{i,t} - \bar{y}_t$  la distancia que separa el logaritmo del PIB per cápita de la economía  $i$ ,  $y_{i,t}$ , de la media,  $\bar{y}_t$ , durante el periodo  $t$ , cuando  $i = 1, 2, \dots, N$  y  $t = 1, 2, \dots, T$ , en la que  $\bar{y}_t$  puede ser considerada como la información del estado de equilibrio o estado estacionario. Cuando  $x_{i,t}$  se aproxima a cero conforme pasa el tiempo, entonces se puede considerar los argumentos en favor de convergencia, en el caso perfecto tendremos  $y_{i,t} = \bar{y}_t$ , lo que implica que  $x_{i,t} = 0$ , es decir, el PIB per cápita de la economía  $i$  se encuentra en una situación de equilibrio. Si  $x_{i,t}$  se aproxima a cero con el tiempo, entonces para cada  $x_{i,t} > 0$  y  $x_{i,t} < 0$ , la tasa de cambio en  $x_{i,t}$  respecto de  $t$  debe ser negativo y positivo respectivamente.

Por simplicidad sea  $\omega_{i,t} = |x_{i,t}|$ , de ésta manera, cuando  $x_{i,t}$  está convergiendo hacia cero, entonces para cada  $x_{i,t}$ , la velocidad de cambio en valor absoluto  $|x_{i,t}|$ , con respecto a  $t$  es negativo, es decir  $\frac{\partial}{\partial t} |x_{i,t}| < 0$ . Para apoyar la convergencia,  $\omega_{i,t}$  siempre debe estar cada vez más cerca de cero, por lo que su tasa de cambio respecto del tiempo, sería efectivamente negativo  $\frac{\partial \omega_{i,t}}{\partial t} < 0$ . Luego, la definición de convergencia absoluta planteada en (3.3) implica que:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} E_t (\omega_{i,t} / I_t) = 0 \quad (4.2)$$

---

<sup>7</sup> En la concepción de convergencia de Barnard y Durlauf, podemos observar que  $y_{i,t} - y_{j,t}$  de cierta manera es no estacionaria y con ello no puede cumplir la definición de convergencia. Por ejemplo, supongamos que  $y_{i,t} - y_{j,t}$  es un proceso no estacionario y está representado por el siguiente modelo:

$$y_{i,t} - y_{j,t} = \frac{\theta}{t} + \varepsilon_t$$

Donde  $E(\varepsilon_t) = 0$  y  $\varepsilon_t$  es un proceso estacionario. Como  $t \rightarrow \infty$ , entonces  $\frac{\theta}{t} \rightarrow 0$  por lo que

$\lim_{t \rightarrow \infty} E(y_{i,t} - y_{j,t}) = 0$ , y entonces  $y_{i,t} - y_{j,t}$  es convergente siendo no estacionario. Nahar e Inder realizan un ejercicio similar para demostrar que la definición de Evan y Karras tampoco es consistente con procesos de convergencia, por ello estos autores afirman que la estacionariedad no es una condición necesaria para la existencia de convergencia.

Cuando  $\omega_{i,t} > 0$  y  $\frac{\partial \omega_{i,t}}{\partial t} < 0$  es consistente con  $\omega_{i,t} \rightarrow 0$  y  $t \rightarrow \infty$ . Por consiguiente, la convergencia de una economía en particular se determina a partir del signo de  $\frac{\partial \omega_{i,t}}{\partial t}$ , para establecer dicha expresión podemos representar  $\omega_{i,t}$  como una función polinomio del tiempo  $f_n(t)$ , donde  $n$  es el grado de dicho polinomio.

La expresión que establece  $f_n(t)$ , se puede deducir fácilmente a partir de (2.4), dado que el ingreso per cápita y la tecnología en el momento inicial son iguales, por lo tanto la brecha de la economía  $i$  respecto de la media, en términos del modelo neoclásico<sup>8</sup>, viene dado por:

$$\omega_{i,t} = e^{-\lambda t} \omega_{i,0} \quad (4.3)$$

Claramente, el ajuste temporal de  $\omega_{i,t}$  es una función exponencial del tiempo, lo que nos muestra que el planteamiento empírico de Nahar e Inder (2002) es apropiado para el estudio de convergencia. Mediante una aproximación de Taylor, de orden  $n$  sobre el término  $e^{-\lambda t}$ , en potencias de  $t$  alrededor de  $t_0$ , se obtiene:

$$\omega_{i,t} \approx \left( \sum_{j=0}^n (-\lambda)^j e^{-\lambda t_0} \frac{(t-t_0)^j}{j!} \right) \omega_{i,0} \quad (4.4)$$

De ésta manera, el lado derecho de la expresión (4.4) permite inferir el siguiente polinomio del tiempo.

$$f_n(t) = \theta_0 + \theta_1 t + \theta_2 t^2 + \dots + \theta_{n-1} t^{n-1} + \theta_n t^n \quad (4.5)$$

Donde  $\theta_i$  son parámetros. De (4.5) podemos deducir la función pendiente:

$$\frac{\partial \omega_{i,t}}{\partial t} = f'_{n-1}(t) \quad (4.6)$$

En realidad, la serie  $\omega_{i,t}$  puede no tener una tendencia a disminuir de manera uniforme, lo cual significa que no todas las pendientes son negativas, pero si la economía tiende a converger, entonces  $\omega_{i,t}$  por lo general siempre disminuye, por lo tanto, el promedio esperado de las tasas de cambio en  $\omega_{i,t}$  durante el periodo en consideración debe ser significativamente negativo, es decir:

---

<sup>8</sup> Cuando se modela en la ecuación (3.4) sea  $\log(y_{i,t}) = e^{-\lambda t} \log(y_{i,0}) + (1 - e^{-\lambda t}) \log(y^*)$  la trayectoria del ingreso per cápita de la economía  $i$ , y  $\log(y_{ss,t}) = e^{-\lambda t} \log(y_{ss,0}) + (1 - e^{-\lambda t}) \log(y^*)$  el valor que sigue el ingreso per cápita del estado de equilibrio, realizando una diferencia entre ambas y mediante una operación aritmética de valores absolutos se obtiene (4.3)

$$\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{\partial \omega_{i,t}}{\partial t} < 0 \quad (4.7)$$

El cual se estima a partir de:

$$\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{\partial \omega_{i,t}}{\partial t} = \theta_1 + \theta_2 r_2 + \theta_3 r_3 + \dots + \theta_{n-1} r_{n-1} + \theta_n r_n = \theta r' \quad (4.8)$$

Donde:

$$r_2 = \frac{2}{T} \sum_{t=1}^T t, r_3 = \frac{3}{T} \sum_{t=1}^T t^2, \dots, r_{n-1} = \frac{n-1}{T} \sum_{t=1}^T t^{n-2}, r_n = \frac{n}{T} \sum_{t=1}^T t^{n-1}, \quad (4.9)$$

$$r = [0 \quad 1 \quad r_2 \quad \dots \quad r_{n-1} \quad r_n] \quad \text{y} \quad \theta = [\theta_0 \quad \theta_1 \quad \theta_2 \quad \dots \quad \theta_{n-1} \quad \theta_n]$$

Entonces, para probar la convergencia en el PIB per cápita, definimos la hipótesis nula de no convergencia,  $H_0 : \theta r' \geq 0$  versus la hipótesis alterna  $H_1 : \theta r' < 0$ . Para el estudio empírico, se toma como evidencia de la convergencia cuando rechazamos la hipótesis nula  $H_0$  en favor de la alterna  $H_1$ . Ahora bien, si agregamos un residual en la ecuación (4.5) para permitir shocks aleatorios, por azar pudiera ser que algunas pendientes fueran positivas, pero aun así el valor esperado de la pendiente (y del promedio de las pendientes) sería menor a cero. Para probar esto, incluimos un término de error  $\xi_{i,t}$  en (4.5) para obtener el siguiente polinomio estocástico en el tiempo:

$$\omega_{i,t} = \theta_0 + \theta_1 t + \theta_2 t^2 + \dots + \theta_{n-1} t^{n-1} + \theta_n t^n + \xi_{i,t} \quad (4.6)$$

Donde, se supone que  $\xi_{i,t} \sim i.i.d.(0, \sigma^2)$  y la especificación (4.6) se puede expresar en forma matricial:

$$\Omega = \Gamma \theta + \xi$$

Donde:

$$\Omega = \begin{bmatrix} \omega_{i1} \\ \omega_{i2} \\ \vdots \\ \omega_{iT} \end{bmatrix}_{T \times 1}; \quad \Gamma = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1^2 & \dots & 1^n \\ 1 & 2 & 2^2 & \dots & 2^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1 & T & T^2 & \dots & T^n \end{bmatrix}_{T \times n}; \quad \xi = \begin{bmatrix} \xi_{i1} \\ \xi_{i2} \\ \vdots \\ \xi_{iT} \end{bmatrix}_{T \times 1}$$

Aplicando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) se obtiene  $\hat{\theta} = (\Gamma' \Gamma)^{-1} \Gamma' \Omega$ , donde  $\hat{\theta}$  es el estimador de  $\theta$ . Luego, la pendiente promedio se estima de acuerdo a  $\hat{\theta} r' = (\Gamma' \Gamma)^{-1} \Gamma' \Omega r'$ , y el error estándar de es igual a  $se(\hat{\theta} r') = \sqrt{r' V(\hat{\theta}) r'}$ , donde  $V(\hat{\theta}) = s^2 (\Gamma' \Gamma)^{-1}$  es la matriz de varianzas y covarianzas de los estimadores  $\theta$ , posteriormente, para examinar la hipótesis de definida anteriormente se usa el estadístico,

formulada por  $t = \frac{\hat{\theta}r'}{se(\hat{\theta}r')}$ . Bajo estas condiciones el estadístico  $t$  sigue una distribución normal asintótica. La validez de la regresión (4.6) depende de los supuestos clásicos, tales como la normalidad de los residuos  $\xi_{i,t}$  para probar este supuesto se usa el test de Jarque-Bera. De ésta manera, el estadístico  $\lambda$  de Jarque-Bera se distribuye asintóticamente como una  $\chi^{(2)}$  con 2 grados de libertad.

#### 4.2. Selección de la muestra y recolección de los datos

El objeto de estudio en la presente investigación es el Producto Interno Bruto per cápita real de relevancia socio económica, y la información estadística sobre ésta variable fue obtenida de la Penn World Tables (PWT) versión 7.1 compilada por Heston, Summers y Aten (2012) de la Universidad de Pensilvania. Al hacer comparaciones internacionales del PIB, éstos tendrían que estar medidos en una moneda común, entonces bastará dividir el PIB de un país en moneda local respecto del tipo de cambio (precio del dólar) y así obtener el PIB medido directamente en dólares y hacer las comparaciones, este procedimiento no es correcto. Lo que se observa en los datos, es que el PIB medido directamente en dólares muestra mayores diferencias en el plano internacional que cuando el PIB se corrige por PPP<sup>9</sup> (De Gregorio, 2007, p. 271). Por lo anterior, es necesario construir un nivel de precios a nivel internacional y ajustar el PIB de cada país, de ésta manera realizar las comparaciones. Una de las instituciones que realiza este procedimiento es el Banco Mundial a través del *Programa de Comparaciones Internacionales*, que calcula el PIB de cada país corregido por PPP, de ella se originó la *PWT* que provee una base de datos en diferentes variables para 190 países, el cual es bastante utilizada en estudios de crecimiento económico.

La información de Heston, Summers y Aten (2012) provee datos del PIB per cápita para la mayoría de los países de América del Sur a partir de 1950 a precios constantes de 2005. Chile, Ecuador y Paraguay tienen disponibles desde 1951, para considerar el periodo que abarque desde 1950 se realizó una extrapolación de un periodo hacia atrás.

No obstante, Cheung y García (2004) mencionan que las diferentes formas de compilar los datos pueden imputar dinámicas diferentes en el producto y dar lugar a resultados diferentes. En este trabajo, se consideró ésta posibilidad de ambigüedad en los resultados sobre convergencia a nivel internacional, particularmente, América del Sur. Madisson (2013), provee una base de datos de largo plazo mucho más completa sobre el PIB a nivel mundial<sup>10</sup>, la cual usa la metodología de Geary y Khamis para construir los precios internacionales y posteriormente son ajustados por PPP, además clasifica el PIB por regiones. Para el caso de los países de América del Sur, en algunos casos, existe disponible desde 1800 con discontinuidad de entre 5 y 30 periodos hasta 1870, a partir del cual se tienen datos parcialmente completos, Ecuador sólo desde 1900, Paraguay y Bolivia a partir de 1939 y 1945 respectivamente. Así pues, Madisson (2013) proporciona datos del PIB per cápita desde 1900 hasta 2010 a precios constantes de 1990, para Paraguay sólo hasta el 2008, y para completar hasta 2010 se realizó una extrapolación de dos periodos hacia adelante.

---

<sup>9</sup> Sigla en inglés que significa *Purchasing Power Parity*, en español significa Paridad de Poder Adquisitivo (PPA), sin embargo en la literatura se suele utilizar la sigla PPP con frecuencia.

<sup>10</sup> Tiene aproximaciones del PIB per cápita inclusive desde al año 1 para los países desarrollados, solo por nombrar, Bélgica, Francia, Italia, Inglaterra, Estados Unidos, y otros.

Debido a la disponibilidad de la información y para que las interpretaciones de los resultados no sean objeto de distorsión, se consideró el periodo 1950-2010 para una muestra de 10 países de América del Sur; Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela. Se decidió excluir a Surinam y Guyana debido a la falta de datos y con la finalidad de emplear una base homogénea en delimitación temporal. De ésta manera se realiza una comparación cualitativa y cuantitativa de los resultados de convergencia, sabiendo que ambas fuentes construyen los datos de manera diferente, además difieren en el año base, estos elementos pueden traer consigo implicaciones importantes en los resultados.

## 5. Resultados y discusión

Para determinar la hipótesis de convergencia aplicando la metodología de Nahar e Inder (2002), en un primer momento se calculó la distancia que le separa el PIB per cápita de la economía  $i$  del estado de equilibrio, donde hemos definido por  $x_{i,t} = y_{i,t} - \bar{y}_t$ , posteriormente se extrae el valor absoluto de ésta expresión obteniéndose  $\omega_{i,t}$ , luego, se estimó el modelo dado en (4.6) mediante el método de MCO, asumiendo que  $\xi_{i,t}$  presenta una distribución normal, en éste proceso se consideró diferentes formas de la función temporal  $f_n(t)$ , los cuales se diferencian por la potencia de  $t$  y se seleccionó el modelo óptimo en función de la minimización del criterio de información de Schwarz (1978). También se tomó en cuenta, a raíz de Bentzen (2005), que los coeficientes estimados sean estructuralmente estables, para que la pendiente promedio se mantenga constante y los residuos no se desvíen mucho de cero, éste proceso se la encaró mediante estimaciones recursivas. Por último, con las estimaciones de los coeficientes  $\theta$  y el cálculo de las constantes  $r$ , se estimó la pendiente promedio para cada economía con sus respectivos estadísticos- $t$ . Este procedimiento se aplicó a las dos fuentes de información.

En el Cuadro N° A.1 (Anexo) se presentan los resultados de la estimación del polinomio estocástico, para datos de PWT, en él se observan diferentes formas de  $f_n(t)$  para cada país, los estimadores de  $\theta_i$  en su mayoría son estadísticamente diferentes de cero (con un nivel de confianza del 99%) lo que nos lleva a inferir que las pendientes a estimar tendrán un buen nivel de significancia ya sea hacia la convergencia o divergencia, lo que significa que los modelos seleccionados para cada economía son apropiados, además la proporción de la varianza que es explicada en  $\omega_{i,t}$  a través de la variable temporal es superior al 70% en su mayoría, excepto Ecuador y Perú que presenta un  $R^2$  en torno al 66% y 67% respectivamente. También se observan los valores de Schwarz, dado que éste criterio intenta seleccionar el modelo verdadero porque considera que se encuentra entre los candidatos.

En el Cuadro N° 5.1 se reportan el grado del polinomio, la pendiente promedio, el error estándar y el estadístico- $t$ . Bolivia, Chile, Paraguay y Uruguay presentan pendientes positivas, lo que significa que estas economías presentan un comportamiento divergente respecto del estado de equilibrio, en el primer caso es estadísticamente significativo al 1%, lo que existe suficiente evidencia para afirmar que el PIB per cápita de Bolivia diverge de la media de América del Sur. Para el caso de Chile, Paraguay y Uruguay, la pendiente estimada puede ser considerada cero, en éste caso, de igual manera estaríamos ante una situación de divergencia. Existen 6 países que presentan pendientes negativas lo cual nos

permite inferir convergencia de manera parcial, veamos caso por caso. Argentina y Colombia, a pesar de tener pendiente negativo ello no escapa de ser estadísticamente mayor o igual a cero que es compatible con divergencia, debido a que el estadístico-*t* son menores al 2%, en éste caso mencionamos que los resultados no son conclusivos. Brasil, Ecuador, Perú y Venezuela, de igual modo, presentan pendientes negativas los cuales son significativos al 1%, excepto Perú, al 5%, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de no convergencia de manera categórica, las pendientes de éstas economías también se pueden interpretar como la velocidad de convergencia, entonces mencionamos que el PIB per cápita de Brasil converge a una tasa del 1,3%, Ecuador y Perú convergen al 0,2% y Venezuela al 0,6%. En el Gráfico N° A.1 se puede observar una clara evidencia de convergencia económica para aquellos países que presentan pendientes negativas.

**Cuadro N° 5.1**  
**CONVERGENCIA SEGÚN EL MÉTODO DE NAHAR E INDER**

Descripción	Con datos de Penn World Table 7.1			Con datos de Madisson		
	<i>n</i>	$\theta r'$	Error estándar (Estadístico- <i>t</i> )	<i>n</i>	$\theta r'$	Error estándar (Estadístico- <i>t</i> )
Argentina	6	-0,0120	0,0403 -0,2979	3	-0,0009	0,0007 -1,3551
Bolivia	2	0,0108	0,0004 28,0316	5	0,0084	0,0097 0,8607
Brasil	3	-0,0128*	0,0007 -18,1821	4	-0,0087*	0,0024 -3,6425
Chile	5	0,0037	0,0252 0,1489	6	0,0185	0,0096 1,9196
Colombia	3	-0,0010	0,0007 -1,3753	3	-0,0043*	0,0004 -10,0949
Ecuador	3	-0,0019*	0,0005 -3,5973	2	-0,0065*	0,0006 -10,5875
Paraguay	7	0,0341	0,1591 -0,2142	4	0,0046	0,0044 1,0452
Perú	3	-0,0018**	0,0008 -2,3032	3	-0,0027*	0,0008 -3,4876
Uruguay	5	0,0001	0,0060 0,0166	5	-0,0001	0,0128 -0,0070
Venezuela	3	-0,0060*	0,0007 -8,6551	3	-0,0089*	0,0002 -43,0253

**Fuente:** Estimación y elaboración propia con datos de Penn Worl Table7.1 y Madission.

**Para los datos de Penn World Table:** \* significativo al 1% y \*\* significativo al 5%

**Para datos de Madisson:** \* significativo al 1%

*n* : es el grado del polinomio estimado

$\theta r'$  : es la pendiente promedio durante 1950-2010.

Por otra parte, los resultados de la estimación del modelo (4.6), usando datos de Madisson, se observan en el Cuadro N° A.2. Se debe destacar que la mayoría de los polinomios muestran buen ajuste, al presentar  $R^2$  superior al 70%, para el caso de Argentina éste estadístico es de 63% que no deja de ser un buen ajuste, así pues, todos los coeficientes estimados son estadísticamente significativos, en el caso del coeficiente  $\theta_1$  de Brasil hay una probabilidad de 3,9% de no rechazar la hipótesis nula de que el coeficiente sea cero, sin embargo ésta es menor al 5%.

En el Cuadro N° 5.1 se presentan el grado del polinomio, la pendiente promedio, error estándar y el estadístico- $t$  asociado a la pendiente, a partir del cuadro se debe destacar lo siguiente; Bolivia, Chile y Paraguay tienen pendiente positiva lo que es consistente con un comportamiento divergente; Argentina y Uruguay, a pesar de tener pendiente negativa se puede interpretar como no concluyentes debido a la baja significancia estadística, lo que nos conduciría a aceptar la hipótesis nula de no convergencia; por su parte, la pendiente negativa de Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela son estadísticamente significativos al 1% lo que implica que dichas pendientes fueron estimadas con un nivel de confianza del 99%. Como las pendientes representan derivadas en función del tiempo, entonces éstas se pueden interpretar como las velocidades a las cuales convergen las economías, Brasil y Venezuela convergen al 0,9%, Colombia al 0,4%, Ecuador al 0,7% y Perú al 0,3%. En el Gráfico N° A.2 se puede observar una clara evidencia de convergencia económica para aquellos países que presentan pendientes negativas.

Al realizar las comparaciones de los resultados obtenidos para ambas fuentes de información, mencionamos que cualitativamente son los mismos, es decir, se revela sobre la existencia de economías con pendiente negativa y pendiente positiva. Así pues, Bolivia, Chile y Paraguay divergen respecto de la media de América del Sur y el resto de las economías exhiben pendientes negativas, lo que significa un proceso de convergencia, en el caso de Uruguay, para PWT se obtiene una pendiente positiva, pero cuando se usa datos de Madisson resulta ser negativa. Para ser exactos y rigurosos, cuantitativamente existen diferencias importantes, tanto en el grado del polinomio, los valores de las pendientes y los estadísticos- $t$ , éste último considerado como un criterio básico para tomar una decisión acerca de la relevancia en el valor de la pendiente y por ende sobre el comportamiento convergente o divergente, por ejemplo en el caso de Colombia, cuando se usa datos de PWT el valor obtenido de  $\theta r'$  no es significativo, lo que significa que éste valor puede ser considerado positivo, para el caso de Madisson el valor de  $\theta r'$  es significativo al 1%, por lo que existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de no convergencia.

Entonces, cómo explicar las diferencias cuantitativas cuando se usan los datos de PWT y Madisson para una misma metodología?. Una posible explicación puede estar inmersa en el año base que usan éstas fuentes de información, por un lado PWT usa como base el año 2005 y por su parte Madisson a 1990 además de usar diferentes metodologías de construcción de los precios a nivel internacional. Por lo tanto, en el plano internacional debe existir cierta cautela en la interpretación de los resultados cuando se usa una u otra fuente de información y las diferencias en los datos pueden llevar a tomar conclusiones erróneas. El propósito de la comparación en los resultados no fue sugerir qué fuente de información era buena y que era lo malo, sino más bien ilustrar que los resultados en trabajos sobre crecimiento económico dependen de manera crucial de los datos a usar y considerar las ventajas y desventajas que puedan proveer dichos datos.

El método planteado por Nahar e Inder (2002), para examinar la hipótesis de convergencia, es eminentemente práctico y posee varias ventajas respecto de las técnicas que proponen Barro y Sala-i-Martin (1991), porque permite modelar la dinámica de transición para una economía en particular y de ésta manera revelar qué economías convergen y cuáles no. Respecto del método de Bernard y Durlauf (1995), posee ventajas porque el diferencial del PIB per cápita no necesariamente debe ser estacionario para determinar la convergencia y también puede proveer la velocidad de convergencia. En síntesis cada método con ventajas y desventajas, y por su puesto la técnica de Nahar e Inder (2002) tiene ciertas limitaciones, por ejemplo, cuando el diferencial del ingreso per cápita se aproxima por un polinomio, ésta puede ser compatible con diferentes teorías del crecimiento (rendimientos crecientes o cambios de regímenes u otros).

## 6. Conclusiones

En este artículo se investigó la presencia (ausencia) de convergencia en el PIB per cápita para 10 países de América del Sur durante 1950-2010. En el marco de series temporales, para contrastar la hipótesis de convergencia, se utilizó el método desarrollado por Nahar e Inder (2002) sobre la base de dos fuentes de información, Penn World Table y Madisson, a raíz de que Cheung y García (2004) señalan que las diferentes formas de compilar los datos pueden traer consigo implicaciones fundamentales a la hora de discriminar diferentes tipos de comportamientos. De ésta manera, para la primera fuente de información se puede concluir mencionando tres aspectos; primero, las economías de Bolivia, Chile, Paraguay y Uruguay presentan un comportamiento divergente; segundo, Argentina y Colombia presentan resultados no concluyentes, dado que las pendientes, a pesar de ser negativos, no resulta ser estadísticamente significativo; tercero, para los países de Brasil, Ecuador, Perú y Venezuela existe suficiente evidencia a favor de convergencia.

Cuando se usa los datos de Madisson, concluimos en tres niveles; primero, Bolivia, Chile y Paraguay divergen de la media de América del Sur; segundo, los resultados para Argentina y Uruguay no existe evidencia estadística de convergencia; tercero, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela experimentan un proceso de convergencia hacia el PIB per cápita de América del Sur.

Sin embargo, al existir diversos instrumentos estadísticos y econométricos para el estudio de convergencia, sugiero seguir investigando el tema, por ejemplo sería interesante aplicar el Modelo de Transición Autorregresivo Exponencial desarrollada por Kapetianos *et al* (2003), para ver si existe un proceso convergente no lineal, un trabajo en esa línea se tiene a Camurdan y Ceylan (2013).

## Bibliografía

- [1] Aghion, Philippe y Peter Howitt (1992). "A model of growth through creative destruction", *Econometrica*, 60, 323–351.
- [2] Amable, Bruno y Michel Juillard (2000). "The Historical Process of Convergence". Manuscrito.
- [3] Barrientos, Paola (2011). "Convergence clubs in Latin America: A historical approach", Development Research Working Paper Series 01/2011, Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo (INESAD), La Paz-Bolivia.
- [4] Barro, Robert (1991). "Economic growth a cross-section of countries", *Quarterly Journal of Economics*, 106, 407-43.
- [5] Barro, Robert. y X. Sala-i-Martin (1992). "Convergence", *Journal of Political Economy*, 100 (2), pp.223-251.
- [6] \_\_\_\_\_ (2009). *Crecimiento Económico*, Massachusetts Institute of Technology (ITM), 2da.ed. Editorial Reverté S.A.
- [7] Bernard, A. y S. Durlauf, (1995). "Interpreting test of the convergence hypothesis", *Journal of Econometrics*, 71, pp.161-173.
- [8] Bolt, J. y J. L. Van Zanden (2013). The First Update of the Maddison Project; Re-Estimating Growth Before 1820. Maddison Project Working Paper 4
- [9] Camarero, Miriam; Renato Flôres y Cecilio Tamarit (2002). "Multivariate time series evidence of internacional output convergence in Mercosur", *Computing in Economics and Finance*, 87.
- [10] Çamurdan, Burak, y Resat Ceylan, (2013). "Convergence experiences in emergin market economies". *Journal of Yasar University*, 30(8), 5105-5122.
- [11] Cermeño, Rodolfo e Irving Llamosas (2007). "Convergencia del PIB per cápita de 6 países emergentes con Estados Unidos: un análisis de cointegración", *Econo Quantum* 59-82.
- [12] Cheung, Yin-Wong y Pascual García (2004). "Testing for output convergence: a re-examination", *Oxford Economic Papers*, 56, pp. 45-63.
- [13] Chumacero, Rómulo. (2006). "On the Power of Absolute Convergence Test", *Studies in Nolinear in Econometrics*, 10(2).
- [14] De Gregorio, José (2007). "Macroeconomía. Teoría y políticas", Pearson Prentice Hall, 1ra ed. México, reimpresión 2012.
- [15] Durlauf, Steven (2003) "La hipótesis de convergencia: 10 años despues", *CLM economía*, N° 2, pp. 55-74. University of Wisconsin at Madison.
- [16] Dornbusch, Rudiger y Stanley Fisher (1992). "Macroeconomía", MacGraw Hill, 5ta ed.
- [17] Evans, Paul y Georgios Karras (1996a). "Convergence revised", *Journal of Monetary Economics*, 37, 249-266.
- [18] \_\_\_\_\_ (1996b). "Do economies converge? Evidence from a panel of U.S. satates", *Review of Economics and Statistics*, 78, 384-388.
- [19] Evans, Paul (1997). "How fast do economies convergen?", *Review of Economics and Statistics*, 79, 219–25.
- [20] Grossman, Gene y Elhanan Helpman, (1991) "Innovation and Growth in the Global Economy", The MIT Press, Cambridge, MA, 43–111.

- [21] Heston, Alan; Robert Summers y Bettina Aten (2012). Penn World Table, Version 7.1, *Center for International Comparisons of Production, Income and Prices at the University of Pennsylvania*.
- [22] Kapetanios, George; Yongcheol Shin y Andy Snell (2003). Testing for a unit root in the nonlinear STAR framework, *Journal of Econometrics*, 112, pp. 359-379.
- [23] Mankiw, Gregory; David Romer, y David Weil (1992). "A contribution to the empirics of economic growth", *Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407–437.
- [24] Nahar, Syfun y Brett Inder (2002). "Testing convergence in economic growth for OECD countries", *Applied Economics*, 34(16), 2011-2022.
- [25] Quah, Dany. (1993). "Galton's fallacy and tests of the convergence hypothesis", *The Scandinavian Journal of Economics*, 95, 427–43.
- [26] Ramsey, Frank. (1928). "A Mathematical Theory of Saving", *Journal Economics*, 38, pp. 543-559.
- [27] Sala-i-Martin, Xavier. (2004). *Apuntes de Crecimiento Económico*. Universidad de Columbia y Universidad de Pompeu Fabra. 2da ed. Antoni Bosch. Barcelona-España.
- [28] Solow, Robert (1956). "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), pp. 65-94.
- [29] Soto, Vicente (2005). "(Di) Convergencia regional en México", *Nóises, revista de ciencias sociales y humanidades*, vol. 15, N° 27, pp. 17-44. [www.redalyc.org](http://www.redalyc.org)
- [30] Tsanana, Eftychia; Constantinos Katrakilidis y Panagiotis Pantelidis (2012). "Balkan Area and EU-15: An Empirical Investigation of Income Convergence", *Contributions to Economics*, 23-33.

## Anexos

Tabla N° 1

### LITERATURA SOBRE LA HIPÓTESIS DE CONVERGENCIA EN EL MARCO DE SERIES TEMPORALES

AUTOR	MUESTRA	METODOLOGIA	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
Çamurdan y Ceylan (2013)	25 Países de mercados emergentes, durante 1950-2008	Pruebas ADF, polinomios estocásticos en el tiempo y test de raíz unitaria no lineal	Encuentra evidencia de convergencia hacia la media para 18 países, concluyendo que no existe ningún efecto no lineal
Tsanana <i>et al</i> (2012)	8 economías del área Balkan con relación a la media de la Unión Europea para el periodo 1989-2009	Polinomios estocásticos en el tiempo	Sus hallazgos apoyan la convergencia sólo para Grecia y Eslovenia
Barrientos (2011)	32 países de América Latina durante el periodo 1900-2007	Convergencia-beta (Cross-section y panel) a través de eventos cronológicos en la historia económica	Evidencia de clubes de convergencia durante las fases de industrialización y globalización.(en general, 1930-2007)
Cermeño y Llamosas (2007)	6 países emergentes con relación a EE UU, periodo 1950-2000.	Análisis de Cointegración (ADF y KPSS) e incluye un posible cambio estructural mediante el enfoque de Gregory y Hansen.	No existe convergencia, excepto de Canadá-EEUU cuyos resultados no son conclusivos. Con la inclusión de cambio estructural tampoco existe convergencia.
Cheung y García (2004)	Países del G-7 con respecto a los EE UU, durante el periodo 1950 -1992.	Prueba mediante el test ADF e incluyen la técnica de raíz unitaria en panel.	La evidencia de convergencia no se produce de forma simultánea, por lo que se origina la existencia de clubes de convergencia.
Camarero <i>et al</i> (2003)	Países del Mercosur y sus asociados durante 1960 - 1999.	Pruebas ADF univariada y análisis multivariada.	Los resultados apoyan la convergencia en el largo plazo o de " <i>catching up</i> " de los países pobres respecto a Brasil y en cierta forma, respecto a Argentina.
Amable y Juillard (2000)	53 países vis-a-vis con relación a EE UU, en general cubren el periodo 1870 - 1994.	Prueba de Raíz Unitaria (ADF y KPSS) y Filtro de Kalman.	La prueba ADF acepta convergencia extremadamente rara mientras que el procedimiento KPSS acepta esta hipótesis con poco rigor.

**Fuente:** Elaboración propia en base a literatura existente.

**Nota:**

- En el estudio de Camurdan y Ceylan de los 25 países emergentes incluye 7 países de América del Sur; Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.
- En el trabajo de Cermeño y Llamosas de los 6 países emergente, 3 corresponden a economías de América del Sur; Argentina, Brasil y Chile.

**Cuadro N° A.1**  
**RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL POLINOMIO**

País	$R^2$	Criterio de Schwarz	Coeficientes y sus Estadísticos								
			$\theta_0$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_3$	$\theta_4$	$\theta_5$	$\theta_6$	$\theta_7$	
Argentina	0,7822	-3,6226	Coeficientes	0,5389	-0,0634	0,0096	-0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	
			Std. Error	0,0367	0,0157	0,0021	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	
			t-Statistic	14,6838	-4,0381	4,5018	-4,5313	4,3391	-4,0992	3,8792	
			Prob.	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0003	
Bolivia	0,9338	-2,8532	Coeficientes	0,0870	0,0231	-0,0002					
			Std. Error	0,0214	0,0016	0,0000					
			t-Statistic	4,0693	14,5246	-8,0173					
			Prob.	0,0001	0,0000	0,0000					
Brasil	0,9173	-2,6923	Coeficientes	0,7870	-0,0489	0,0012	0,0000				
			Std. Error	0,0310	0,0043	0,0002	0,0000				
			t-Statistic	25,3521	-11,3596	7,3831	-5,7691				
			Prob.	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000				
Chile	0,7207	-1,7847	Coeficientes	0,2026	-0,0676	0,0074	-0,0003	0,0000	0,0000		
			Std. Error	0,0762	0,0241	0,0024	0,0001	0,0000	0,0000		
			t-Statistic	2,6606	-2,8031	3,1214	-3,1250	3,0745	-2,9788		
			Prob.	0,0102	0,0070	0,0029	0,0028	0,0033	0,0043		
Colombia	0,8675	-3,6327	Coeficientes	0,1883	0,0150	-0,0008	0,0000				
			Std. Error	0,0194	0,0027	0,0001	0,0000				
			t-Statistic	9,7081	5,5958	-8,2308	8,6602				
			Prob.	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000				
Ecuador	0,6654	-2,2444	Coeficientes	0,4834	-0,0025	-0,0004	0,0000				
			Std. Error	0,0388	0,0054	0,0002	0,0000				
			t-Statistic	12,4474	-0,4576	-1,8634	2,9291				
			Prob.	0,0000	0,6490	0,0676	0,0049				
Paraguay	0,9259	-3,1181	Coeficientes	0,5093	0,1334	-0,0280	0,0027	-0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
			Std. Error	0,0566	0,0312	0,0056	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
			t-Statistic	9,0044	4,2692	-4,9951	5,9477	-6,7548	7,2853	-7,5656	7,6623
			Prob.	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Perú	0,6775	-2,4105	Coeficientes	0,2450	-0,0331	0,0014	0,0000				
			Std. Error	0,0357	0,0050	0,0002	0,0000				
			t-Statistic	6,8549	-6,6751	7,5557	-7,3755				
			Prob.	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000				
Uruguay	0,8535	-2,9197	Coeficientes	0,3285	0,0401	-0,0068	0,0003	0,0000	0,0000		
			Std. Error	0,0432	0,0137	0,0013	0,0001	0,0000	0,0000		
			t-Statistic	7,6085	2,9307	-5,0586	5,3976	-5,1364	4,7263		
			Prob.	0,0000	0,0049	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		
Venezuela	0,9300	-2,9955	Coeficientes	0,5243	0,0241	-0,0010	0,0000				
			Std. Error	0,0267	0,0037	0,0001	0,0000				
			t-Statistic	19,6543	6,5082	-6,8930	5,1823				
			Prob.	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000				

**Fuente:** Estimación y elaboración propia con datos de *Penn World Tables 7.1*

**Nota:** En la mayoría de los países, existen coeficientes (que no aparecen en el cuadro) con más de 4 decimales significativos.

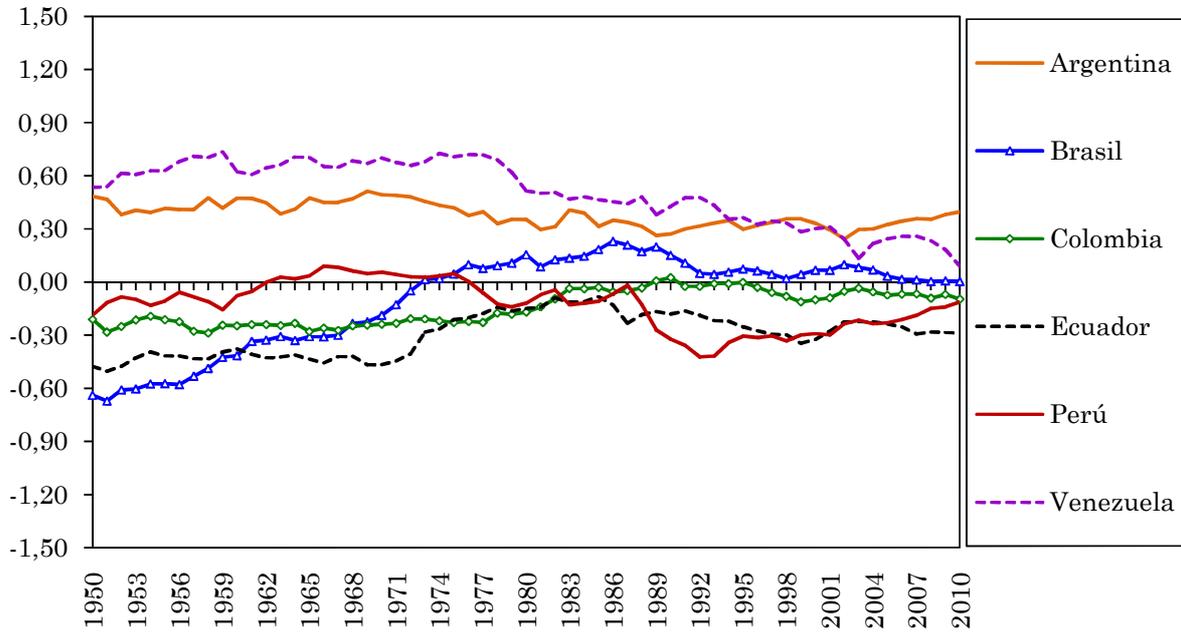
**Cuadro N° A.2**  
**RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL POLINOMIO**

País	$R^2$	Criterio de Schwarz	Coeficientes y sus Estadísticos	$\theta_0$	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_3$	$\theta_4$	$\theta_5$	$\theta_6$
				Argentina	0,6300	-3,0674	Coeficientes Std. Error t-Statistic Prob.	0,3287 0,0257 12,7734 0,0000	0,0152 0,0036 4,2609 0,0001	-0,0005 0,0001 -4,1013 0,0001
Bolivia	0,8584	-3,2544	Coeficientes Std. Error t-Statistic Prob.	0,2559 0,0365 7,0070 0,0000	0,1431 0,0116 12,3776 0,0000	-0,0126 0,0011 -11,1661 0,0000	0,0005 0,0000 10,1191 0,0000	0,0000 0,0000 -9,1824 0,0000	0,0000 0,0000 8,3936 0,0000	
Brasil	0,9579	-3,0488	Coeficientes Std. Error t-Statistic Prob.	0,6163 0,0329 18,7173 0,0000	0,0152 0,0072 2,1065 0,0397	-0,0026 0,0005 -5,6206 0,0000	0,0001 0,0000 5,9640 0,0000	0,0000 0,0000 -5,5475 0,0000		
Chile	0,9675	-3,2993	Coeficientes Std. Error t-Statistic Prob.	0,2695 0,0431 6,2474 0,0000	-0,0858 0,0185 -4,6474 0,0000	0,0142 0,0025 5,6368 0,0000	-0,0009 0,0002 -6,0344 0,0000	0,0000 0,0000 5,9415 0,0000	0,0000 0,0000 -5,5115 0,0000	0,0000 0,0000 4,9215 0,0000
Colombia	0,9665	-4,1156	Coeficientes Std. Error t-Statistic Prob.	0,3734 0,0152 24,5087 0,0000	0,0124 0,0021 5,8887 0,0000	-0,0009 0,0001 -10,9384 0,0000	0,0000 0,0000 11,5178 0,0000			
Ecuador	0,7275	-1,9151	Coeficientes Std. Error t-Statistic Prob.	0,8132 0,0342 23,7906 0,0000	-0,0234 0,0025 -9,1914 0,0000	0,0003 0,0000 6,8447 0,0000				
Paraguay	0,8321	-2,3290	Coeficientes Std. Error t-Statistic Prob.	0,5842 0,0472 12,3797 0,0000	0,0687 0,0104 6,6253 0,0000	-0,0044 0,0007 -6,5318 0,0000	0,0001 0,0000 5,2983 0,0000	0,0000 0,0000 -3,9345 0,0002		
Perú	0,7671	-2,3628	Coeficientes Std. Error t-Statistic Prob.	0,4727 0,0366 12,9127 0,0000	-0,0473 0,0051 -9,3192 0,0000	0,0019 0,0002 10,0341 0,0000	0,0000 0,0000 -9,5598 0,0000			
Uruguay	0,9079	-3,6888	Coeficientes Std. Error t-Statistic Prob.	0,3351 0,0294 11,4022 0,0000	0,0453 0,0093 4,8637 0,0000	-0,0073 0,0009 -7,9881 0,0000	0,0003 0,0000 8,7319 0,0000	0,0000 0,0000 -8,5945 0,0000	0,0000 0,0000 8,1889 0,0000	
Venezuela	0,9733	-3,4474	Coeficientes Std. Error t-Statistic Prob.	0,8328 0,0213 39,1334 0,0000	0,0187 0,0029 6,3325 0,0000	-0,0011 0,0001 -9,7987 0,0000	0,0000 0,0000 8,8671 0,0000			

**Fuente:** Estimación y elaboración propia con datos de Madission

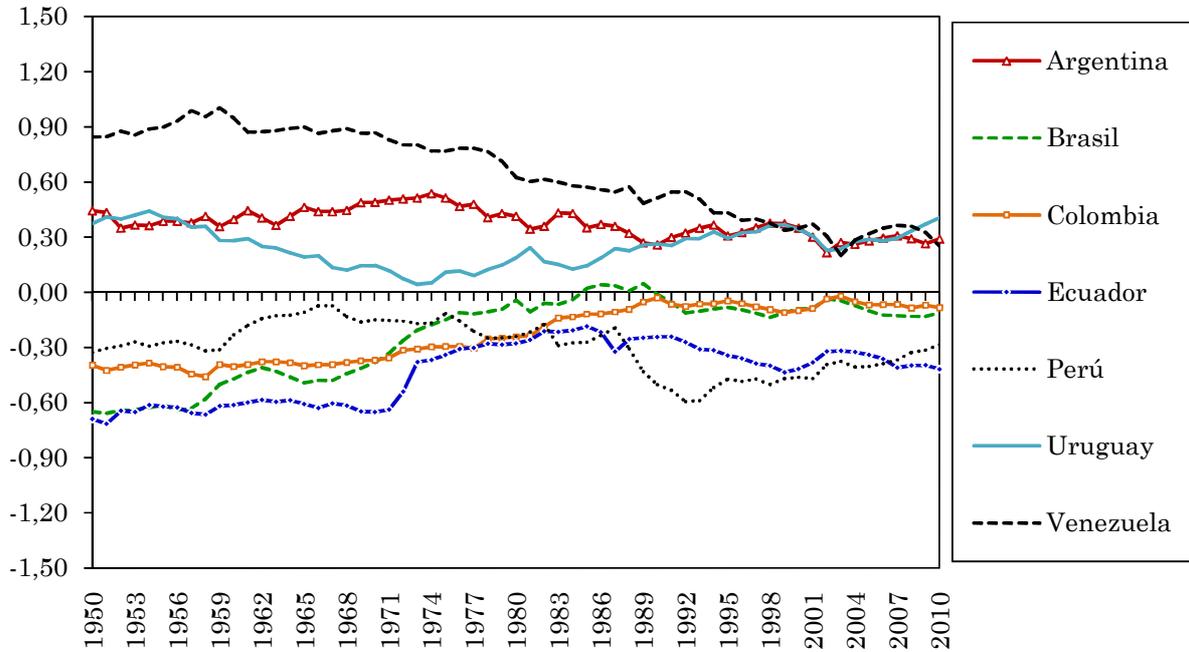
**Nota:** En la mayoría de los países, existen coeficientes (que no aparecen en el cuadro) con más de 4 decimales significativos.

**Gráfico N° A.1**  
**COMPORTAMIENTO DEL DIFERENCIAL DEL PIB PER CÁPITA DE LAS ECONOMÍAS CON**  
**PENDIENTE NEGATIVA**



Fuente: Estimación y elaboración propia con datos de Penn World Table 7.1

**Gráfico N° A.2**  
**COMPORTAMIENTO DEL DIFERENCIAL DEL PIB PER CÁPITA DE LAS ECONOMÍAS CON**  
**PENDIENTE NEGATIVA**



Fuente: Estimación y elaboración propia con datos de Madission