

REPORTE DE INVESTIGACIÓN

1. Nombre del profesor

Dr. Enrique Casares Gil y Dra. Lucía A. Ruiz Galindo

2. Proyectos registrados ante Consejo Divisional

571 Tasa de crecimiento de una economía liderada por el sector exportador,

607 Análisis Multivariado y de Series de Tiempo y

891 Modelos con fundamentos microeconómicos

3. Líneas de generación y/o aplicación de conocimiento

Modelación económica

Econometría y Series de Tiempo

4. Área o Grupo de Investigación

Grupo de Investigación de Modelación Económica Teórica y Aplicada

(en proceso de aprobación)

**Cointegración del crecimiento económico y
términos de intercambio en
Brasil, México y Perú.**

Por

**ENRIQUE R. CASARES
LUCÍA A. RUIZ GALINDO**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN MODELACIÓN ECONÓMICA
TEÓRICA Y APLICADA

Diciembre, 2018.

1. Introducción

El objetivo de este Reporte de Investigación es averiguar la existencia de una relación de equilibrio de largo plazo entre crecimiento y términos de intercambio en Brasil, México y Perú, mediante el análisis de cointegración de esas variables utilizando información anual de 1980 a 2014.¹ De manera más precisa, se estudia si esas variables para cada país, son cointegradas, en cuyo caso tendrán una tendencia común, es decir, un comportamiento sincrónico, aun cuando sean no estacionarias.

La cointegración establece que si se tienen variables no estacionarias, pero integradas del mismo orden, y existe al menos una combinación lineal de las no estacionarias, que sí lo es, entonces ellas son cointegradas. De esta manera, para determinar la cointegración de las variables se debe saber si son estacionarias o bien, si alguna transformación de la variable lo es.

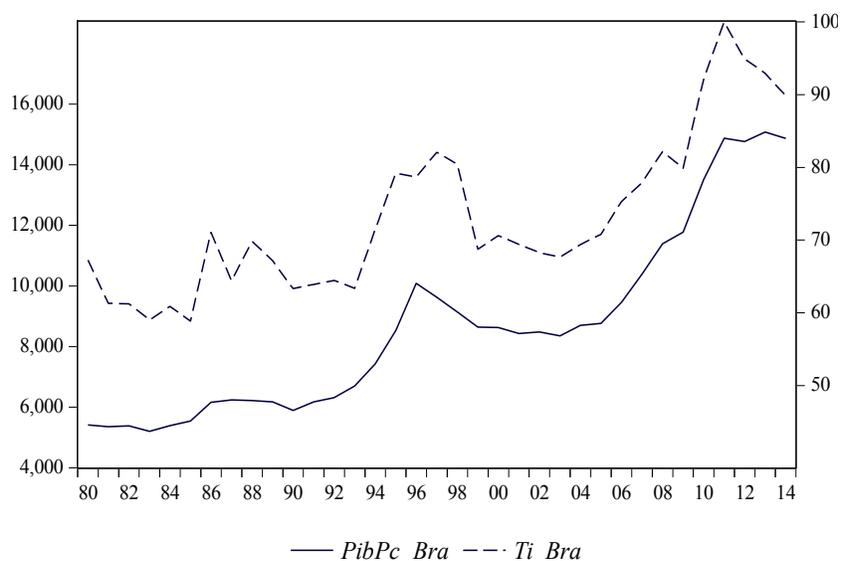
El Reporte consta de cinco Secciones. En la primera se presenta la dinámica de las variables a través de una descripción sucinta de cada una en los países mencionados y con el objeto de establecer de una manera intuitiva su estacionariedad; en seguida, en la tercera Sección, se llevan a cabo pruebas de hipótesis estadísticas de raíces unitarias tanto para las variables originales como para algunas transformaciones de las mismas, para establecer de manera formal su estacionariedad; en la cuarta Sección, se realizan para las variables que son integradas del mismo orden, las pruebas de cointegración de Engle y Granger, y la de Johansen, con el propósito de establecer si existe o no una relación de equilibrio de largo plazo entre el crecimiento económico y los términos de intercambio; en la última Sección se plantean algunas conclusiones.

¹ Los términos de intercambio son un índice que resulta del cociente entre el índice de precios de las exportaciones y de las importaciones de cada país.

2. Dinámica de las variables

Las Gráficas 1, 2 y 3 presentan el comportamiento del producto interno bruto per-cápita y de los términos de intercambio para Brasil (*PibPcB* y *TiB*), México (*PibPcM* y *TiM*) y Perú (*PibPcP* y *TiP*), de manera respectiva. En ellas se puede observar que durante el periodo de análisis todas las variables para los tres países, presentan una clara tendencia y pese a la dinámica un tanto errática de los términos de intercambio, ellos muestran un comportamiento acompasado con el Pib per-cápita en Brasil y México, pero en Perú esa dinámica se observa solo a partir de 1993, mientras que sus términos de intercambio presentan poco dinamismo hasta el 2007.²

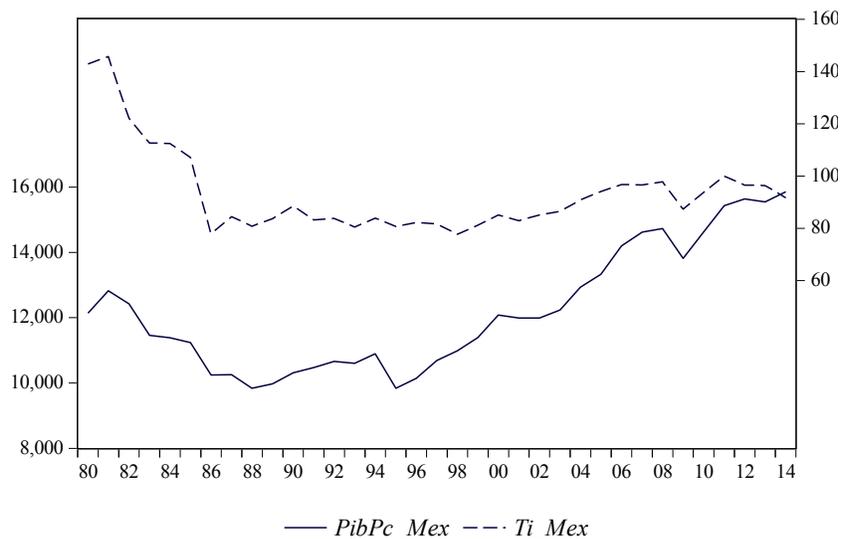
Gráfica 1. Brasil



Fuente: Elaboración propia.

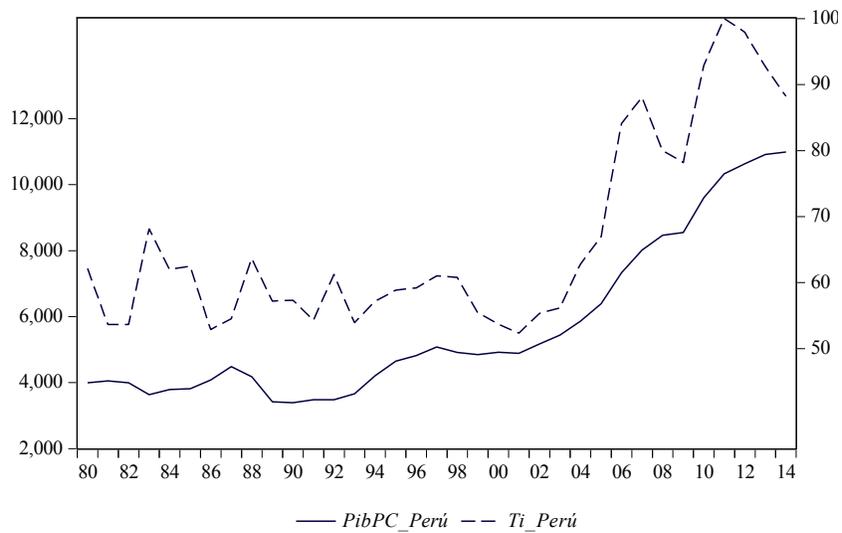
² *Pib* y población están disponibles en Penn World Tables (Feenstra, Inklaar y Timmer, 2015), y los *Ti* en CEPAL.

Grafica 2. México



Fuente: Elaboración propia.

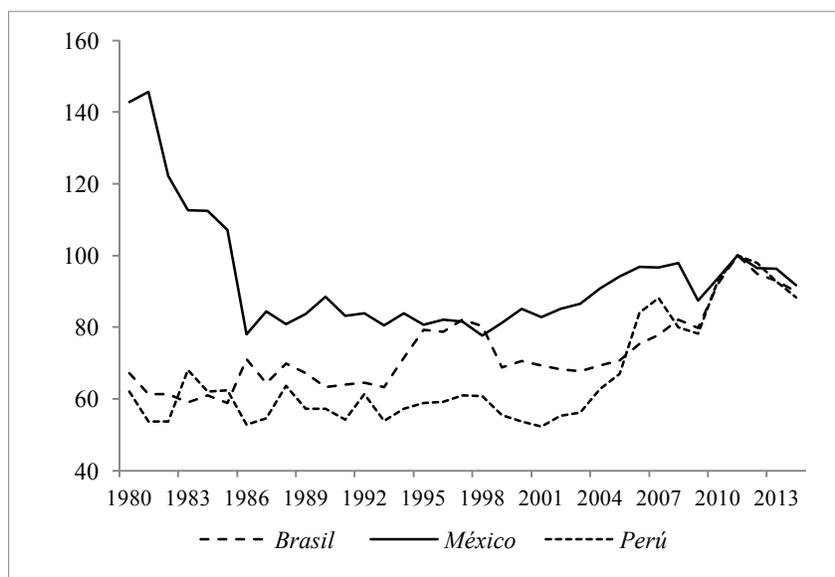
Gráfica 3. Perú



Fuente: Elaboración propia.

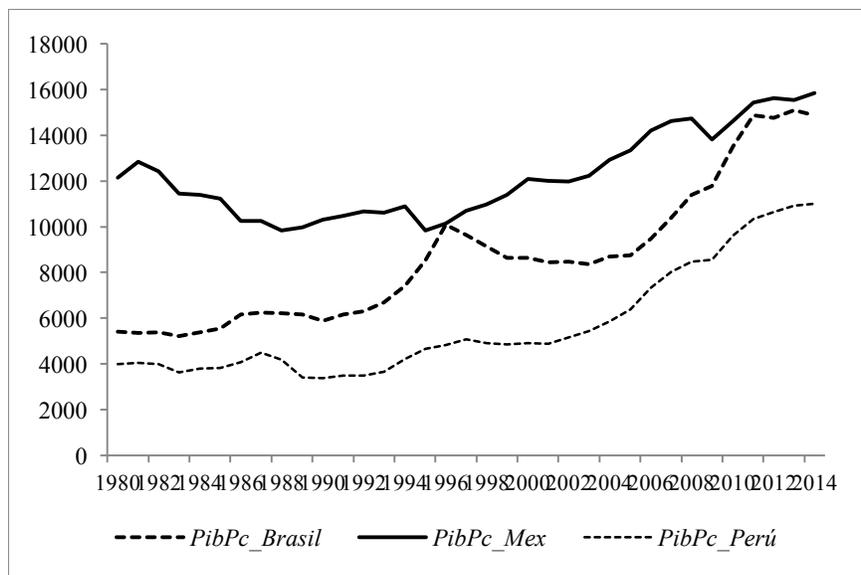
Durante el periodo de estudio, México tuvo la más baja tasa de crecimiento económico promedio anual en términos per-cápita, se ubicó en 0.81%, mientras que Brasil y Perú, ambos crecieron a una tasa promedio per-cápita del 3.11%. Por su parte, los términos de intercambio para México decrecieron de 1980 a 2014, a una tasa promedio anual del 1.3%, en Brasil y Perú crecieron 0.8% y 1.1%, respectivamente (Grafica 4).

Grafica 4. Términos de intercambio



Fuente: Elaboración propia.

Grafica 5. PIB



Fuente: Elaboración propia.

3. Estacionariedad de las variables

Un primer paso para el análisis de cointegración es saber si las variables son estacionarias, La estacionariedad se puede estudiar mediante su grafica observando el comportamiento de la variable o bien, mediante pruebas usuales de raíces unitarias: Augmented Dickey and Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP) and Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS).³

En la dinámica de las variables descrita en la Sección anterior se hizo hincapié en que todas las variables presentan tendencia, lo cual es clara evidencia de que ellas no son estacionarias. Esta afirmación la confirmamos mediante las pruebas estadísticas de raíces unitarias mencionadas con anterioridad, mismas que se efectuaron para cada una de las variables tanto en log-niveles como en tasas de crecimiento, sus resultados se muestran en el Cuadro 1.⁴ De los resultados de las diferentes pruebas de raíces unitarias se desprende que cada una de las variables en log-niveles no es estacionaria más sin embargo, su tasa de crecimiento sí lo es, de manera que son integradas de orden uno, $I(1)$, y por tanto susceptibles de ser cointegradas.

4. Pruebas de Cointegración

En las Gráficas 6 y 7, se puede observar que entre el crecimiento económico y el crecimiento de los términos de intercambio en Brasil y Perú, existe una relación lineal entre las variables correspondientes a esos países y por ello debería esperarse que ellas fueran cointegradas. Sin embargo, en México no existe ese tipo de relación (Gráfica 8), lo cual también es de esperarse ya que su crecimiento económico y el de sus términos de intercambio no tienen el mismo orden de integración y por ello no podría existir una relación de cointegración.

³ En las dos primeras pruebas la hipótesis nula es no estacionariedad (Dickey and Fuller, 1979 y Phillips and Perron, 1989), mientras que en la tercera es estacionariedad (Kwiatkowski, Philips, Schmidt and Shin, 1992).

⁴ La tasa de crecimiento de la variable x_t se calculó como la primera diferencia del logaritmo natural de x_t , es decir, $\Delta \ln(x_t)$.

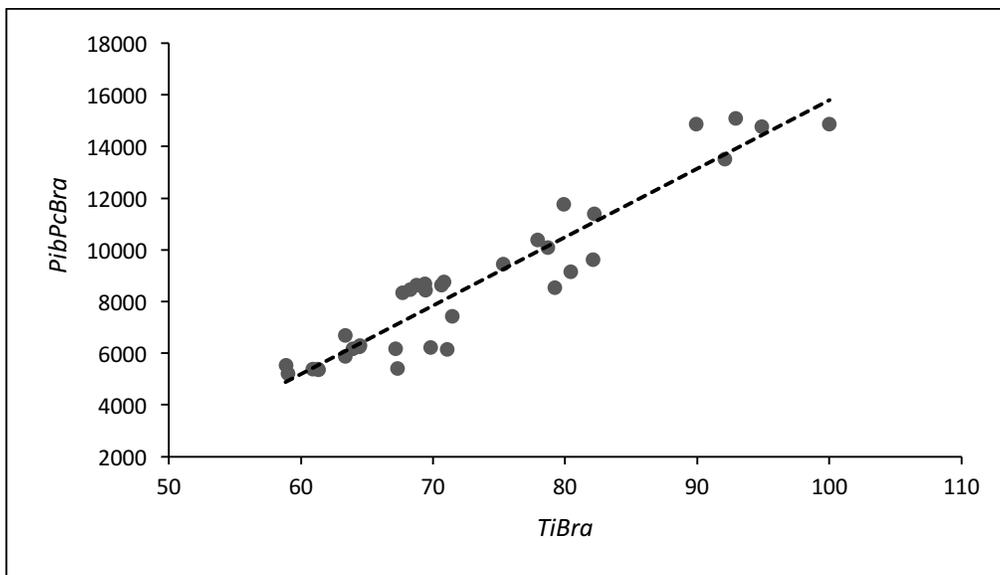
Cuadro 1. Pruebas de estacionariedad

Variable	ADF	PP	KPSS
$\ln(PibPcBra)$	-0.3375 (0.9090) [-2.9484]	0.2194 (0.9700) [-2.9484]	0.6586 [0.4630]
$\ln(TiBra)$	-1.0493 (0.7240) [-2.9511]	-1.0630 (0.7188) [-2.9511]	0.6176 [0.4630]
$\ln(PibPcMex)$	0.2168 (0.9697) [-2.9511]	0.0869 (0.9600) [-2.9511]	0.4788 [0.4630]
$\ln(TiMex)$	-3.1299 (0.0337)* [-2.9511]	-3.2240 (0.0272)* [-2.9511]	0.2437 [0.4630]
$\ln(PibPcPerú)$	0.1547 (0.9652) [-2.9540]	1.1799 (0.9974) [-2.9511]	0.6096 [0.4630]
$\ln(TiPerú)$	-1.0047 (0.7404) [-2.9511]	-0.9245 (0.7680) [-2.9511]	0.5233 [0.4630]
$\Delta \ln(PibPcBra)$	-3.5164 (0.0134)* [-2.9484]	-3.5861 (0.0112)* [-2.9484]	0.1206 [0.4630]
$\Delta \ln(TiBra)$	-6.6539 (0.0000)* [-2.9540]	-6.6539 (0.0000)* [-2.9540]	0.0819 [0.4630]
$\Delta \ln(PibPcMex)$	-5.0146 (0.0002)* [-2.9540]	-5.0416 (0.0002)* [-2.9540]	0.4435 [0.4630]
$\Delta \ln(PibPcPerú)$	-3.5178 (0.0137)* [-2.9540]	-3.4920 (0.0146)* [-2.9540]	0.3480 [0.4630]
$\Delta \ln(TiPerú)$	-6.3160 (0.0000)* [-2.9540]	-6.9627 (0.0000)* [-2.9540]	0.2897 [0.4630]

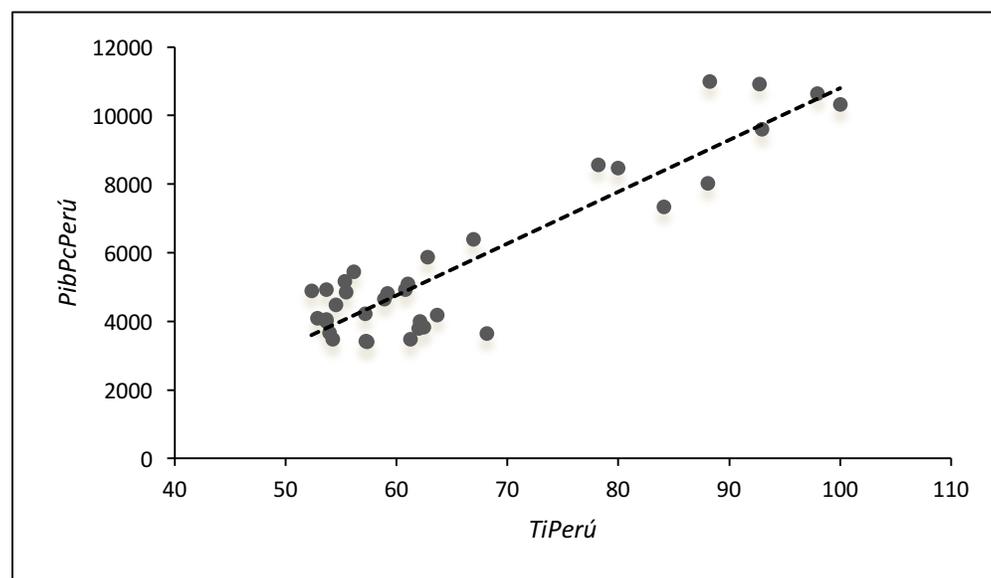
Los números en paréntesis son los *p-values*, los que están en corchetes son los valores críticos al 5% de significancia y el * indica rechazo de la hipótesis nula al 5%.

Fuente: Elaboración propia.

Grafica 5. Relación lineal entre *PibPcBra* y *TiBra*.

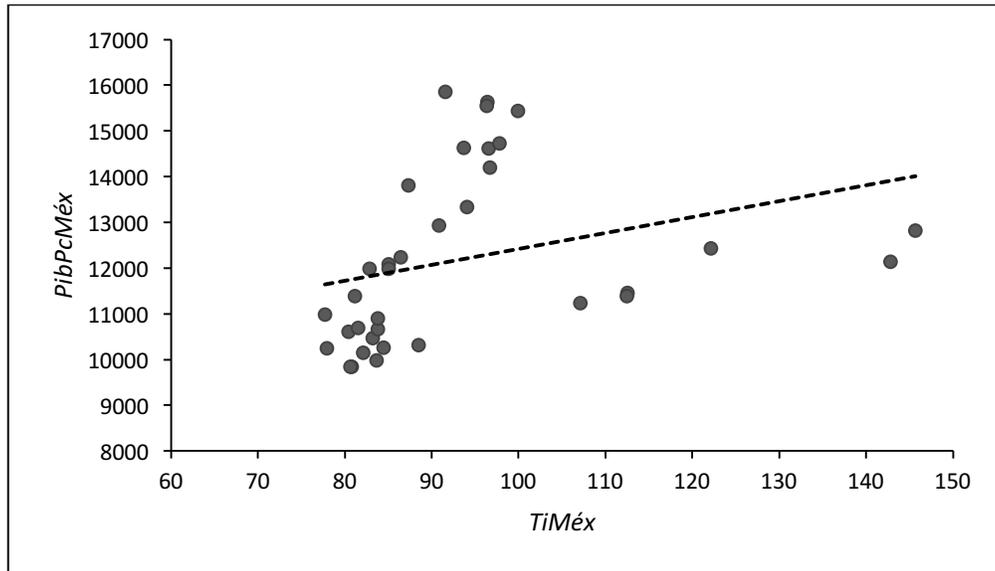


Grafica 6. Relación lineal entre *PibPcPerú* y *TiPerú*.



Fuente: Elaboración propia.

Grafica 7. Relación lineal entre *PibPcMex* y *TiMex*.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se efectuarán las pruebas estadísticas de cointegración debidas a Engle y Granger, y a Johansen, para tener evidencia formal de la afirmación que se ha hecho respecto a la existencia de una relación de cointegración entre crecimiento económico y crecimiento de términos de intercambio en Brasil y Perú.

Prueba de Engle y Granger

En la prueba de cointegración de Engle y Granger (Engle y Granger, 1987), la ecuación de equilibrio de largo plazo está dada por

$$\ln(PibPc_t) = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 \ln(Ti_t) + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, T,$$

donde ε_t son ruidos blancos gaussianos y T es el total de datos. Una vez estimada, se debe garantizar que sus residuos son estacionarios, $I(0)$, para poder concluir que en Brasil y Perú, $\ln(PibPc)$ y $\ln(Ti)$ están cointegradas.

Se estimaron dos ecuaciones de largo plazo, la de Brasil y Perú, ya que sus correspondientes variables son ambas integradas de primer orden, y se analizó la estacionariedad de los residuos,

$$\hat{\varepsilon}_t = \ln(Y_t) - \ln(\widehat{Y}_t), \text{ con } Y_t = PibPc_t,$$

mediante las pruebas de raíces unitarias. Se concluye, con base en la prueba de Engle y Granger, que las variables crecimiento económico per-cápita y términos de intercambio están cointegradas en Brasil y en Perú (Cuadro2).⁵

Cuadro 2. Pruebas de estacionariedad de los residuos de las ecuaciones de largo plazo

Variable	ADF	PP	KPSS
Brasil			
$\hat{\varepsilon}_t$	-3.8604 (0.0004)*	-4.9914 (0.0003)*	0.0659
Perú			
$\hat{\varepsilon}_t$	-2.9275* (0.0526)	-2.6723* (0.0892)	0.1432 [0.4630]
Valores críticos			
5%	-2.9511	-2.9511	0.4630
10%	-2.6143	-2.6143	0.3470

Los números en paréntesis son los p -values, el * indica rechazo de la hipótesis nula al 5% de significancia y ** al 10%.

Fuente: Elaboración propia.

⁵ Las pruebas de diagnóstico sobre los residuales y las de especificación correcta y permanencia estructural de la especificación de la ecuación de largo plazo se presentan en el Anexo.

Prueba de Johansen

La prueba de rango de Johansen (Johansen, 1991) tiene dos versiones, la del máximo valor propio y la de la traza, y ambas se realizan para las variables de Brasil y Perú. El Cuadro 3 muestra los resultados de esas pruebas para esos países. Se puede observar que en la segunda iteración de ambas pruebas no se rechaza la hipótesis nula que establece que el crecimiento económico y el de los términos de intercambio de los correspondientes países, están cointegradas.

Cuadro 3. Pruebas de Johansen

		Brasil		Perú	
H ₀	H ₁	λ_{Traza}	λ_{Max}	λ_{Traza}	λ_{Max}
$r = 0$	$r = 1$	16.3996 (0.0365)* [15.4947]	16.2872 (0.0236)* [14.2646]	17.8193 (0.0212)* [15.4947]	15.2390 (0.0350)* [14.2646]
$r \leq 1$	$r = 2$	0.1124 (0.7375) [3.8414]	0.1124 (0.7375) [3.8414]	2.6793 (0.1017) [3.8414]	2.6793 (0.1017) [3.8415]

r es el número de relaciones de cointegración, λ_{Traza} es el estadístico de la prueba de la Traza y λ_{Max} el correspondiente a la del Máximo valor propio. Los números entre paréntesis son los p -values, los que están en corchetes son los valores críticos al 5% de significancia y el * indica rechazo de la hipótesis nula al 5%.

Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones

El análisis empírico que se llevó a cabo para Brasil, México y Perú consistente en establecer en primer lugar la estacionariedad de las variables y en segundo, en realizar pruebas de cointegración cuando se tienen variables integradas del mismo orden, condujo a que el crecimiento económico y los términos de intercambio en Brasil y Perú están cointegrados, de manera que existe una relación de largo entre esas variables y por tanto, se garantiza una tendencia común y un comportamiento acompasado de las variables correspondientes a cada país. En México no se pudo efectuar este análisis ya que sus variables en log-niveles son integradas de diferente orden y en consecuencia no se puede establecer una relación de largo plazo con ellas.

ANEXO

A continuación, se presentan las pruebas de diagnóstico del término estocástico en la ecuación de largo plazo, así como la de especificación correcta de ese modelo. De los resultados del Cuadro siguiente se obtiene que los residuales son proxis apropiadas del término estocástico en el modelo para Brasil, ya que son normales, no autocorrelacionados y homoscedásticos y además, la especificación de la ecuación de largo plazo es correcta.

Cuadro A. Pruebas de diagnóstico

Prueba	Brasil		Perú*		Perú**	
	Estadístico	<i>p-value</i>	Estadístico	<i>p-value</i>	Estadístico	<i>p-value</i>
Normalidad (JB)	2.2172	0.3300	0.0936	0.9543	2.0056	0.3669
Autocorrelación (BG)	0.6590	0.4231	16.1925	0.0003	0.9589	0.0120
Heteroscedasticidad						
- WsinTC	0.9692	0.3936	5.1968	0.0111	0.6427	0.4285
- WconTC	0.8558	0.5222	5.1129	0.0018	2.5952	0.0903
- BPG	0.7216	0.4937	5.6132	0.0081	0.5855	0.4496
Especificación correcta (RESET)	2.3906	0.1322	4.2749	0.0002	4.5306	0.0411

* Pruebas de diagnóstico y especificación correcta basadas en el modelo de largo plazo con tendencia.

** Pruebas de diagnóstico y especificación correcta basadas en el modelo de largo plazo sin tendencia.

JB: Jarque Bera, BG: Breusch-Godfrey, WsinTC: White sin términos cruzados y BPG: Breusch-Pagan-Godfrey.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CEPAL

Dickey, D. and W. Fuller (1979), "Distribution of the estimators for autoregressive time series with unit root", *Journal of American Statistical Association*, 74, 427-431.

Engle, R. F. and C. W. J. Granger, (1987), "Co-integration and error correction: Representation, Estimation and Testing", *Econometrica* 55, 251-276.

Feenstra, Robert C., Robert Inklaar y Marcel P. Timmer (2015), "The Next Generation of the Penn World Table" *American Economic Review*, 105(10), 3150-3182, disponible en www.ggd.net/pwt

Johansen, S. (1991). "Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models", *Econometrica* 59, 1551-1580.

Kwiatkowski, D., P. Philips, P. Schmidt and Y. Shin (1992). "Testing the null hypothesis of stationary against the alternative of unit root", *Journal of Econometrics*, 54, 159-178.

Phillips, P. and P. Perron (1990). "Testing for a unit root in time series regression", *Biometrika*, 75, 335-346.