

REPORTE DE INVESTIGACIÓN

1. Nombre del profesor

Dra. Lucía A. Ruiz Galindo

2. Proyectos registrados ante Consejo Divisional

Análisis Econométrico y de Series de Tiempo

3. Líneas de generación y/o aplicación de conocimiento

Análisis Econométrico y de Series de Tiempo
Modelos con fundamentos microeconómicos

4. Área o Grupo de Investigación

Modelación Económica Teórica y Aplicada

Presentación

El presente reporte de investigación titulado

Modelo de corrección de error para las exportaciones mexicanas, 1993-2018

elaborado por la Dra. Lucía A. Ruiz Galindo, está vinculado a los proyectos de investigación de *Análisis Económico y de Series de Tiempo y Modelos Económicos con fundamentos Microeconómicos*, aprobados por el Consejo Divisional de Ciencias y Humanidades. El grado de avance reportado por la autora es del 90%.

El objetivo del presente trabajo es presentar un modelo de corrección de error para las exportaciones mexicanas, el buen logro del mismo conlleva la necesidad de analizar la estacionariedad de las variables que lo integran, estudiar si las mismas están cointegradas o no y finalmente, especificar el modelo. Debido a que el grueso de las exportaciones de México son hacia los Estados Unidos de Norteamérica, las variables independientes son el ingreso de ese país y el tipo de cambio, que conjuntamente con las exportaciones son incorporadas en términos reales con las transformaciones que el modelado econométrico necesite. Finalmente se especifica, estima y evalúa un modelo de corrección, y después de hacer las pruebas estadísticas indicadas se concluyó que tanto desde el punto de vista económico como econométrico es un buen modelo para las exportaciones de México.

Dr. Sergio Cámara Izquierdo
Jefe del Departamento de Economía

Diciembre de 2021

Modelo de corrección de error para las exportaciones mexicanas, 1993-2018

por

Lucía Atzimba Ruiz Galindo
laruizg@azc.uam.mx

Reporte de Investigación

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA - AZCAPOTZALCO
División de Ciencias Sociales y Humanidades
Departamento de Economía

Diciembre, 2021.

**MODELO DE CORRECCIÓN DE ERROR PARA LAS
EXPORTACIONES MEXICANAS**

1993-2018

por

Lucía Atzimba Ruiz Galindo
laruizg@azc.uam.mx

RESUMEN

Palabras Clave: Exportaciones, estacionariedad, cointegración, modelos de corrección de error

Clasificación JEL: C32, O41, O54, Q00

1. INTRODUCCIÓN

En este Reporte de Investigación se formula un modelo de exportaciones para México usando información en series de tiempo. Debido a que las exportaciones mexicanas tienen como principal destino a los Estados Unidos de América (EUA), se considerara que los principales determinantes de las exportaciones son el ingreso de EUA y el tipo de cambio peso-dólar, ambos en términos reales al igual que las exportaciones. A grandes rasgos, para la especificación del modelo se analiza si las series elegidas para cada una de las variables son estacionarias en niveles o en su primera diferencia, lo cual conduce a determinar su orden de integración, se realizan pruebas de cointegración para evitar regresiones espurias (Granger y Newbold, 1974) y se especificar y evalúa económica y económicamente, el modelo que ha sido elegido con base en los resultados obtenidos del análisis de estacionariedad y de cointegración.

El análisis de estacionariedad se efectúa de manera intuitiva, analizando gráficamente la dinámica de cada variable tanto en niveles como en su primera diferencia, y formalmente, mediante las pruebas de raíces unitarias: Augmented Dickey y Fuller (ADF, Dickey y Fuller, 1979), Phillips y Perron (PP) (Phillips y Perron, 1988) y Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin (KPSS) (Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin, 1992) y con ello se establece el orden de integración de las variables. A continuación, se llevan a cabo pruebas de cointegración, la de Engle y Granger (Engle y Granger, 1987), y la de Johansen (Johansen, 1991), en sus dos versiones, la del máximo valor propio y la de la traza. Con base en los resultados del análisis de estacionariedad y cointegración, se formula un modelo de corrección de error ya que todas las series de las variables incorporadas en él, son integradas de orden uno, $I(1)$, y cointegradas, y finalmente se evalúan e interpretan los resultados de su estimación.

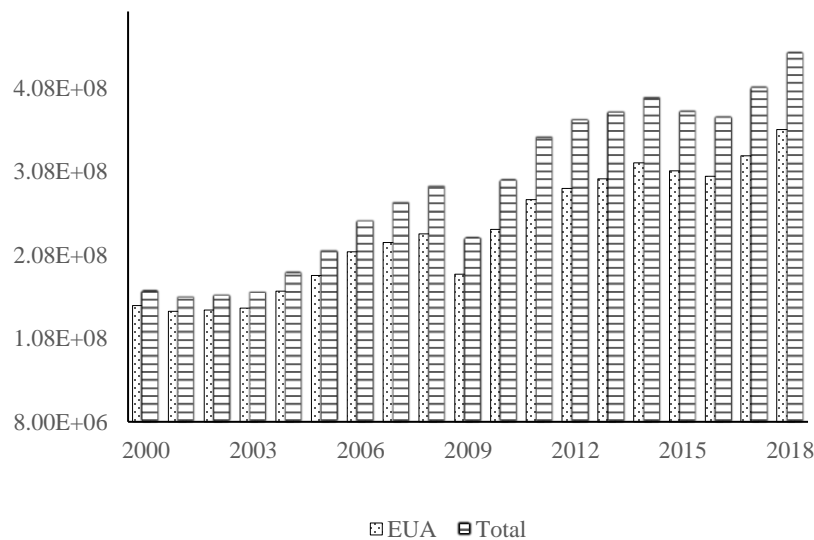
El artículo está organizado de la siguiente manera. En la Sección 2, se presenta la información empírica que se utiliza en el modelado de series de tiempo, la definición de las variables que en él se incorporan y sus correspondiente fuentes;

en la Sección 3, se analiza la estacionariedad de las variables en log-niveles y sus primeras diferencias y se determina el orden de integración de cada una, estudiando el comportamiento de cada variable y mediante las pruebas estadísticas de raíces unitarias; en la Sección 4, se lleva a cabo el análisis de cointegración para elegir el modelo econométrico que se debe formular; en la sección 5, se especifica, estima y evalúa económica y econométricamente un modelo de corrección de error, y finalmente, en la Sección 6, se dan las conclusiones.

2. Información empírica.

El principal destino de las exportaciones mexicanas son los Estados Unidos de América (EUA), ellas representan en promedio durante el periodo 2000-2018, el 83% (Grafica 1), razón por la que se considera que los principales determinantes de las exportaciones son el ingreso de EUA y el tipo de cambio peso-dólar.

Grafica 1. Exportaciones totales de México y hacia EUA



Fuente: Elaboración propia.

Las exportaciones (*EXP*), el ingreso de EUA (*ING*) y el tipo de cambio (*TCR*) se introducen en el modelo en términos reales con base 1993, su periodicidad es trimestral y comprenden el periodo del primer trimestre de 1993 al segundo del

2018. Como *proxi* del ingreso de EUA se utiliza el producto interno bruto, y el tipo de cambio real se obtiene mediante la expresión

$$TCR = TCN \frac{INPC_{USA}}{INPC_{MEX}},$$

donde TCN es el tipo de cambio nominal, $INPC_{USA}$ e $INPC_{MEX}$ son de manera respectiva, los índices nacionales de los precios al consumidor de EUA y de México.

Se utiliza información del INEGI para las exportaciones y el índice nacional de precios al consumidor de México; del Banco de la Reserva Federal de San Luis para la *proxi* del ingreso y el índice nacional de precios al consumidor de EUA; y del Banco de México, para el tipo de cambio nominal. En el resto de esta Sección se analizan las variables en logaritmos, es decir, en log-niveles:

$$\ln(EXP), \ln(ING) \text{ y } \ln(TCR).$$

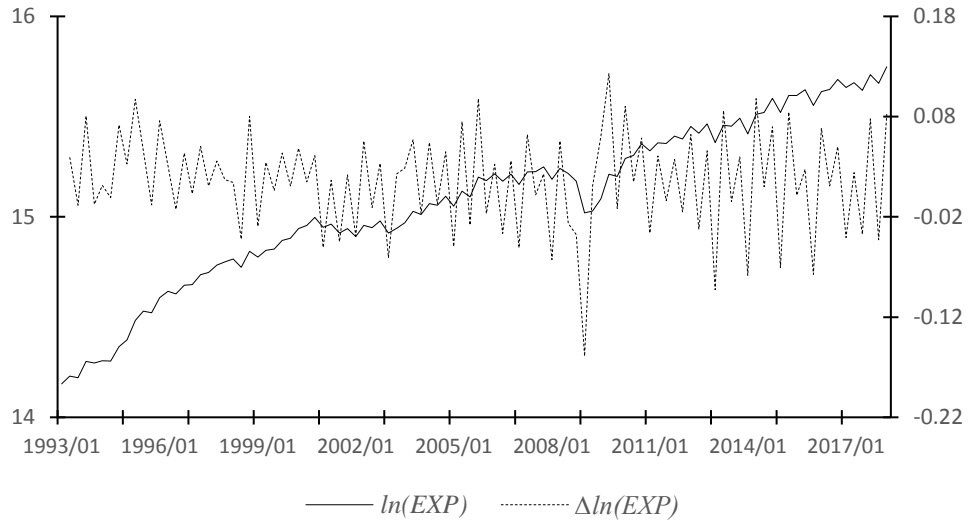
3. Estacionariedad y orden de integración de las variables.

3.1 Análisis gráfico

El comportamiento de las variables a través de sus gráficas es una primera manera no únicamente para saber si ellas son estacionarias o no, sino que también ayuda en la especificación del modelo, pues en ellas se mira además de la tendencia y variabilidad, las observaciones aberrantes o los momentos en los que hay cambios drásticos, entre otras cosas.

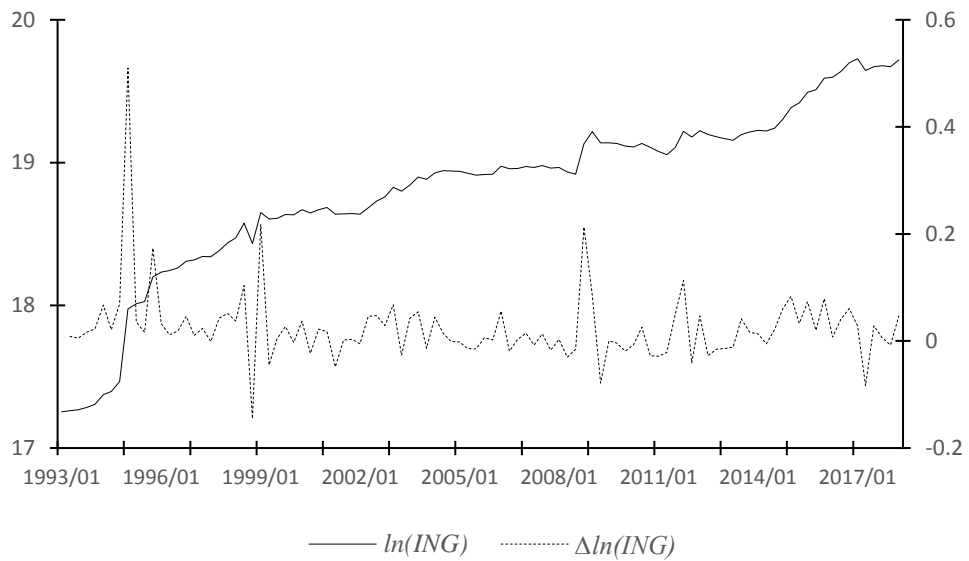
La Gráfica 2 muestra la dinámica de $\ln(EXP)$ y su primera diferencia, $\Delta \ln(EXP)$; $\ln(EXP)$ presenta una clara tendencia al crecimiento, mientras que en $\Delta \ln(EXP)$ se observa que fluctúa alrededor de una media constante, cero, y sus variaciones también se pueden considerar constantes, entre -0.1 y 0.1, de manera que la primera no es estacionaria y la otra sí lo es. Similar comportamiento en cuanto a su tendencia y variabilidad presentan las variables $\ln(ING)$, $\Delta \ln(ING)$, $\ln(TCR)$, $\Delta \ln(TCR)$ (Gráficas 3 y 4), y por tanto las variables en log-niveles no son estacionarias, pero su crecimiento, o sea, su primera diferencia, sí lo es.

Grafica 2. Exportaciones



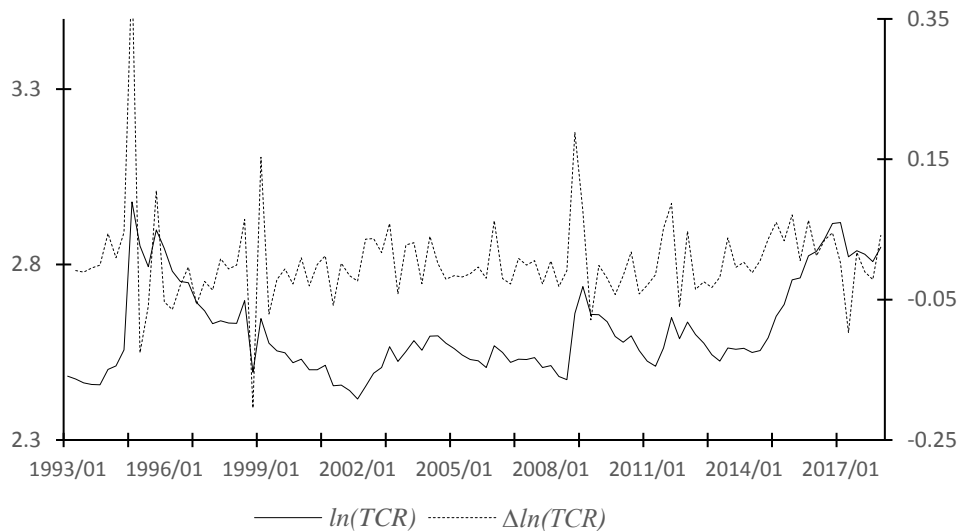
Fuente: Elaboración propia.

Grafica 3. Ingreso de EUA



Fuente: Elaboración propia.

Grafica 4. Tipo de cambio



Fuente: Elaboración propia

Del análisis gráfico anterior se puede concluir que las series en log-niveles

$$\ln(EXP), \ln(ING) \text{ y } \ln(TCR)$$

son integradas de orden uno o bien,

$$\ln(EXP) \sim I(1), \ln(ING) \sim I(1) \text{ y } \ln(TCR) \sim I(1),$$

lo cual significa que ellas no son estacionarias, pero sus primeras diferencias sí que lo son. Sin embargo, este es un análisis muy intuitivo y poco formal, por ello para confirmar esta aseveración se necesitan hacer pruebas estadísticas de raíz unitaria.

Adicionalmente, es importante destacar que todas las variables muestran un comportamiento atípico en el primer trimestre del año 2008, ocasionado seguramente por la crisis financiera, y que el ingreso de EUA y el tipo de cambio real también tienen observaciones que se disparan de su dinámica usual después de la devaluación de 1994, consideraciones que pueden ser importantes al momento de plantear el modelo.

3.2. Pruebas de raíces unitarias

La estacionariedad es analizada mediante las pruebas de raíces unitarias: ADF, PP y KPSS, para las variables en logaritmos y en sus primeras diferencias, y debido a que las primeras presentan tendencia, las pruebas se realizaron incluyendo en la regresión auxiliar, tanto término independiente (intercepto), como término independiente y tendencia determinista. Con base en los resultados mostrados en el Cuadro 1 y 2,¹ se puede concluir que la primera diferencia de las variables en log-niveles es estacionaria y por tanto,

$$\ln(EXP) \sim I(1), \ln(ING) \sim I(1) \text{ y } \ln(TCR) \sim I(1),$$

de manera que cabe la posibilidad de que sean cointegradas, esto es, que exista una relación de largo plazo o término de cointegración entre ellas.

4. Análisis de cointegración.

Dado que todas las variables en log-niveles son integradas de orden uno, cabe la posibilidad de que estén cointegradas y por eso se hará la prueba de Johansen en sus dos versiones, la de la traza y la del máximo valor propio, incorporando en la regresión de cointegración, intercepto e intercepto y tendencia. En esas pruebas es necesario contar con un número de rezagos óptimo, que usualmente se selecciona de acuerdo a los criterios de información de Akaike (CIA), de Schwarz (CIS) y de Hannan-Quinn (CIHQ), que en este caso son de manera respectiva, cinco, uno y cuatro (Cuadro 3).

¹ Se presentan resultados de las pruebas de raíces unitarias ya mencionadas. En el Cuadro 1 las regresiones auxiliares incorporan término independiente y en el Cuadro 2 no se introduce.

Cuadro 1. Pruebas de raíz unitaria
(Regresión auxiliar con intercepto)

	ADF	PP	KPSS
$\ln(EXP)$	-1.1927 [0.6748]	-0.9210 [0.7774]	1.2078
$\Delta \ln(EXP)$	-4.6179 0.0003]	-15.1982 [0.0001]	0.1907
$\ln(ING)$	-0.6781 [0.8462]	-0.6781 [0.8462]	1.1798
$\Delta \ln(ING)$	-11.9870 [0.0001]	-12.0437 [0.0000]	0.0731
$\ln(TCR)$	-2.2685 [0.1844]	-2.2878 [0.1781]	0.4207
$\Delta \ln(TCR)$	-11.5281 [0.0001]	-11.4055 [0.0001]	0.4629
	(-2.8940)	(-2.8940)	(0.4630)

Los números en corchetes son los *p-values* y los que están en paréntesis en el último renglón, son los valores críticos al 5% de significancia.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2. Pruebas de raíz unitaria
(Regresión auxiliar sin intercepto)

	ADF	PP	KPSS
$\ln(EXP)$	-4.1823 [0.0070]	-4.6345 [0.0017]	0.0882
$\Delta \ln(EXP)$	-4.6270 [0.0017]	-15.1587 0.0000]	0.1705
$\ln(ING)$	-2.7577 [0.2168]	-2.6828 [0.2462]	0.1238
$\Delta \ln(ING)$	-11.9035 [0.0000]	-11.9565 [0.0000]	0.0729
$\ln(TCR)$	-3.0361 [0.1284]	-2.9697 [0.1465]	0.2296
$\Delta \ln(TCR)$	-12.0135 [0.0000]	-12.0159 [0.0000]	0.0407
	(-3.4605)	(-3.4605)	(0.1460)

Los números en corchetes son los *p-values* y los que están en paréntesis en el último renglón, son los valores críticos al 5% de significancia.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3. Criterios de información para la selección óptima de los rezagos

Rezagos	CIA	CIS	CIHQ
0	-2.8761	-2.7928	-2.8425
1	-12.4176	-12.0843	-12.2832
2	-12.5239	-11.9406	-12.2887
3	-12.6044	-11.7712	-12.2684
4	-12.8855	-11.8022	-12.4486
5	-12.9098	-11.5765	-12.3721
6	-12.8883	-11.3050	-12.2498

Fuente: Elaboración propia

El Cuadro 4 muestra el número de relaciones de cointegración que se obtuvieron al realizar la prueba de Johansen, cuyos resultados se presentan en el Cuadro A del Anexo. Se puede mirar que cuando la ecuación de cointegración incorpora intercepto y tendencia, la prueba de la traza con 5 rezagos y la del máximo valor propio con 4 y 5 rezagos, conducen al no rechazo de la hipótesis nula en la primera iteración y por tanto en estas situaciones, las variables en log-niveles:

$$\ln(EXP), \ln(ING) \text{ y } \ln(TCR),$$

no están cointegradas. En todas los demás, se rechaza la hipótesis nula en la primera iteración, pero no en la segunda, de manera que en ellas se tiene un término de cointegración y por tanto la relación entre ellas no es espuria y, en consecuencia, el modelo apropiado es uno de corrección de error.

Cuadro 4. Número de ecuaciones de cointegración

Rezagos	Relación de cointegración con			
	Intercepto		Intercepto y tendencia	
	λ_{Traza}	λ_{Max}	λ_{Traza}	λ_{Max}
1	1*	1*	1*	1*
4	1*	1**	1**	0
5	1*	1*	0	0

λ_{Traza} es el estadístico de la prueba de la traza y λ_{Max} el de la prueba del máximo valor propio, el * rechazo de la hipótesis nula al 5% y ** al 10%.

Fuente: Elaboración propia

5. Modelo de corrección de error

El análisis de estacionariedad y cointegración ha conducido al planteamiento de un modelo de corrección de error, puesto que las log-variables son integradas de orden uno:

$$\ln(EXP) \sim I(1), \ln(ING) \sim I(1) \text{ y } \ln(TCR) \sim I(1),$$

están cointegradas y existe una relación de cointegración, razón por la que la especificación del modelo poblacional es

$$\begin{aligned} \Delta \ln(EXP_t) = & \beta_1 + \sum_{j=1}^p \beta_{2j} \Delta \ln(EXP)_{t-j} + \sum_{j=1}^p \beta_{3j} \Delta \ln(ING_{t-j}) \\ & + \sum_{j=1}^p \beta_{4j} \Delta \ln(TCR)_{t-j} \\ & + \alpha [\ln(EXP_{t-1}) - \hat{\alpha}_1 - \hat{\alpha}_2 \ln(ING_{t-1}) - \hat{\alpha}_3 \ln(TCR_{t-1}) - \hat{\alpha}_4 \tau] \\ & + \varepsilon_t, \end{aligned}$$

donde

- el subíndice t va del primer trimestre de 1996 al segundo del 2018,
- las β_{kj} , $k = 1,2,3,4$, son los parámetros o efectos de corto plazo,
- las α_k , $k = 1,2,3$, son los de largo plazo,
- α es la velocidad del ajuste,
- τ_t es una variable de tendencia determinista,
- ε_t es un ruido blanco gaussiano,
- la expresión en corchetes es la relación de largo plazo o de cointegración y
- p es el número de rezagos óptimo: 5, 4 y 1.

De esta forma, el crecimiento de las exportaciones es explicado por su propia historia, por el crecimiento del ingreso de EUA, del tipo de cambio real y por el error de equilibrio de largo plazo rezagado un periodo:

$$\hat{e}_{t-1} = \ln(EXP_{t-1}) - \hat{\alpha}_1 - \hat{\alpha}_2 \ln(ING_{t-1}) - \hat{\alpha}_3 \ln(TCR_{t-1}) - \hat{\alpha}_4 \tau.$$

Una vez planteado el modelo y con el propósito de formular uno parsimonioso se eligió el número de rezagos óptimo $p=1$, usando el criterio de información de Schwarz (CIS); sin embargo, se tuvo la necesidad de introducir más dinámica debido a que los residuos que se obtuvieron al estimarlo presentaban autocorrelación.² Finalmente el modelo poblacional de corrección de error es

$$\begin{aligned} \Delta \ln(EXP_t) = & \beta_1 + \sum_{j=1}^4 \beta_{2j} \Delta \ln(EXP)_{t-j} + \sum_{j=1}^4 \beta_{3j} \Delta \ln(ING_{t-j}) \\ & + \sum_{j=1}^4 \beta_{4j} \Delta \ln(TCR)_{t-j} \\ & + \alpha [\ln(EXP_{t-1}) - \hat{\alpha}_1 - \hat{\alpha}_2 \ln(ING_{t-1}) - \hat{\alpha}_3 \ln(TCR_{t-1}) - \hat{\alpha}_4 \tau] \\ & + \varepsilon_t, \end{aligned}$$

² El hecho de incorporar más dinámica y por ende, rezagos en el modelo, no invalida la optimalidad de p , puesto que pudo haberse elegido con los otros criterios de información.

y el estimado, después de hacer las correcciones econométricas necesarias originadas por la evaluación económica queda planteado como sigue:

$$\begin{aligned}\Delta \ln(\widehat{EXP}_t) = & -0.0031 - 0.4230\Delta \ln(EXP_{t-3}) + 0.4514 \Delta \ln(EXP_{t-4}) \\ & +0.8254\Delta \ln(ING_{t-3}) - 0.670 \Delta \ln(ING_{t-4}) \\ & -0.8760 \ln \Delta(TCR_{t-3}) + 0.1745\Delta \ln(TCR_{t-4}) \\ & -0.0487\hat{e}_{t-1},\end{aligned}$$

en él todos los coeficientes son significativos de manera individual y conjunta, incluyendo los de la relación de largo plazo dada por

$$\begin{aligned}\hat{e}_{t-1} = & \ln(EXP_{t-1}) + 3.8125 - 1.2835\ln(ING_{t-1}) \\ & +2.1281\ln(TCR_{t-1}) - 0.0034\tau_t,\end{aligned}$$

Por último, de acuerdo a los resultados de las pruebas de diagnóstico mostradas en el Cuadro 5, se puede decir que los residuos del modelo de corrección de error son variables proxis adecuadas de los errores estocásticos, ya que ellos satisfacen los supuestos Gauss-Markov de forma que se tienen que son normales, no autocorrelacionados y homoscedásticos y además, la prueba RESET y la de Chow conducen a no rechazar la hipótesis nula de especificación correcta y de permanencia estructural respectivamente, de manera el MCE estimado planteado previamente, es un buen modelo tanto desde el punto de vista económico como del econométrico..

Es importante indicar que, si bien en todas las pruebas estadísticas realizadas el nivel de significancia que se utilizó fue de 5%, en la de Chow, se empleo el 1% para no rechazar la hipótesis nula y concluir que los datos no proporcionan suficiente evidencia como para no rechazar la hipótesis nula de permanencia estructural.

Cuadro 5. Pruebas de diagnóstico

Prueba	H_0	Estadístico	p -value
Jarque-Bera	Normalidad	0.5224	0.2385
White sin términos cruzados	Homoscedasticidad	0.0947	0.9985
White con términos cruzados	Homoscedasticidad	0.8114	0.7421
Breusch-Pagan-Godfrey	Homoscedasticidad	0.6373	0.8040
Breusch-Godfrey	No autocorrelación	2.0912	0.0899
Chow (2008)	Permanencia estructural	1.8724	0.0243

Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones

En este reporte de investigación se ha especificado un modelo de corrección de error para las exportaciones de México, considerando que EUA es el principal demandante de los productos mexicanos. Se aplicó el análisis de series de tiempo para plantear el modelo, se obtuvo que las series en log-niveles no son estacionarias, pero sus primeras diferencias sí lo son, de manera que se procedió a realizar la prueba de Johansen en sus dos versiones: la de la traza y la de máximo valor propio, que condujeron a que había una relación de cointegración, por lo que se procedió a especificar un modelo de corrección con un rezago que fue elegido de acuerdo con el CIS.

Una vez estimado el modelo y evaluado económicamente, se realizaron las pruebas de significancia individual y conjunta resultando que todas las variables incluidas en el modelo son importantes para determinar el crecimiento de las

exportaciones de México. A continuación, se efectuaron las pruebas de diagnóstico que no únicamente condujeron a sostener que los residuos son representantes adecuados del error estocástico del modelo poblacional sino también a que la información empírica introducida en el modelo, proporciona evidencia suficiente para concluir que el modelo está correctamente especificado y por ende, es un buen modelo tanto económica como económicamente.

Referencia bibliográficas

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), "Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing", *Econometrica* 55, 251-276.

Granger, C. W. J. (1969): "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross Spectral Methods", *Econometrica*. 37,424-438.

Granger C. W. J. y Newbold, P. (1974). "Spurious Regressions in Econometrics", *Journal of Econometrics*, 2, 111-120.

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.

Referencia electrónicas

Banco de México

<https://www.banxico.org.mx/>

Federal Reserve Bank of St. Louis

<https://www.stlouisfed.org/>

INEGI

<https://www.inegi.org.mx/>