

No linealidad de la demanda de importaciones de granos básicos: evidencia de un modelo de cambio de régimen

Ramón Valencia-Romero*

Horacio Sánchez-Bárceñas*

Carlos Gómez-Chiñas**

(Recibido: junio, 2021/Aceptado: octubre, 2021)

Resumen

Desde la década de los noventa se ha intensificado la disminución de la producción de granos básicos, es el caso del arroz (*Oryza sativa* L.), maíz amarillo (*Zea mays var. indentata* (Sturtev.) L. H. Bailey) y trigo (*Triticum*), cubriendo esta disminución con el aumento de las importaciones. El propósito de esta investigación es analizar la demanda de importaciones de estos tres granos durante el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (1994-2018). El punto de partida es el uso de modelos lineales, obteniendo una mínima bondad de ajuste, así como ausencia de significancia estadística de las variables exógenas (actividad económica y tipo de cambio real). Es mediante el uso de modelos de cambio de régimen de Markov que se encuentra que la demanda de importaciones se comportó de manera no lineal para cada grano de estudio. Este comportamiento se aprecia mediante dos regímenes de volatilidad de las importaciones, estas respondiendo en cada régimen de manera asimétrica ante cambios de las variables exógenas. Asimismo, los resultados muestran que la alta volatilidad de las importaciones se presentó durante crisis económicas, financieras, eliminación total de aranceles, variaciones de los precios internacionales e incluso por los efectos del cambio climático. Por último, los resultados permiten concluir que el crecimiento de las importaciones de estos tres granos básicos predominó sobre su disminución en la era del TLCAN.

Palabras clave: no linealidad, demanda de importaciones, modelo de cambio de régimen de Markov, *Oryza sativa* L., *Zea mays var. indentata* (Sturtev.) L.H. Bailey y *Triticum*.

Clasificación JEL: C22, F15, Q11, Q17.

* Profesores en la Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Lázaro Cárdenas. Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX, México, C.P.11350. <rvalenciaro@ipn.mx> y <hosanba@hotmail.com>.

** Profesor del Departamento de Economía en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Alcaldía Azcapotzalco, CDMX, México, C.P.02200. <cgom@azc.uam.mx>.

Nonlinearity of demand for basic grains imports: evidence from a regime-switching model

Abstract

Since the 1990s, the decrease in the production of basic grains has intensified, such as rice (*Oryza sativa* L.), yellow corn (*Zea mays* var. *indentata* (Sturtev.) L. H. Bailey) and wheat (*Triticum*), covering this decrease with an increase in imports. The purpose of this research is to analyze the demand for imports of these three grains during the North American Free Trade Agreement (1994-2018). The starting point is the use of linear models, obtaining a minimum goodness of fit, as well as absence of statistical significance of the exogenous variables (economic activity and real exchange rate). It is by using Markov regime-switching models that it is found that the demand for imports behaved in a non-linear way for each study grain. This behavior is seen through two regimes of import volatility, with imports responding asymmetrically in each regime to changes in the exogenous variables. Likewise, the results show that the high volatility of imports occurred during economic and financial crises, total elimination of tariffs, variations in international prices and even the effects of climate change. Finally, the results allow us to conclude that the growth of imports of these three basic grains predominated over their decline in the NAFTA era.

Keywords: nonlinearity, demand for imports, Markov regime-switching model, *Oryza sativa* L., *Zea mays* var. *indentata* (Sturtev.) L.H. Bailey and *Triticum*.

JEL classification: C22, F15, Q11, Q17.

1. Introducción

A nivel teórico, tanto la teoría económica neoclásica (Goldstein y Khan, 1985; Leamer y Stern, 1970) así como la teoría post-Keynesiana (Thirlwall, 2002) han concluido que el ingreso y los precios relativos de las importaciones, en moneda nacional, son los principales determinantes de la demanda de importaciones.

Los estudios aplicados a la economía mexicana han mantenido esta relación teórica. Como variables proxy de los precios relativos y del ingreso se han usado el tipo de cambio real, así como el Producto Interno Bruto (PIB), respectivamente (Moreno-Brid, 2002; Pacheco-López, 2005; Romero, 2012). Recientemente, con la disponibilidad de series de mayor frecuencia, el PIB

ha sido sustituido por el Indicador Global de la Actividad Económica (IGAE) (Cermeño y Rivera, 2016). Una descripción de las investigaciones previas al año 2000 se encuentra en Moreno-Brid (2002). Todos estos estudios consideraron las importaciones a nivel agregado. Sin embargo, son pocos los estudios que se han enfocado en las importaciones de arroz (*Oryza sativa* L.), maíz amarillo (*Zea mays var. indentata* (Sturtev.) L. H. Bailey) y trigo (*Triticum*), lo cual es preocupante, pues se trata de granos esenciales para la población mexicana. Además, su demanda de importaciones no tendría por qué comportarse igual que el agregado de las importaciones.

Ya la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), así como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) han enfatizado la relevancia de estos tres cultivos a través de la Planeación Agrícola Nacional 2017-2030 y los resultados de la Encuesta Nacional de Gasto de los Hogares (ENGASTO), respectivamente. Por ejemplo, el maíz amarillo se emplea en la fabricación de alimentos para la industria pecuaria, empero su producción interna solo cubre el 24% de las necesidades nacionales. En cuanto al trigo, es el segundo cereal más importante para los mexicanos –solo detrás del maíz– pues cada año se consumen en promedio 57.4 kg per cápita (SAGARPA, 2017b). Asimismo, la ENGASTO muestra que el trigo representa 40% del total del gasto en cereales efectuado por los hogares mexicanos. Por su parte, el gasto en arroz equivale al 9.1% de dicho gasto (INEGI, 2013), siendo el consumo promedio de arroz de 8.5 kg per cápita al año (SAGARPA, 2017a).

A pesar de la importancia de estos granos para la alimentación, directa o indirectamente, de la población mexicana, desde la década de los noventa se ha intensificado la disminución de su producción interna, cubriendo la demanda con el aumento de las importaciones. Por ejemplo, en 1994 (año de inicio del Tratado de Libre Comercio de América del Norte) la producción nacional de arroz, maíz y trigo representaban el 66.86, 86.91 y 74.59% de la oferta total, respectivamente; el resto provenía del exterior. Para 2018, estos porcentajes disminuyeron a 26.56, 61.38 y 37.43% (FAO, 2021). En este sentido, sin duda resulta de interés estudiar el aumento de las importaciones de estos tres granos básicos.

Con respecto a la metodología empleada en el estudio de las importaciones, cabe mencionar que su relación con el tipo de cambio real y el IGAE ha sido tratada linealmente. Empero, las importaciones de granos básicos pudieron haber desarrollado cambios estructurales debido a eventos extraordinarios en la economía nacional e internacional, tales como crisis económicas,

¹ El IGAE y el PIB emplean la misma metodología (INEGI, 2019b), pero divergen en la frecuencia. El primero se calcula mensualmente, siendo el cálculo del PIB de manera trimestral.

financieras, variaciones de precios internacionales e incluso los efectos del cambio climático. Entonces, un análisis lineal puede no reflejar la relación real de las importaciones de granos básicos con sus determinantes. De esta manera la hipótesis central de la investigación es que la demanda de importaciones de granos básicos reaccionó de manera no lineal durante la era del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN).² Es decir, una volatilidad no uniforme en las importaciones, con respuestas asimétricas en cada tipo (régimen) de volatilidad ante variaciones de la actividad económica (IGAE) y del tipo de cambio real. Para probar la hipótesis, el estudio explora la regresión lineal así como un modelo no lineal, es el caso del Modelo de Cambio de Régimen (MCR) de Hamilton, (1989).

El documento contribuye al estudio detallado de la demanda de importaciones. Primero, una metodología econométrica no lineal, el MCR, se emplea por primera vez para analizarla. Segundo, el estudio se centra en importaciones específicas y esenciales para los mexicanos. Y tercero, las estimaciones y conclusiones obtenidas sin duda ayudarán a diversos agentes económicos a tomar decisiones más eficientes, desde inversionistas nacionales, internacionales hasta los responsables de la política monetaria y fiscal del país para regular la volatilidad de las importaciones.

El resto del artículo se organiza de la siguiente forma: la sección dos describe la metodología, así como los materiales empleados; los resultados y la discusión de los mismo se muestran en la tercera sección; las conclusiones se presentan en la última sección.

2. Método y materiales

Hamilton (1989) desarrolló el Modelo de Cambio de Régimen de Markov (MCR), más tarde sería ampliado por Diebold, *et al.* (1994). El modelo comienza con una variable, el estado o régimen de la variable en el tiempo t es nombrado R_t . En el caso de dos estados R_t asume dos valores, $R_t=1$ o $R_t=2$. Por ejemplo, el primero representa alta volatilidad de la variable, el segundo, baja volatilidad. En este sentido, los regímenes presentan diferentes medias, varianzas y/o autocorrelaciones. Un MCR de dos estados o regímenes se expresa con las siguientes ecuaciones (Tsay y Chen, 2019):

² El TLCAN fue un tratado comercial para eliminar o reducir las barreras al comercio y la inversión entre Canadá, México y Estados Unidos, para el periodo 1994 a 2020. Por disponibilidad de información al momento de hacer las estimaciones, estas cubren el periodo 1994-2018. El TLCAN sería remplazado por el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC), el cual fue firmado el 30 de noviembre de 2018 e iniciaría el primero de julio de 2020 (United States-Mexico-Canada Agreement, 2019).

$$\Delta lm_t = \theta_{0,1} + \theta_{1,1}\Delta lm_{t-1} + \dots + \theta_{p,1}\Delta lm_{t-p} + \beta_{1,1}\Delta lr_t + \beta_{2,1}\Delta la_t + l\sigma_1 + \epsilon_t \quad \text{si } R_t = 1$$

$$\Delta lm_t = \theta_{0,2} + \theta_{1,2}\Delta lm_{t-1} + \dots + \theta_{p,2}\Delta lm_{t-p} + \beta_{1,2}\Delta lr_t + \beta_{2,2}\Delta la_t + l\sigma_2 + \epsilon_t \quad \text{si } R_t = 2$$

Donde Δ y l indican diferencia y logaritmo, respectivamente. Por lo tanto, se tienen tasas de crecimiento. Asimismo, Δlm_t representa la variable endógena, Δlr_t y Δla_t las exógenas, $\theta_{i,j}$ y $\beta_{i,j}$ son número reales. El logaritmo del error estándar de los residuos es representado con $l\sigma$, con $\sigma > 0$, los residuos (aleatorios, independientes e idénticamente distribuidos) se indican con ϵ_t . La transición entre regímenes se muestra con la matriz de transición de probabilidades

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix}$$

donde:

$$\begin{aligned} p_{11} &= P(R_t = 1 | R_{t-1} = 1) \\ p_{12} &= P(R_t = 2 | R_{t-1} = 1) \\ p_{21} &= P(R_t = 1 | R_{t-2} = 2) \\ p_{22} &= P(R_t = 2 | R_{t-2} = 2) \end{aligned}$$

Por ejemplo, p_{12} es la probabilidad de pasar del régimen uno al dos; y p_{21} del dos al uno. Si denominamos $\Theta_j = \theta_{0,j}, \theta_{1,j}, \dots, \theta_{p,j}$ y $B_j = \beta_{1,j}, \beta_{2,j}$ como los vectores de los coeficientes del régimen j . Entonces, para que el MCR tenga sentido se requiere que al menos una de las siguientes desigualdades se cumpla: $\Theta_1 \neq \Theta_2, B_1 \neq B_2$ ó $\sigma_1 \neq \sigma_2$.

Corresponde hacer inferencias acerca del régimen R_t mediante la Probabilidad de Régimen Suavizadas³ (PRS). La PRS está interesada en la probabilidad $P(R_t = i | \Delta lm^T = M)$, donde T es el tamaño de la muestra, en un modelo M de k regímenes $i=1, \dots, k$ y $T > t$. Se trata de hacer inferencia acerca del régimen en el tiempo t cuando más información llega a ser disponible. Por ejemplo, determinar la fecha en la cual un país cambia de régimen es posible al tener más información disponible.

Por otra parte, en cuanto a los materiales empleados, se hace uso de datos a nivel nacional y mensual de México para el periodo 1994-2018. La tasa de crecimiento mensual del Indicador Global de la Actividad Económica (INEGI, 2019b) y del índice del tipo de cambio real (BANXICO, 2019) –simbólicamente representados con Δla_t y Δlr_t , respectivamente– son usados para cuantificar sus efectos en la tasa de crecimiento de las importaciones de arroz, maíz y

³ Cabe mencionar que en un Modelo de Cambio de Régimen se tienen dos tipos de inferencia estadística sobre R_t , no solo la Probabilidad de Régimen Suavizada (PRS), también la Filtrada (PRF) (Tsay y Chen, 2019). Por disponibilidad de espacio se suprime esta última, se puede pedir a los autores.

trigo (INEGI, 2019a), expresadas con Δlmr_t , Δlmc_t , y Δlmw_t . Para todas las variables el año base es 2013, información ajustada estacionalmente, las importaciones de millones de dólares.

4. Resultados y discusión

Para establecer un punto de referencia, primero se estiman tres modelos de regresión lineal, ello con el fin de ver cómo las tasas de crecimiento de las variables independientes (Δla_t y Δlr_t) explican la respuesta del crecimiento de las importaciones de arroz, maíz y trigo (cuadro 1). En cada uno de los modelos, los coeficientes de determinación (R^2) son mínimos. Además, en los tres cultivos el tipo de cambio (Δlr^*) no es estadísticamente significativo (con un nivel de significancia del .05), presentándose la misma situación para la actividad económica (Δla_t) en las importaciones de maíz.

Cuadro 1
Modelos de regresión lineal

Grano	Variable dependiente	Regresoras	Coefficientes	t de student	valor p
arroz					
$R^2 = 0.018$	Δlmr_t	constante	-0.006	-0.327	0.744
		Δla_t	4.633	2.077	0.039
		Δlr_t	0.547	0.987	0.324
maíz					
$R^2 = 0.006$	Δlmc_t	constante	0.004	0.154	0.877
		Δla_t	3.540	1.141	0.255
		Δlr_t	-0.368	-0.478	0.633
trigo					
$R^2 = 0.061$	Δlmw_t	constante	-0.011	-0.594	0.553
		Δla_t	8.376	3.980	0.000
		Δlr_t	0.865	1.657	0.099

Fuente: elaboración propia con información de BANXICO (2019) e INEGI (2019a 2019b).

Posteriormente se estimaron modelos no lineales, es el caso de los MCR (cuadros 2, 3 y 4). Se estimaron modelos con dos regímenes,⁴ para determinar el número de rezagos se usó el criterio de información Akaike. Primero, se aprecia

⁴ Las estimaciones se hicieron para más de dos regímenes, sin embargo, se presentaron problemas de no significancia estadística y mínimo ajuste.

que mejora el ajuste, es decir, aumenta el R^2 en los tres casos. Segundo, el cambio en la actividad económica y el tipo de cambio impactan en el cambio de las importaciones asimétricamente en los diferentes regímenes. Por ejemplo, la actividad económica solo es significativa en un régimen de cada cultivo; por su parte, el tipo de cambio, con excepción del trigo en el régimen dos, no es determinante del crecimiento del arroz y maíz, confirmando así su naturaleza de granos básicos. Es decir, no importa cómo se mueva el tipo de cambio, el cambio de las importaciones de estos dos granos no depende de las apreciaciones o depreciaciones de la moneda mexicana. En otras palabras, aunque se encarezcan no son sustituidas por producción interna, debido a su insuficiente producción, y aunque se abaraten no son consumidas, ello por las compras previas que se hayan hecho de las mismas. Precisamente esto nos indican los rezagos de las importaciones, los cuales en su mayoría resultaron significativos en ambos regímenes. En este sentido, el crecimiento de las importaciones también está en función de su historia, siendo esta la única que determina el crecimiento del régimen uno y dos, del arroz y maíz, respectivamente. En resumen, el uso del MCR permite explicar mejor la respuesta del crecimiento de las importaciones que un modelo de regresión lineal.

Cuadro 2
Modelo de cambio de régimen, el caso del arroz

Régimen	Variable dependiente	Regresoras	Coefficientes	t de student	valor p
Régimen uno					
$R^2 = 0.408$	Δlmr_t	constante	0.007	0.377	0.706
		Δla_t	2.735	1.220	0.222
		Δlrt	-0.101	-0.143	0.886
		Δlmr_{t-1}	-0.762	-10.662	0.000
		Δlmr_{t-2}	-0.528	-6.815	0.000
		Δlmr_{t-3}	-0.330	-4.423	0.000
		Δlmr_{t-4}	-0.139	-2.125	0.034
		$l\sigma_1$	-1.499	-21.673	0.000
Régimen dos					
$R^2 = 0.555$	Δlmr_t	constante	-0.020	-0.417	0.677
		Δla_t	12.695	3.464	0.001
		Δlrt	0.303	0.369	0.712
		Δlmr_{t-1}	-0.529	-4.089	0.000
		Δlmr_{t-2}	-0.560	-4.368	0.000
		Δlmr_{t-3}	-0.458	-3.144	0.002
		Δlmr_{t-4}	-0.741	-4.691	0.000
		$l\sigma_2$	-1.151	-10.345	0.000

Fuente: elaboración propia con información de BANXICO (2019) e INEGI (2019a 2019b).

Cuadro 3
Modelo de cambio de régimen, el caso del maíz

Régimen	Variable dependiente	Regresoras	Coefficientes	<i>t</i> de student	valor <i>p</i>
Régimen uno					
$R^2 = 0.180$	Δlmc_t	constante	0.016	1.127	0.260
		Δla_t	4.012	2.146	0.032
		Δlr_t	-0.144	-0.265	0.791
		Δlmc_{t-1}	-0.124	-2.160	0.031
		Δlmc_{t-2}	-0.230	-4.403	0.000
		Δlmc_{t-3}	-0.110	-2.187	0.029
		Δlmc_{t-4}	-0.101	-2.289	0.022
		Δlmc_{t-5}	-0.075	-1.727	0.084
		$l\sigma_1$	-1.800	-21.842	0.000
Régimen dos					
$R^2 = 0.311$	Δlmc_t	constante	-0.064	-0.689	0.491
		Δla_t	4.774	0.636	0.525
		Δlr_t	0.804	0.462	0.644
		Δlmc_{t-1}	-0.664	-5.062	0.000
		Δlmc_{t-2}	-0.616	-3.749	0.000
		Δlmc_{t-3}	-0.545	-3.167	0.002
		Δlmc_{t-4}	-0.320	-1.761	0.078
		Δlmc_{t-5}	-0.118	-0.782	0.435
		$l\sigma_2$	-0.336	-3.310	0.001

Fuente: elaboración propia con información de BANXICO (2019) e INEGI (2019a 2019b).

Cuadro 4
Modelo de cambio de régimen, el caso del trigo

Régimen	Variable dependiente	Regresoras	Coefficientes	t de student	valor p
Régimen uno					
R ² =0.764	Δlmw_t	constante	0.012	0.731	0.465
		Δla_t	8.030	6.214	0.000
		Δlr_t	0.117	0.177	0.859
		Δlmw_{t-1}	-0.443	-6.033	0.000
		Δlmw_{t-2}	-0.738	-9.479	0.000
		Δlmw_{t-3}	-0.450	-6.076	0.000
		Δlmw_{t-4}	-0.343	-6.503	0.000
		$l\sigma_1$	-2.204	-16.925	0.000
Régimen dos					
R ² = 0.408	Δlmw_t	constante	0.010	0.421	0.674
		Δla_t	-2.642	-0.713	0.476
		Δlr_t	1.939	3.231	0.001
		Δlmw_{t-1}	-0.774	-8.882	0.000
		Δlmw_{t-2}	-0.290	-2.920	0.004
		Δlmw_{t-3}	-0.218	-2.191	0.028
		Δlmw_{t-4}	0.029	0.342	0.733
		$l\sigma_2$	-1.273	-19.757	0.000

Fuente: elaboración propia con información de BANXICO (2019) e INEGI (2019a 2019b).

Los anteriores resultados no son los únicos que confirman la validez de los MCR. En todos los estados o regímenes fue significativo el parámetro estimado del logaritmo del error estándar de los residuos ($l\sigma$), indicando con ello la no linealidad, así como la existencia de dos regímenes de volatilidad. Asimismo, se hicieron pruebas de Wald sobre la igualdad de los parámetros estimados entre ambos regímenes.⁵ Se rechazó la igualdad de parámetros, ya sea en las variables independientes, en los rezagos y/o en el error estándar de los residuos, confirmando así el uso de regímenes para modelar la tasa de crecimiento de las importaciones de estos tres granos básicos.

Los MCR permiten calcular la transición entre regímenes, ello mediante la matriz de transición de probabilidades. Para su interpretación, cada matriz se divide en dos grupos. El primero se integra por las probabilidades $P(R_t = 2|R_{t-1} = 1)$ y $P(R_t = 1|R_{t-2} = 2)$; siendo $P(R_t = 1|R_{t-1} = 1)$ y

⁵ Por motivos de espacio se omitió la prueba de Wald, puede solicitarse a los autores.

$P(R_t = 2 | R_{t-2} = 2)$ las que integran el segundo grupo. Bajas (altas) probabilidades del grupo uno (dos) sugieren pocos cambios entre regímenes.

Para el caso del arroz, las probabilidades del primer grupo son 0.0364 y 0.1129. En otras palabras, cuando la importación de arroz está en el régimen uno (dos) tiene una menor (mayor) probabilidad de pasar al otro régimen. Con respecto al segundo grupo, las probabilidades son 0.9636 y 0.8871. Estos altos valores sugieren que al estar en cada régimen es difícil cambiar al otro, siendo aún más difícil salir del uno, que del dos. Es decir, la importación de arroz tiende a permanecer en el régimen uno; de ahí que la duración promedio de los regímenes uno y dos fuera de 27.47 y 8.86 meses, respectivamente.⁶

Con respecto al maíz, se presenta un comportamiento similar entre regímenes. Por lo tanto, existe una menor (mayor) probabilidad de pasar del régimen uno (dos) al otro régimen; 0.1232 y 0.3507, correspondientemente. De la misma manera que el arroz, el segundo grupo de probabilidades sugieren que salir del régimen uno es más difícil, 0.8768 contra 0.6493 del régimen dos. Por ello, la duración promedio de 8.12 y 2.85 meses para los respectivos regímenes.

Sobre el trigo, se presenta un comportamiento contrario al arroz y el maíz. Siendo las respectivas cantidades 0.4126, 0.2487, 0.5874 y 0.7513. Así como una duración promedio de los regímenes uno y dos, de 2.42 y 4.02 meses, respectivamente. En resumen, las matrices de transición de probabilidades de los tres granos sugieren que el arroz es el cultivo que presenta menos cambios entre regímenes, seguido del maíz. Siendo el trigo el que muestra mayores cambios, sugiriendo ello un comportamiento inestable.

Por otra parte, haciendo uso de los parámetros del MCR se obtiene la tasa de crecimiento esperada anualizada de las importaciones (TCEAM), ello mediante la fórmula $\mu = 12 \times [\theta_0 / (1 - \theta_1 - \dots - \theta_p)]$ (cuadro 5). El arroz y el maíz vuelven a presentar un comportamiento similar. Es decir, durante el régimen dos las importaciones disminuyeron notablemente, empero estos regímenes fueron de poca duración (medidos en meses) si se les compara con el régimen uno. En cuanto al trigo, ambos regímenes muestran aumento en las importaciones, siendo ligeramente superior el régimen dos, sin omitir su mayor duración. Cabe mencionar que, en los tres cultivos el régimen uno cubre las volatilidades inferiores (medida con el error estándar de los residuos), siendo el régimen dos el que integra los meses de mayor volatilidad. Todo lo anterior sugiere regímenes de volatilidad claramente diferenciados, para el arroz y el maíz permaneciendo más tiempo el régimen de menor volatilidad, con TCEAM positivas, para el trigo dominando el régimen de mayor volatilidad, aun así, con TECEAM positiva. Por lo tanto, prevalece (en tiempo) el crecimiento de las importaciones sobre su disminución, cuadro 5.

⁶ Estos valores se obtuvieron de dividir 1/0.0364 y 1/0.1129, respectivamente.

Cuadro 5
Tasa de crecimiento esperada anualizada de las importaciones,
duración y volatilidad por régimen

Grano	Régimen	TCEAM [†] (%)	D [‡] (meses)	V [§] (error estándar de los residuos)
Arroz				
	uno	2.87	27.50	0.223
	dos	-7.41	8.86	0.316
Maíz				
	uno	11.7	8.12	0.16
	dos	-23.43	2.85	0.714
Trigo				
	uno	4.92	2.42	0.110
	dos	5.38	4.02	0.280

Fuente: elaboración propia con información de BANXICO (2019) e INEGI (2019a 2019b).

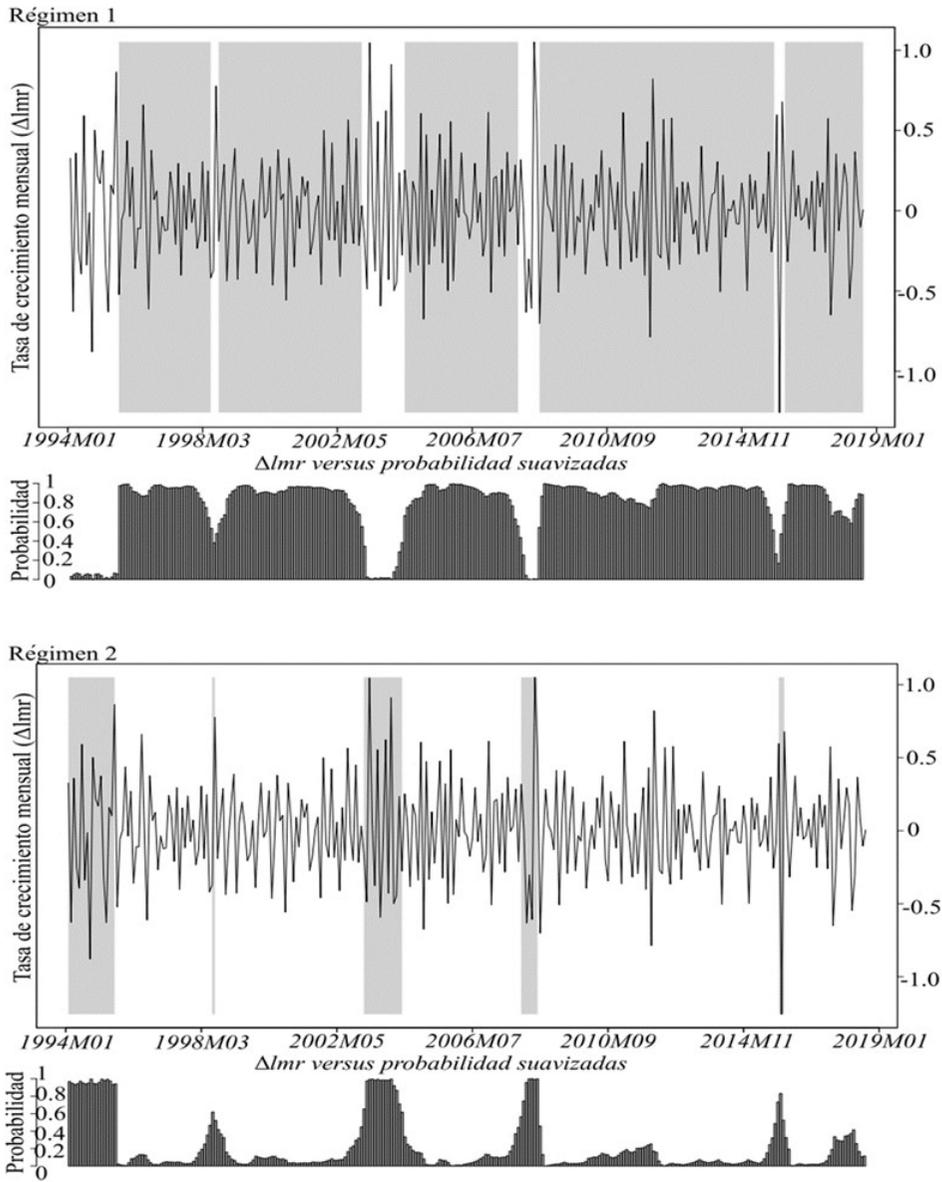
Notas:

[†] TCEAM: tasa de crecimiento esperada anualizada de las importaciones.

[‡] D: duración.

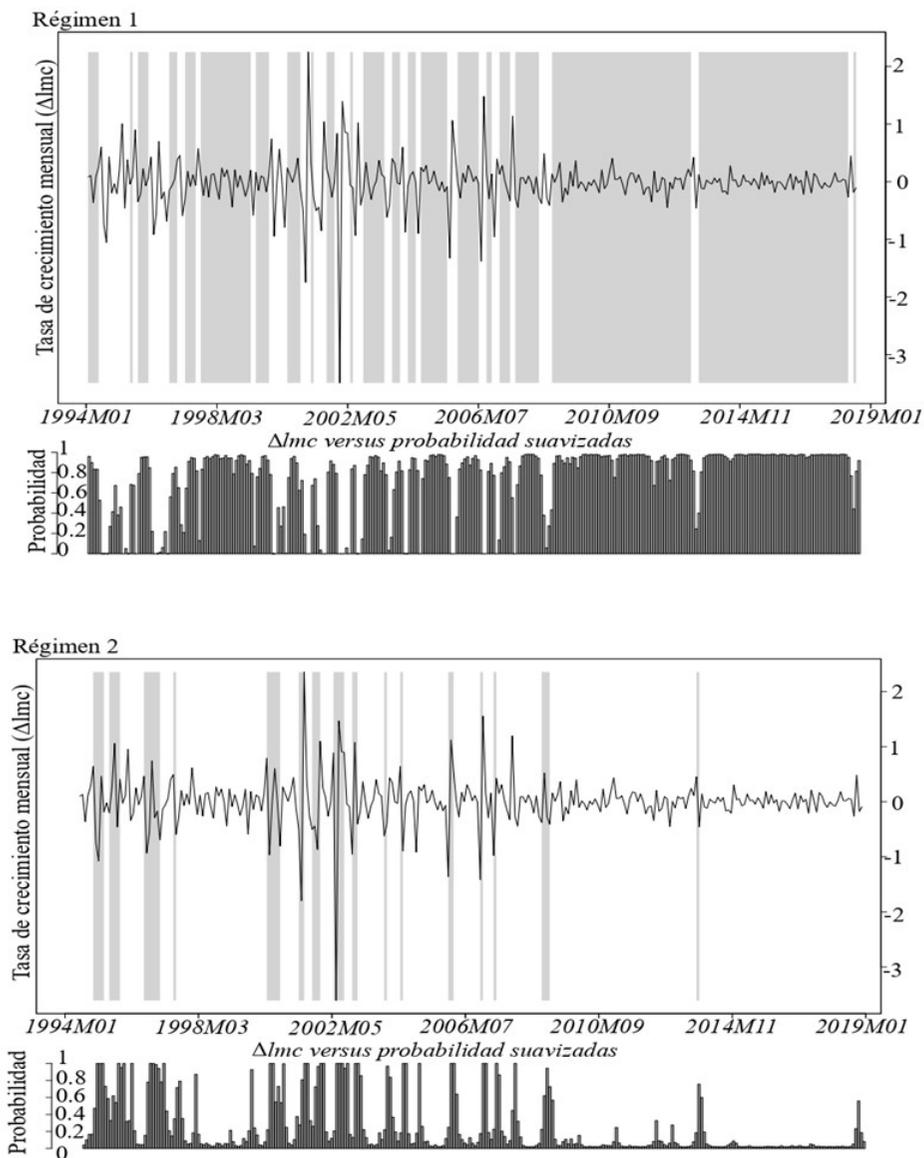
[§] V: volatilidad.

Las probabilidades que definen cada régimen se expresan con las probabilidades de régimen suavizadas (PRS), éstas se muestran en las figuras 1, 2 y 3. Cada una de las gráficas inicia con las tasas de crecimiento asociadas al régimen uno y dos, estos representados por la parte sombreada. La asociación se dio tomando en cuenta el valor de las PRS. Es decir, se están comparando estas probabilidades con las observaciones reales, se aprecia que la división en dos regímenes, emitida por los MCR, trabaja adecuadamente para los tres granos.



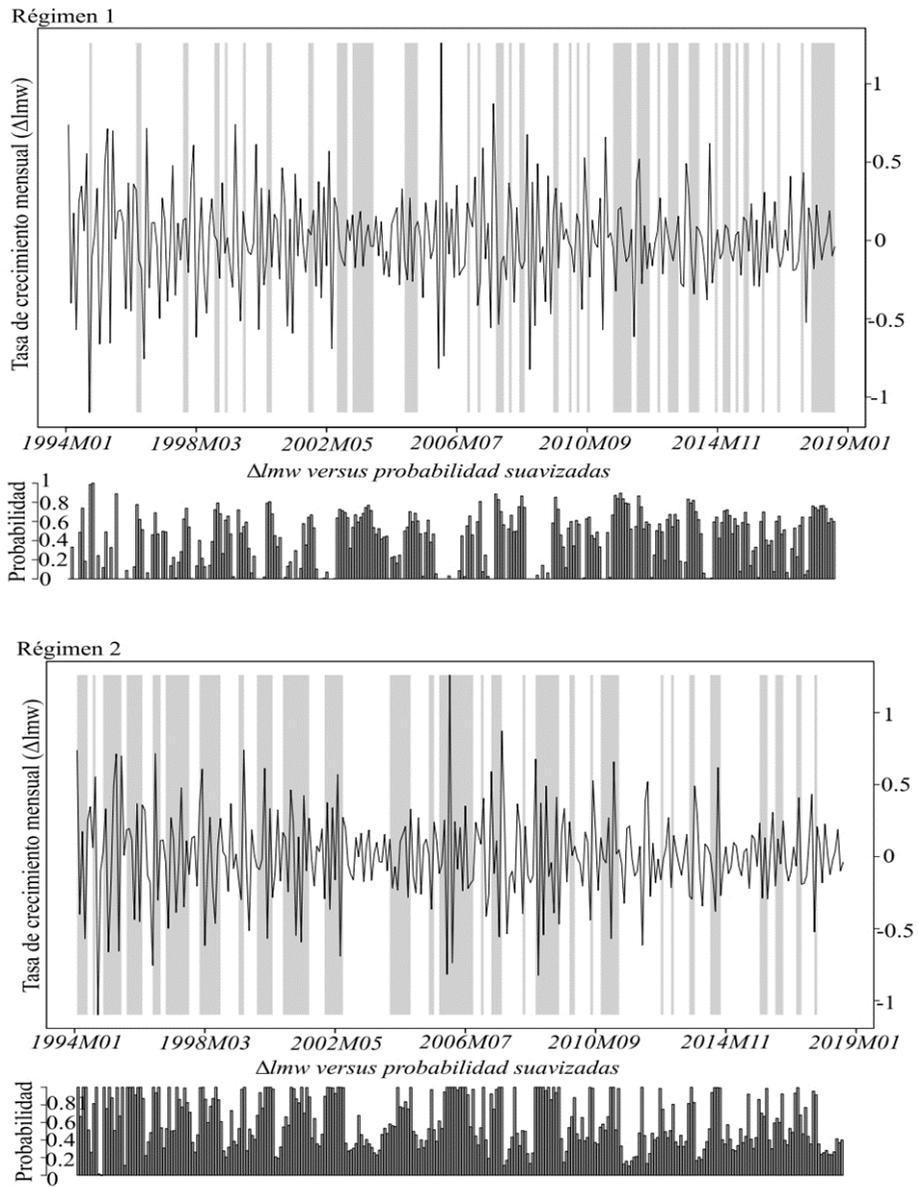
Fuente: elaboración propia con información de BANXICO (2019) e INEGI (2019a 2019b).

Figura 1
Tasas de crecimiento y probabilidades de régimen suavizadas del arroz



Fuente: elaboración propia con información de BANXICO (2019) e INEGI (2019a 2019b)

Figura 2
Tasas de crecimiento y probabilidades de régimen suavizadas del maíz



Fuente: elaboración propia con información de BANXICO (2019) e INEGI (2019a-2019b).

Figura 3
Tasas de crecimiento y probabilidades de régimen suavizadas del trigo

Para el caso del arroz la alta volatilidad (régimen dos) se presentó durante diversos eventos (figura 1). La crisis económica mexicana de finales de 1994 y 1995 fue uno de ellos. Posteriormente, el año 2003 resultaría en un parteaguas, es a partir de este año que inicia la eliminación total de aranceles a la importación de arroz por el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) (Zahniser y Link, 2002). Otro evento sería la crisis financiera internacional entre 2008 y 2009. Por último, en 2016 también se percibe alta volatilidad, pues en octubre de 2015 ocurriría el huracán Patricia –el más intenso en la historia del país– afectando la región agrícola occidental de México, de la cual se obtenía la mitad de la producción nacional de arroz (SADER, 2020)

Con respecto al maíz y el trigo (figura 2 y 3), se repite la alta volatilidad con la presencia de la crisis de 1994 y 1995. Otros eventos fueron cuestiones climáticas y especulativas. Por ejemplo, Rojas *et al.* (2014) evaluaron la influencia del fenómeno de El Niño en las zonas agrícolas, ellos encontraron que este fenómeno afectó las zonas agrícolas mexicana en 1995, 1997-1998 y 2002-2003, afectándose así la producción interna, y con ello variaciones en las importaciones. Por su parte, Marquez *et al.* (2014) trataron el tema del alza en los precios de los alimentos a nivel mundial entre 2005 y 2008, entre estos aumentos se tiene el precio del maíz y del trigo, generando ello cambios en las importaciones de estos granos. Particularmente para el caso del trigo la crisis financiera internacional de 2008 y 2009 generó alta volatilidad. Esto se adjudicaría a la inestabilidad del tipo de cambio real ocasionada por esta crisis, iniciando 2008 con apreciación, y a partir del octavo mes, un proceso de depreciación (BANXICO, 2019). No olvidemos que el tipo de cambio fue significativo en su régimen de alta volatilidad (cuadro 4).

Entonces, con base en los resultados obtenidos, se aprecia que estos poseen dos características. Primero, son consistentes con la hipótesis planteada, es decir, la demanda de importaciones de los tres granos no reaccionó de manera lineal. Mostrándose esta no linealidad mediante dos regímenes claramente diferenciados de volatilidad de las importaciones con respuestas no simétricas por régimen ante cambios de la actividad económica (IGAE) y de los precios relativos (tipo de cambio real). Y segundo, los resultados obtenidos difieren de los estudios más recientes para cada grano.

Con respecto a las importaciones de maíz se tiene el estudio de Fosu y Wahl (2020) para el periodo 1967-2016. Por su parte, Moreno-Sáenz *et al.* (2017) abordaron la demanda nacional de maíz durante 1980-2011. Ambos estudios obtuvieron que los precios relativos –a diferencia de lo encontrado aquí– tienen efectos negativos en las importaciones y en la demanda nacional. Empero, tal diferencia radica en varias razones. En Fosu y Wahl (2020) las importaciones solo se integraron por el comercio bilateral México-Estados Unidos, cuya estimación se realizó con un análisis lineal. Sin embargo, no consideraron

todas las importaciones, en las cuales, como se ha mostrado aquí, un análisis no lineal produce las mejores estimaciones. En cuanto al estudio de Moreno-Sáenz *et al.* (2017), al considerar la demanda nacional, además de las importaciones, también incluyeron la producción nacional menos las exportaciones. Cabe mencionar que ambas investigaciones difieren de nuestro periodo de estudio (1994-2018).

En cuanto a las importaciones de trigo y sus determinantes, no se han encontrado investigaciones contemporáneas. La investigación más reciente es la de Catherwood y Henneberry (1997), cuyos resultados fueron diferentes a los encontrados aquí. Es decir, ellos reportaron disminución, y no aumento, en las importaciones ante aumentos de la actividad económica y del tipo de cambio real. La diferencia de nuestros resultados sin duda obedece a tres razones. Primero, el estudio de Catherwood y Henneberry (1997) se enfocó en los años 1973-1991, previo a nuestro periodo de estudio, 1994-2018 (siendo 1994 el año que inicio el TLCAN, y con ello la intensificación de la liberalización comercial). Segundo, a partir de 1994 también comenzó el régimen de tipo de cambio flexible, aumentando con ello la relevancia de sus variaciones, Y tercero, nuestra metodología lleva a cabo un análisis no lineal, no así el estudio de Catherwood y Henneberry (1997).

Sobre el arroz, si bien es cierto que existen estudios sobre su producción en México, hasta el momento no se tiene un análisis dinámico de la respuesta de sus importaciones totales ante el entorno macroeconómico, particularmente ante cambios en la actividad económica y del tipo de cambio en México. Aun cuando el estudio de Fuller *et al.* (2003) analizó las importaciones de arroz, solo consideraron las procedentes de Estados Unidos (EU). Asimismo, el análisis fue estático y desde la perspectiva de EU, pues mediante un modelo de equilibrio espacial se estimaron los efectos de la eliminación total de aranceles de 2003 en las exportaciones estadounidenses de arroz hacia México. En este sentido, Fuller *et al.* (2003) se concentraron en indicar qué pasaría después de 2003, en cambio el estudio que nosotros presentamos se enfoca en explicar lo que ha ocurrido en el periodo 1994-2018.

Por último, las estimaciones aquí obtenidas permiten enriquecer el análisis de las importaciones de granos básicos. Por ejemplo, los estudios de García-Salazar *et al.* (2012) y de González-Rojas *et al.* (2011) analizaron los efectos de cambios exógenos mundiales sobre la producción y el precio del maíz, periodo 2004-2007, ello mediante modelos de equilibrio intertemporal y parcial, respectivamente. Cabe mencionar que ciertos parámetros de este tipo de modelos (elasticidades y coeficientes técnicos) se consiguen de la literatura o mediante estimaciones econométricas. Es precisamente en la investigación que aquí se presenta que se estima econométricamente el cambio de la demanda de importaciones, en función del cambio de los precios relativos y de

la actividad económica; inclusive las estimaciones se han dividido en dos regímenes de volatilidad de las importaciones, permitiendo ello un análisis más detallado en otro tipo de modelos.

5. Conclusiones

Este estudio, a través de un Modelo de Cambio de Régimen (MCR), proporciona evidencia de no linealidad de la demanda de importaciones de arroz, maíz amarillo y trigo durante el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). El MCR obtiene dos regímenes de volatilidad de las importaciones, respondiendo estas en cada régimen de manera asimétrica ante cambios de la actividad económica y del tipo de cambio real.

Con respecto a la volatilidad, los regímenes son claramente diferenciados. Para el arroz y el maíz permaneció más tiempo el régimen de menor volatilidad, con un aumento promedio de las importaciones. En el trigo dominó el régimen de mayor volatilidad, aun así, también con un aumento promedio. Por ende, el crecimiento de las importaciones prevaleció sobre su disminución para los tres cultivos en la era del TCLAN.

En cuanto a la asimetría, esta se expresó en el hecho de que el tipo de cambio real solo impactó a las importaciones de trigo en el régimen de alta volatilidad. Por su parte, la actividad económica tuvo efectos en las importaciones de los tres granos; para el trigo y el maíz solo en el régimen de baja volatilidad, para el arroz en su alta volatilidad. Por lo tanto, la actividad económica resulta en un predictor de las importaciones de los tres granos básicos, pero solo para determinados regímenes de estas. Para el caso del tipo de cambio, con excepción del trigo en su alta volatilidad, no es un predictor de las compras al exterior de granos básicos, lo cual confirma la naturaleza esencial del maíz y el arroz. Es decir, no importa cuánto se mueva el tipo de cambio –desde luego en un rango razonable– sus importaciones no dependen de las apreciaciones o depreciaciones de la moneda mexicana. En otras palabras, aunque se encarezcan no son sustituidas por producción interna, debido a su insuficiente producción, y aunque se abaraten no son consumidas, ello por las compras previas que se hayan hecho de las mismas. Es decir, el crecimiento de las importaciones también está en función de su historia reciente.

Referencias

- BANXICO (2019). *Sistema de Información Económica*. Disponible en: <http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=6&accion=consultarCuadro&idCuadro=CR60&locale=es> (Consultado: el 10 de noviembre de 2019).
- Catherwood, K. y D. Henneberry (1997). "The NAFTA Wheat Import Market: Implications of Chilean Accession into the Agreement", *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 9(2), pp. 35-55. https://doi.org/10.1300/J047v09n02_03.
- Cermeño, R. S. y H. Rivera Ponce (2016). "La demanda de importaciones y exportaciones de México en la era del TLCAN.", *El Trimestre Económico*, 83(1), pp. 127-147. <https://doi.org/10.20430/ete.v83i329.198>.
- Diebold, F. X.; J. Lee, y G. C. Weinbach (1994). "Regime -Switching with time-varying transition probabilities", en (Advanced Texts in Econometrics, C. W. J. G. and G. M., ed.. *Nonstationary Time Series and Cointegration*. Hargreaves. Oxford: Oxford University Press, pp. 283-382.
- FAO (2021). FAOSTAT, *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data> (Consultado: el 30 de abril de 2021).
- Fosu, P. y T. I. Wahl (2020). "Empirical analysis of US bilateral corn trade: Evidence from Japan, Mexico, China, South Korea, and the European Union", *Cogent Economics and Finance*, 8(1). <https://doi.org/10.1080/23322039.2020.1783128>.
- Fuller, S.; L. Fellin, y V. Salin (2003). "Effect of liberalized U.S.-Mexico rice trade: A spatial, multiproduct equilibrium analysis", *Agribusiness*, 19(1), pp. 1-17. <https://doi.org/10.1002/agr.10042>.
- García-Salazar, J. A.; R. K. Skaggs y T. L. Crawford (2012). "World price, exchange rate and inventory impacts on the Mexican corn sector: A case study of market volatility and vulnerability", *Interciencia*, 37(7), pp. 498-505.
- Goldstein, M. y M. S. Khan (1985) "Income and price effects in foreign trade", *Handbook of International Economics*, 2(C), pp. 1041-1105. [https://doi.org/10.1016/S1573-4404\(85\)02011-1](https://doi.org/10.1016/S1573-4404(85)02011-1).
- González-Rojas, K. et al. (2011). "Vulnerabilidad del mercado nacional de maíz (Zea mays L.) Ante cambios exógenos internacionales", *Agrociencia*, 45(6), pp. 733-744.
- Hamilton, J. D. (1989). "A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle", *Econometrica*, 57, pp. 357-384. <https://doi.org/10.2307/1912559>.
- INEGI (2013). *Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares*. Mexico: INEGI. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/132> (Consultado: el 12 de octubre de 2019).
- INEGI (2019a). *Banco de Información Económica*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/> (Consultado: el 3 de noviembre de 2019).

- INEGI (2019b). *Indicador Global de la Actividad Económica (IGAE)*. Base 2013. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/igae/2013/> (consultado: el 23 de noviembre de 2019).
- Leamer, E. E. y R. M. Stern (1970). *Quantitative International Economics*. Routledge.
- Marquez Berber, S. R. et al. (2014). *Trigo en Sonora y su contexto nacional e internacional*. Editado por E. L. Gámez. Mexico: Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria.
- Moreno-Brid, J. C. (2002). "Liberalización Comercial y la Demanda de Importaciones en México", *Investigación económica*, LXII(240), pp. 13-50.
- Moreno-Sáenz, L. I.; S. González-Andrade y J. A. Matus-Gardea (2017). "Dependencia de México a las importaciones de maíz en la era del TLCAN", *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(1), pp. 115-126. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i1.375>.
- Pacheco-López, P. (2005). "The effect of trade liberalization on exports, imports, the balance of trade, and growth: The case of Mexico", *Journal of Post Keynesian Economics*, 27(4), pp. 595-617.
- Rojas, O.; Y. Li y R. Cumani (2014). *Understanding the drought impact of El Niño on the global agricultural areas: An assessment using FAO's Agricultural Stress Index (ASI)*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Romero, J. (2012). "Evolución de la demanda mexicana de importaciones: 1940-2009", *Econoquantum*, 9(1), pp. 7-34. <https://doi.org/10.18381/eq.v9i1.135>.
- SADER (2020). *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. México., Gobierno de México*. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430> (consultado: el 5 de abril de 2020).
- SAGARPA (2017a). *Planeacion Agricola Nacional 2017-2030. Primera parte. 1a ed.* Ciudad de México: Gobierno de México.
- SAGARPA (2017b). *Planeacion Agricola Nacional 2017-2030. Segunda parte. 1a ed.* Ciudad de México: Gobierno de México.
- Thirlwall, A. P. (2002). *The Nature of Economic Growth. An Alternative Framework for Understanding the Performance of Nations*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781843767466>.
- Tsay, R. S. y R. Chen (2019). *Nonlinear Time Series Analysis*. NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- United States-Mexico-Canada Agreement (2019). Disponible en: <https://ustr.gov/trade-agreements/free-trade-agreements/united-states-mexico-canada-agreement> (Consultado: el 15 de abril de 2020).
- Zahniser, S. y J. Link (2002). *Effects of North American Free Trade Agreement on agriculture and the rural economy*. Economic Research Service, USDA.