



REPORTE DE INVESTIGACIÓN

Equilibrio general y demanda de exportaciones

Dr. Enrique R. Casares Gil, Dr. Roger Ivanodik López y
Mtra. María Guadalupe García Salazar

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

Crecimiento Económico

Diciembre de 2023

PRESENTACIÓN

El presente reporte de investigación, titulado “Equilibrio general y demanda de exportaciones”, elaborado en conjunto por el Dr. Enrique R. Casares Gil, el Dr. Roger Ivanodik López y la Mtra. María Guadalupe García Salazar, está vinculado al proyecto *Tasa de crecimiento en una economía liderada por el sector exportador*, aprobado por el Consejo Divisional de Ciencias Sociales y Humanidades y registrado con el número 571. El objetivo de este trabajo es determinar y desarrollar una función de demanda para estimar las elasticidades ingreso y precio de las exportaciones mexicanas con nuestros socios comerciales del T-MEC. Para ello, se determina analíticamente una función de exportaciones típica de los modelos de equilibrio general aplicados y se redefine en términos econométricos. El grado de avance del presente reporte de investigación reportado por los autores corresponde a un 90%.

Dr. Sergio Cámara Izquierdo

Jefe del Departamento de Economía

Diciembre de 2023

Equilibrio general y demanda de exportaciones

Enrique R. Casares

UAM-A, ercg@azc.uam.mx

Roger Ivanodik López

UAM-A, rogereconomics@gmail.com

Maria Guadalupe Garcia-Salazar

UAM-A, mggasa@azc.uam.mx

RESUMEN

Se estudia cómo se modela el comercio internacional en los modelos de equilibrio general aplicados. Se explica conceptualmente la **demanda relativa** entre bienes domésticos e importados, la **oferta relativa** ente vender en el mercado doméstico o exportar y la demanda de exportaciones por medio de una matriz de contabilidad social. Se determina analíticamente una función de exportaciones típica de los modelos de equilibrio general aplicados y se redefine en términos econométricos. Esta función de demanda de exportaciones depende de la producción manufacturera de Estados Unidos y de Canadá y de los precios relativos de las exportaciones mexicanas. Por medio de un análisis de cointegración, se determina que la elasticidad ingreso es del 0.63%. Es decir, un aumento del 1% en la producción industrial de Estados Unidos y de Canadá, se asocia a un aumento de 0.63% en las exportaciones mexicanas. También, se obtiene que la elasticidad precio es del -0.6%. Esto es, un aumento del 1% de los precios relativos de las exportaciones mexicanas (los bienes mexicanos se encarecen), las exportaciones disminuyen un -0.6%.

Código JEL: O41, D58, F10

Palabras clave: Equilibrio General Aplicado, demanda de exportaciones, análisis de cointegración, elasticidad ingreso y precio.

1. INTRODUCCION

Existen criterios para modelar al resto del mundo en los Modelos de Equilibrio General Aplicados (MEGA). Uno, es por medio del principio Armington, que considera que los bienes domésticos e importados están diferenciados (no son sustitutos perfectos), y forman un bien compuesto. Este bien compuesto está representado por medio de una función de elasticidad de sustitución constante (CES, por sus siglas en inglés, Constant Elasticity of Substitution), que refleja las preferencias de los hogares. Para obtener la **demanda relativa** entre bienes domésticos e importados en función de sus precios relativos, los hogares domésticos minimizan sus gastos en estos bienes sujeto a la CES. También, las empresas deciden cuanto vender en el mercado doméstico y cuanto al resto del mundo. Estos bienes también forman un bien compuesto que está representado por medio de una función de elasticidad de transformación constante (CET, por sus siglas en inglés, Constant Elasticity of Transformation), en donde sus argumentos son el bien exportado y el bien colocado en el mercado doméstico. Así, para obtener la **oferta** relativa del bien domesticó y exportado en función de sus precios relativos y de la elasticidad de transformación, las empresas maximizan sus ingresos, sujeto a la CET. Para modelar las exportaciones en los MEGA, se determina una **demanda** de exportaciones que depende del ingreso mundial y de los precios relativos de los bienes domésticos y exportados, y sus elasticidades. En este artículo, se determina y se desarrolla esta función de demanda para estimar las elasticidades ingreso y precio de las exportaciones mexicanas con nuestros socios comerciales del T-MEC.

Primero, se muestra una Matriz de Contabilidad Social (MCS) para explicar conceptualmente el concepto Armington, CET y la función de exportaciones a estimar. Por tanto, se desarrolla una MCS para México que está dividida en tres grandes sectores, primario, secundario y terciario. Una vez identificado el monto sectorial de bienes domésticos e importados, se define el supuesto Armington. También, determinados el valor que va al mercado doméstico y al de exportación, se explica conceptualmente el principio CET. Así mismo, una vez definido el monto

de las exportaciones sectoriales, se define conceptualmente una función de demanda de las exportaciones mexicanas.

Segundo, en la función de demanda de las exportaciones mexicanas los argumentos son los precios relativos de México y los de Estados Unidos y Canadá, y también la producción manufacturera de ambos países (debido a la integración existente en la manufactura). Se realiza un análisis de cointegración, donde se muestra que, si la producción industrial de Estados Unidos y de Canadá cambian en 1%, las exportaciones de México responden en 0.63%. Esto muestra que hay una relación positiva entre la producción manufacturera de nuestros socios comerciales norteamericanos y las exportaciones de México. Mientras que si los precios relativos de las exportaciones aumentan un 1% (se encarecen los bienes de exportación), las exportaciones de México se reducen en un -0.6%.

El artículo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2, se presenta la MCS y su relación con el concepto CET y la demanda de exportaciones a estimar. En la sección 3, se definen conceptualmente la demanda relativa de las exportaciones mexicanas, CET, y la demanda de exportaciones que será estimada. En la sección 4, se realiza el análisis de cointegración y finalmente, en la sección 5, se exponen las reflexiones finales.

2. MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL

Es importante recordar que una Matriz de Contabilidad Social (MCS) es un registro contable de las principales transacciones entre los agentes y grandes agregados macroeconómicos y describe cómo la oferta y demanda se forman. Toda MCS es cuadrada, es decir, cada una de las cuentas se registra por partida doble, de manera tal que las columnas se pueden interpretar como compras (gastos), en tanto que las hileras son ventas (ingresos). Así, un requisito indispensable es que el total de cada columna sea igual al total de la correspondiente hilera.

La MCS que se presenta corresponde al año 2013 en base a los datos de la Matriz Insumo Producto del mismo año elaborada por INEGI. Esta MCS esta conformada por las cuentas de sectores productivos, bienes, factores, hogares,

gobierno, ahorro-inversión y resto del mundo. En particular, la cuenta del resto del mundo (exportaciones e importaciones) se desagregó en dos subcuentas que son los socios comerciales de América del Norte (Estados Unidos de América y Canadá) y de los demás países.

En el Cuadro 1 se muestra cómo se agruparon las 262 ramas de actividades productivas de la MIP en 29 sectores y después solo 3 sectores, esto obedece simplemente al arreglo que se decidió darle.

Cuadro 1. Agregación de la MIP 2013

	SECTORES	RAMAS
SEC 1: PRIMARIO	1 AGRICUL	1111-1153
	2 EXTRACCIÓN	2111
	4 MINERIA	2121-2131
SEC 2: SECUNDARIO	3 DERIVADOS PETROLEO	3241
	7 ALIMENTOS	3111-3119
	8 BEBIDAS	3121
	9 TABACO	3122
	10 TEXTILES	3131-3149
	11 PRENDAS	3151-3159
	12 CUERO	3161-3169
	13 MADERA Y PAPEL	3211-3231
	14 MEDICINAS	3254
	15 QUIMICOS	3251-3253, 3255-3259
	16 PLASTICOS Y HULE	3261-3262
	17 NO METAL	3271-3279
	18 NO FERRO	3311-3314
	19 METALICO	3315-3329
	20 MAQ. NO ELECTRICA	3331-3333, 3335-3339
	21 MAQ. ELECTRICA	3334, 3341-3359
22 EQUIPO TRASPORTE	3361	
23 OTRO EQUIPO TRANSP.	3362-3369	
24 OTRAS MANUFACTURAS	3371-3399	
SEC 3: SERVICIOS	5 ELECTRICIDAD	2211
	6 CONSTRUCCION	2361-2389
	25 COMERCIO	4311-4611
	26 TRANSPORTE	4811-4889
	27 AGGASCO	2221-2222, 4911-5191
	28 FINSEVI	5211-5313
	29 OTROS SERVICIOS	5321-9318

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 2 se muestran los datos de exportaciones e importaciones para cada uno de los 3 sectores con la información de la MIP.

Cuadro 2. Exportaciones e Importaciones de la MIP por sectores 2013 (millones de pesos)

	Exportaciones	Importaciones
Total	4,915,881	5,166,704
SEC 1	693,910	161,817
SEC 2	3,578,126	4,836,825
SEC 3	643,845	168,062

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describe como se separó la cuenta del resto del mundo entre América del Norte y los demás países para las exportaciones e importaciones.

En la base de datos del Banco Mundial las exportaciones e importaciones FOB de bienes y servicios totales para México en 2013 registraron un valor monetario de 398,972,729,095 y 413,674,331,350 dólares, respectivamente. Para ese año, el Banco de México registra unas exportaciones totales de bienes de México de 380,015,052,237 dólares, de las cuales el 81.54% representan las exportaciones de bienes a América del Norte y el 18.45% al resto de los demás países. Mientras que las importaciones totales de bienes fueron de 381,210,168,528 dólares, de las cuales el 51.7% corresponde a las importaciones con América del Norte y el 48.3% a los demás países. Los datos sobre las importaciones y exportaciones totales de servicios se obtuvieron por residuo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Exportaciones e importaciones de bienes 2013 (dólares)

	Exportaciones		
	Total	América del Norte	Demás Países
Bienes y Servicios	398,972,729,095		
Bienes	380,015,052,237	309,891,811,681	70,123,240,556
Servicios	18,957,676,858		
	Importaciones		
	Total	América del Norte	Demás Países
Bienes y Servicios	413,674,331,350		
Bienes	381,210,168,528	197,108,960,120	184,101,208,408
Servicios	32,464,162,822		

Fuente: Elaboración propia

<https://datos.bancomundial.org/indicador/NE.EXP.GNFS.CD>

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

En la UNCTADstat de Naciones Unidas se reportan las exportaciones e importaciones de servicios totales por categoría y socio comercial en millones de dólares. Las cifras reportadas para México se presentan en el siguiente Cuadro 4.

Cuadro 4. Exportaciones e importaciones de servicios por categoría y socio comercial para México 2013 (millones dólares)

Exportaciones	Total	América del Norte	Demás Países
Servicios	18,093.7		
Bienes relacionados con servicios	0.0		
Transporte	800.8		
Viajes	13,949.0	11,058.1 (79.27%)	2,890.9 (20.73%)
Otros servicios	3,344.0		
Importaciones			
Servicios	32,152.10		
Bienes relacionados con servicios	193.90		
Transporte	12,703.60		
Viajes	9,122.40	7,516.0 (82.4%)	1,606.40 (17.6%)
Otros servicios	10,132.20		

Fuente: <https://unctadstat.unctad.org/>

Los datos entre paréntesis representan la proporción de exportaciones o importaciones de viajes de los socios comerciales respecto a las exportaciones e importaciones de viajes totales.

Dado que no hay información para las exportaciones e importaciones de servicios totales por socio comercial, se aplicaron las proporciones de los datos de viajes de los socios comerciales respecto a viajes totales a la cifra total de servicios (la cual fue calculada como residuo), con lo que se obtuvo el Cuadro 5:

Cuadro 5. Exportaciones e importaciones de servicios totales para México 2013 (dólares)

	Totales	América del Norte	Demás Países
Exportaciones	18,957,676,858	15,028,739,441	3,928,937,417
Importaciones	32,464,162,822	26,747,418,198	5,716,744,624

Fuente: Elaboración propia

Con la información del Cuadro 5, se completó la información faltante del Cuadro 3, donde las exportaciones de bienes y servicios totales se obtuvieron de la suma de exportaciones (importaciones) de bienes más las exportaciones (importaciones) de servicios (Cuadro 6).

Cuadro 6. Exportaciones e importaciones de bienes y servicios totales 2013 (dólares)

	Exportaciones		
	Total	América del Norte	Demás Países
Bienes y Servicios	398,972,729,095	324,920,551,122	74,052,177,973
Bienes	380,015,052,237	309,891,811,681	70,123,240,556
Servicios	18,957,676,858	15,028,739,441	3,928,937,417
	Importaciones		
	Total	América del Norte	Demás Países
Bienes y Servicios	413,674,331,350	223,856,378,318	189,817,953,350
Bienes	381,210,168,528	197,108,960,120	184,101,208,408
Servicios	32,464,162,822	26,747,418,198	5,716,744,624

En el Cuadro 7 se muestran las proporciones por socio comercial de bienes y servicios totales de las exportaciones e importaciones y en el Cuadro 8 se presentan las proporciones de cada uno de los tres sectores respecto al total de exportaciones e importaciones de la MIP.

Cuadro 7. Proporciones de las exportaciones e importaciones de bienes y servicios totales por socio comercial 2013

	Total	América del Norte	Demás Países
Exportaciones	1.000	0.8144	0.1856
Importaciones	1.000	0.5411	0.4589

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 8. Proporciones de las exportaciones e importaciones totales por sectores de la MIP 2013 (millones de pesos)

	Exportaciones		Importaciones	
		proporción		proporción
TOTAL	4,915,881	1.000	5,166,704	1.000
SEC 1	693,910	0.1412	161,817	0.0313
SEC 2	3,578,126	0.7278	4,836,825	0.9362
SEC 3	643,845	0.1310	168,062	0.0325

Fuente: Elaboración Propia

Observe que el total de exportaciones e importaciones debe ser el mismo tanto en la suma por sectores como por socio comercial, para que ello se cumpla, se procedió a multiplicar las proporciones del sector i , $i = 1,2,3$, por las proporciones del socio comercial j , $j = 1,2$, con lo cual se obtuvieron las siguientes proporciones sector-socio (ver cuadro 9).

Cuadro 9. Proporciones de las exportaciones e importaciones totales por sectores de la MIP y socio comercial, 2013

		Exportaciones		Importaciones	
Socio	Sector			Socio	Sector
		0.8144	0.1856		
				0.5411	0.4589
	0.1412	0.1149	0.0262	0.0313	0.0169
	0.7278	0.5927	0.1351	0.9362	0.5065
	0.1310	0.1066	0.0243	0.0325	0.0176
					0.0149

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se procedió a aplicar las proporciones del cuadro anterior al valor total de las exportaciones e importaciones de la MIP, con lo que se obtuvo finalmente la desagregación de la cuenta del resto del mundo (ver Cuadro 10)

Cuadro 10. Exportaciones e importaciones totales por sectores de la MIP y socio comercial 2013 (millones de pesos)

Exportaciones			
	Total	América del Norte	Demás países
Total	4,915,881	4,003,459	912,422
SEC 1	693,910	565,115	128,795
SEC 2	3,578,126	2,914,000	664,126
SEC 3	643,845	524,343	119,502
Importaciones			
	Total	América del Norte	Demás países
Total	5,166,704	2,795,918	2,370,786
SEC 1	161,817	87,566	74,251
SEC 2	4,836,825	2,617,407	2,219,418
SEC 3	168,062	90,945	77,117

Fuente: Elaboración Propia

En el Cuadro 11 se presenta la Matriz de Contabilidad Social para 3 sectores productivos (SEC 1: sector primario, SEC2: sector secundario y SEC 3: sector servicios) y la desagregación de la cuenta del resto del mundo en dos socios comerciales: América del Norte y los demás países. Cabe mencionar que en esta presentación de la MCS la cuenta de bienes esta desagregada en 4 subcuentas: bienes domésticos (DOM), bienes exportados (EXP), bienes importados (IMP) y bienes compuestos (COM=DOM+IMP) y la cuenta de factores está dividida en las subcuentas trabajo y capital.

Cuadro 11. MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL 2013 (millones de pesos a precios de productor)

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
			SECTORES PRODUCTIVOS			BIENES									
						DOM			EXP			IMP			
			SEC 1	SEC 2	SEC 3	SEC 1	SEC 2	SEC 3	SEC 1	SEC 2	SEC 3	SEC 1	SEC 2	SEC 3	
1	SECTORES PRODUCTIVOS		SEC 1			1,552,225			693,910						
2	SECTORES PRODUCTIVOS		SEC 2				6,003,525			3,578,124					
3	SECTORES PRODUCTIVOS		SEC 3					15,161,563			643,844				
4	BIENES	DOM	SEC 1												
5			SEC 2												
6			SEC 3												
7		EXP	SEC 1												
8			SEC 2												
9			SEC 3												
10		IMP	SEC 1												
11			SEC 2												
12			SEC 3												
13		COM	SEC 1	81,860	1,192,144	47,445									
14			SEC 2	313,594	4,260,369	1,727,732									
15			SEC 3	223,465	1,611,359	2,532,602									
16		FACTORES		TRABAJO	122,122	498,597	3,027,944								
17		FACTORES		CAPITAL	1,472,484	1,820,374	7,719,489								
18		HOGAR													
19	GOBIERNO			32,610	198,806	750,195			0	2	1	6,128	108,270	7,630	
20	AHORRO-INVERSION														
21	RESTO DEL MUNDO	AMERICA NORTE										87,566	2,617,407	90,945	
22		DEMÁS PAISES										74,251	2,219,418	77,117	
	TOTAL			2,246,135	9,581,649	15,805,407	1,552,225	6,003,525	15,161,563	693,910	3,578,126	643,845	167,945	4,945,095	175,692

			13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
			BIENES			FACTORES		HOGAR	GOBIERNO	INVERSION	RESTO DEL MUNDO		TOTAL	
			COM			TRABAJO	CAPITAL				AMERICA DEL NORTE	DEMAS PAISES		
			SEC 1	SEC 2	SEC 3									
1	SECTORES PRODUCTIVOS	SEC 1											2,246,135	
2		SEC 2											9,581,649	
3		SEC 3												15,805,407
4	BIENES	DOM	SEC 1	1,552,225									1,552,225	
5			SEC 2		6,003,525									6,003,525
6			SEC 3			15,161,563								
7		EXP	SEC 1									565,115	128,795	693,910
8			SEC 2									2,914,000	664,126	3,578,126
9			SEC 3									524,343	119,502	643,845
10		IMP	SEC 1	167,945										167,945
11			SEC 2		4,945,095									4,945,095
12			SEC 3			175,692								
13		COM	SEC 1						166,908	0	231,813			1,720,170
14			SEC 2						3,520,399	2,796	1,079,887			10,904,777
15			SEC 3						6,677,441	1,983,257	2,337,632			15,365,756
16		FACTORES	TRABAJO											3,648,663
17			CAPITAL											
18		HOGAR					3,222,630	10,491,640						13,714,270
19	GOBIERNO		0	-43,843	28,501	426,033	520,707	513,252		14,626			2,562,918	
20	AHORRO-INVERSION							2,836,270	576,865		-1,207,540	1,458,363	3,663,958	
21	RESTO DEL MUNDO	AMERICA NORTE											2,795,918	
22		DEMAS PAISES												2,370,786
	TOTAL		1,720,170	10,904,777	15,365,756	3,648,663	11,012,347	13,714,270	2,562,918	3,663,958	2,795,918	2,370,786		

Nota: SEC1: Primario, SEC 2: Secundario, SEC 3: Servicios, DOM: Mercado interno, EXP: Exportaciones, IMP: Importaciones y COM: Mercado nacional e importado

Con respecto al Cuadro 11, se observa que los sectores productivos obtienen sus ingresos de la venta de sus bienes de consumo final, en particular, en las filas 1-3, columnas 4-6 y 7-9 se puede observar la decisión que toman las empresas entre cuanto vender en el mercado interno (DOM) y cuanto vender en el resto del mundo (EXP), su **oferta**. En términos agregados los sectores productivos obtuvieron un ingreso por ventas en el mercado interno por \$22,717,313 mdp y \$4,915,878 mdp por ventas en el mercado externo. Como se observa en el Cuadro 11, el mayor monto de ventas en el mercado doméstico proviene del SEC 3 (fila 3, columna 6), es decir, el 66.7% de las ventas domésticas proviene del sector servicios; mientras que es en el SEC 2 (fila 2, columna 8) en donde las empresas venden al mercado externo la mayor parte de sus bienes (el 72.7% de las exportaciones se originan por parte del sector secundario). Los ingresos provenientes de estas ventas son utilizados para el pago de bienes de consumo intermedio, del factor trabajo, de capital y del pago de impuestos sobre la producción.

La forma en la que se distribuye la oferta total de bienes en esta economía se describe en las columnas 4-15. En las columnas del 4-6 se encuentra la oferta de bienes que se da en el mercado doméstico (la cual asciende a \$22,717,313 mdp), en las columnas del 7-9 se registran la oferta de bienes para exportar (\$4,915,878 mdp), en las columnas del 10-12, la oferta de bienes importados, que corresponde a \$5,166,704 mdp (de los cuales el 54.11% proviene de América del Norte, fila 21, columnas 10-12 y el 45.89% de los demás países, fila 22, columnas 10-12) más el pago de impuestos sobre productos, \$122,028 mdp, fila 19, columnas 10-12. Por último, en las columnas 13-15, se encuentra la oferta del bien compuesto (COM), el cual se compone por la oferta de bienes de origen interno más la oferta de bienes de origen importado e impuestos. En tanto que, la demanda total de bienes se puede visualizar en las filas 4-15. En particular, en la fila 7-9, columna 21 se encuentra la demanda de bienes que son exportados a América del norte, lo que representa el 81.44% de las exportaciones totales y el sector con mayor participación para este socio comercial es el SEC 2. En la fila 7-9, columna 22 se encuentra la demanda de exportaciones del resto de los demás países, la cual ocupa el 18.56% de las

exportaciones totales, donde el SEC 2 vuelve a ser el sector con mayor participación. Por último, se puede observar que la demanda de bienes domésticos, importados y compuesto satisface a la oferta de dichos bienes. Situación que sucede para el resto de las cuentas de esta MCS, es decir, los ingresos son iguales a sus gastos.

3. LA DEMANDA DE EXPORTACIONES EN LOS MODELOS DE EQUILIBRIO GENERAL APLICADOS

En los modelos de equilibrio general aplicado, se considera que los bienes domésticos e importados están diferenciados por su origen. Así, se forma un bien compuesto de bienes domésticos e importados por medio una función de elasticidad de sustitución constante (CES). Esta función describe las preferencias de los hogares domésticos a sustituir entre bienes domésticos e importados. Por tanto, los hogares domésticos minimizan sus gastos en estos bienes sujeto a la CES. Las condiciones de primer orden conducen a la **demanda relativa** de bienes importados y domésticos en función de sus precios relativos, y de su elasticidad (véase Casares, Ruiz-Galindo y Sobarzo, 2017). Esto es. el llamado principio Armington.

Análogamente, las empresas domesticas producen bienes que están diferenciados con los del resto del mundo, formando un bien compuesto por medio una función de elasticidad constante de transformación (CET). Las empresas maximizan sus ingresos, sujeto a la CET. Esto resulta en una **oferta relativa** que depende de sus precios relativos, y de su elasticidad de transformación. Así, las empresas domesticas pueden determinar cuánto se vende en el mercado doméstico o en el mercado exterior.

La forma de modelar la **demanda** por exportaciones en los modelos de equilibrio general es por medio de una función de exportaciones, definida de la siguiente forma:

$$E_i = E_0 \left[\frac{\Pi_i}{PWE_i} \right]^{\eta_i}$$

donde

E_i : Exportaciones del bien i

E_0 : es un termino constante que refleja la demanda mundial del bien i

Π_i : es un agregado de los precios mundiales

$PWE_i = PD_i/TC$, donde PWE_i es el precio de venta para el resto del mundo en dólares, PD_i es el precio interno del bien i , TC es el tipo de cambio nominal (pesos por dólar) y η_i es la elasticidad precio.

Para estimar las elasticidades ingreso y precio de las exportaciones, es preciso redefinir la función de demanda anterior. Esto se hará en la siguiente sección.

4. ESTIMACIÓN ECONOMÉTRICA

A diferencia de los modelos de vectores autoregresivos (VAR) en los que se supone variables con procesos estacionarios con media y varianza constantes, las variables en los modelos de vectores de corrección de errores (VEC) manifiestan tendencias estocásticas que en el largo plazo se mueven en la misma dirección, si las variables presentan esta característica se dice que están cointegradas (Lutkepohl, 2005). Cabe hacer mención que la tendencia no necesariamente es lineal, dada la existencia de ciclos económicos la tendencia también puede ser no lineal.

El uso de modelos VEC surge de la necesidad de entender series de tiempo económicas que típicamente manifiestan alguna tendencia común y un proceso no estacionario en niveles. Si las variables estudiadas presentan algún grado de integración, debe existir alguna combinación lineal estacionaria de tales variables. Las variables integradas con esta propiedad estarán cointegradas.

Sea un vector y_t de variables que son integradas de orden $I(d)$. Sea una combinación lineal z_t de y_t que es integrada de orden $I(d-b)$ tal que $z_t = \beta'y_t$. El vector β es el vector de cointegración. Los procesos de cointegración se deben a los

trabajos de Granger (1981) y Engle y Granger (1987). Se señala que el vector cointegrante no es único debido a la posibilidad de tener varias combinaciones lineales que cumplan el criterio de cointegración, entonces se habla de la posibilidad de una o más relaciones de cointegración. Un modelo de vectores de corrección de errores entonces se puede escribir como:

$$\Delta y_t = \alpha \beta' y_{t-1} + \Gamma_1 \Delta y_{t-1} + \dots + \Gamma_{p-1} \Delta y_{t-p+1} + u_t$$

Siendo el proceso cointegrado:

$$\Gamma_i = -(A_{i+1} + \dots + A_p), i = 1, \dots, p - 1$$

Las variables¹ a considerarse en el presente estudio corresponden al índice de precios de las exportaciones y exportaciones de manufacturas de México; el índice de producción industrial e índice de precios al consumidor de países de América del Norte (Canadá y Estados Unidos).² A partir de las variables mencionadas se construye un ponderador a aplicar en primer lugar, para el índice de producción industrial y enseguida para el índice de precios al consumidor empleando como criterio de ponderación a la participación en las exportaciones de México para Canadá y Estados Unidos, considerando a la suma de estas como el cien por ciento. Para el índice de producción industrial se calcula la media geométrica de los valores correspondientes a Canadá y Estados Unidos, ponderada por el criterio ya mencionado. De la misma forma se procedió a calcular la media geométrica del índice de precios al consumidor de Canadá y Estados Unidos bajo el mismo enfoque. Para las exportaciones de México, se las divide previamente entre el índice de precios de exportación. El intervalo de tiempo corresponde a enero de 2000 hasta diciembre de 2019 con observaciones mensuales.

¹ Todas las variables en el presente estudio están desestacionalizadas.

² Todas las variables se extrajeron de la base de datos de la OCDE.

Siguiendo a Cermeño y Rivera-Ponce (2016) se plantea una ecuación de exportaciones que tiene como argumentos explicativos al ingreso del destino de las exportaciones y el precio de las exportaciones, la función mencionada y su forma reducida se expresan como:

$$X = g(Y, PR)$$

$$\ln X = \beta_0 + \beta_1 \ln Y + \beta_2 \ln PR + u_x^e$$

Las variables se definen a continuación:

Las exportaciones manufactureras de México se dividen entre el índice de precios de las exportaciones y finalmente se aplica logaritmos.

$$\ln X = \ln \left(\frac{\text{exportaciones}}{\text{precio de exportaciones}} \right)$$

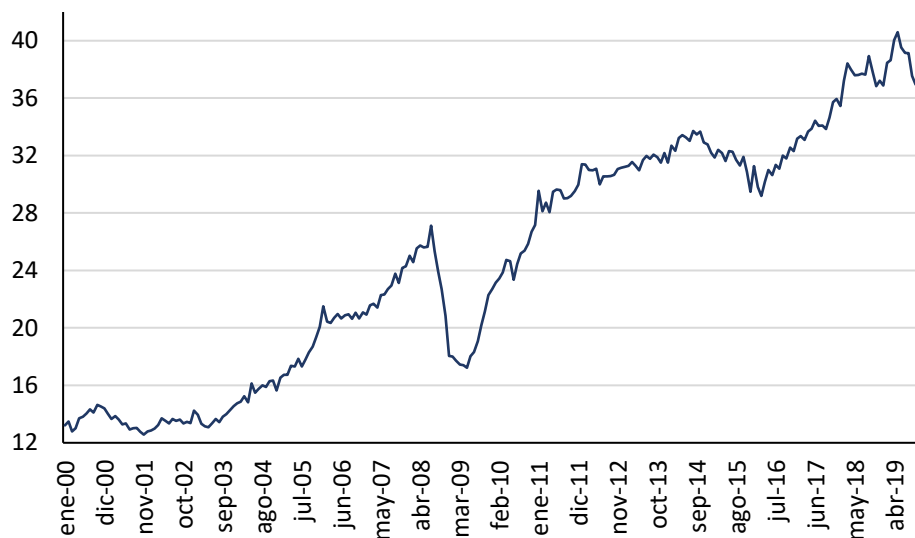
Como indicador de ingresos de los países destino de las exportaciones se empleó al índice de producción industrial (IPI) en logaritmos.

$$\ln Y = \ln (\text{IPI país de destino})$$

Para el indicador de precio relativo de las exportaciones se considera al índice de precios de las exportaciones de México sobre el índice de precios al consumidor (IPC) del país destino de exportaciones.

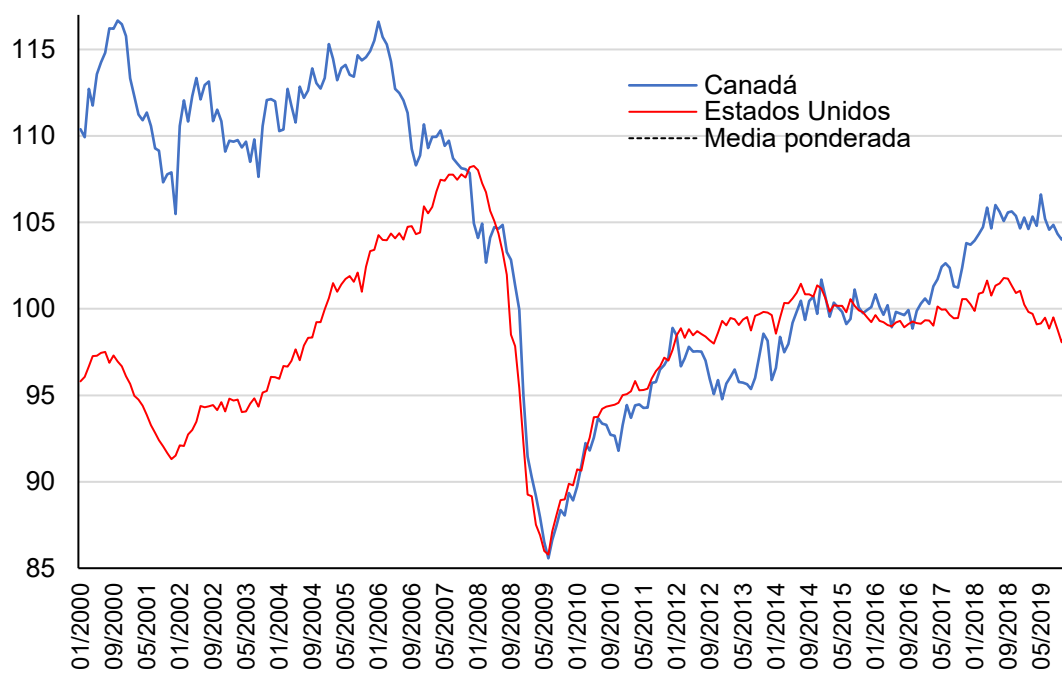
$$\ln PR = \ln \left(\frac{\text{precio de exportaciones}}{\text{IPC país de destino}} \right)$$

Gráfica 1. Exportaciones manufactureras de México con ajuste estacional, miles de millones de dólares (2000-2020)



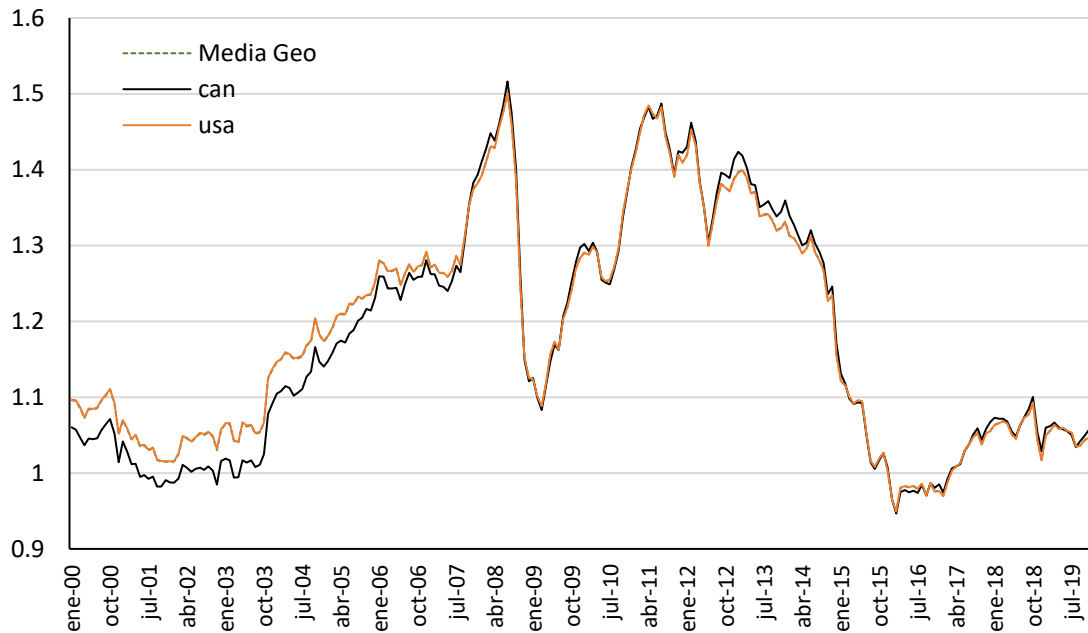
Fuente: Elaboración propia con base a datos de la OCDE.

Gráfica 2. Índice de producción industrial de Canadá, Estados Unidos y su media ponderada (2000-2019)



Fuente: Elaboración propia con base a datos de la OCDE.

Gráfica 3. Precios relativos de Canadá, Estados Unidos y su media ponderada (2000-2019)



Fuente: Elaboración propia con base a datos de la OCDE.

A continuación, se presentan las pruebas de raíz unitaria (estacionariedad) para el logaritmo natural de las variables estudiadas:

Cuadro 12. Pruebas de raíz unitaria, probabilidad del estadístico Augmented Dickey-Fuller

Series	Niveles	Primera diferencia	Orden de integración
Exportaciones de México	0.9486	0.0000***	I(1)
Producción industrial	0.0153**	0.0001***	I(1)
Precios relativos	0.4330	0.0000***	I(1)

Fuente: Elaboración propia con base a datos de Canadá, Estados Unidos y México, provenientes de la base de datos de la OCDE.

Niveles de significancia: * 10%, **5% y ***1%.

Cuadro 13. Pruebas de raíz unitaria, probabilidad del estadístico Phillips-Perron

Series	Niveles	Primera diferencia	Orden de integración
Exportaciones de México	0.9351	0.0000***	I(1)
Producción industrial	0.1704	0.0000***	I(1)
Precios relativos	0.4957	0.0000***	I(1)

Fuente: Elaboración propia con base a datos de Canadá, Estados Unidos y México, provenientes de la base de datos de la OCDE.

Niveles de significancia: * 10%, **5% y ***1%.

Según los Cuadros 12 y 13, se puede apreciar que las variables tratadas en el presente estudio no son estacionarias en niveles. Es con la primera diferencia que se presenta la estacionariedad, las variables son integradas de primer orden I(1).

Dados los resultados expuestos, se puede aplicar el criterio de cointegración mediante la prueba de cointegración de Johansen, según la estructura de rezagos óptima se escogió un orden de 3 en la misma. Los resultados se reportan a continuación:

Cuadro 14. Pruebas de cointegración de Johansen, estadístico de traza

Relaciones de Coint.	Estadístico de traza	Valor crítico al 5%	Probabilidad
Ninguna	50.19934	35.01090	0.0006***
1	14.93863	18.39771	0.1427
2	4.493474	3.841466	0.0340**

Fuente: Elaboración propia con base a datos de Canadá, Estados Unidos y México, provenientes de la base de datos de la OCDE.

Niveles de significancia: * 10%, **5% y ***1%.

Cuadro 15. Pruebas de cointegración de Johansen, máximo eigenvalor

Relaciones de Coint.	Máximo eigenvalor	Valor crítico al 5%	Probabilidad
Ninguna	35.26071	24.25202	0.0012***
1	10.44516	17.14769	0.3575
2	4.493474	3.841466	0.0340**

Fuente: Elaboración propia con base a datos de Canadá, Estados Unidos y México, provenientes de la base de datos de la OCDE.

Niveles de significancia: * 10%, **5% y ***1%.

De acuerdo con los resultados de los cuadros 14 y 15, se garantiza al menos una relación de cointegración entre las variables exportaciones de México, índice de producción industrial de Canadá y Estados Unidos y precios relativos de las exportaciones mexicanas. El vector normalizado de cointegración se expresa como:

Cuadro 16. Vector normalizado de cointegración

Exportaciones	Índice de producción industrial	Precios relativos
1.00000	-0.630258 (0.18338)	0.607414 (0.06648)

Fuente: Elaboración propia con base a datos de Canadá, Estados Unidos y México, provenientes de la base de datos de la OCDE.

Este vector que está igualado a cero nos muestra que un cambio de 1% en la producción industrial de América del Norte se asocia a un cambio de 0.63% en las exportaciones de México; de la misma forma, al cambiar los precios relativos, las exportaciones responden en -0.6%. El aumento de la producción industrial se asocia con un aumento de las exportaciones mexicanas, mostrando la interrelación productiva de América del Norte. Un aumento en los precios relativos tiene a deteriorar las exportaciones mexicanas, lo cual es muestra del efecto de la competitividad.

Adicionalmente se realizó el ejercicio de estimación de la ecuación de exportaciones de forma individual para Canadá y Estados Unidos. Siguiendo la misma metodología se logran encontrar también una relación de cointegración para cada país con su correspondiente vector normalizado de cointegración que muestra elasticidades individuales. Para tal cometido se procede a realizar las pruebas de raíz unitaria para las variables correspondientes a Canadá y Estados Unidos.

Cuadro 17. Pruebas de raíz unitaria, probabilidad del estadístico Augmented Dickey-Fuller

Serie	Niveles	Primera diferencia	Orden de integración
Exportaciones, México	0.9486	0.0000***	I(1)
Producción ind. Canadá	0.6263	0.0000***	I(1)
Producción ind. EU	0.0147**	0.0001***	I(1)
Precios relativos. Canadá	0.3986	0.0000***	I(1)
Precios relativos. EU	0.4344	0.0000***	I(1)

Fuente: Elaboración propia con base a datos de Canadá, Estados Unidos y México, provenientes de la base de datos de la OCDE.

Niveles de significancia: * 10%, **5% y ***1%.

Cuadro 18. Pruebas de raíz unitaria, probabilidad del estadístico Phillips-Perron

Serie	Niveles	Primera diferencia	Orden de integración
Exportaciones, México	0.9351	0.0000***	I(1)
Producción ind. Canadá	0.4932	0.0000***	I(1)
Producción ind. EU	0.1710	0.0000***	I(1)
Precios relativos. Canadá	0.4609	0.0000***	I(1)
Precios relativos. EU	0.4969	0.0000***	I(1)

Fuente: Elaboración propia con base a datos de Canadá, Estados Unidos y México, provenientes de la base de datos de la OCDE.

Niveles de significancia: * 10%, **5% y ***1%.

Se logra corroborar que las variables son integradas de primer orden, por lo que se puede ejecutar el ejercicio de estimar relaciones de cointegración mediante la metodología del vector de corrección de errores. A continuación, se presentan los resultados para cada país.

Cuadro 19. Pruebas de cointegración de Johansen, Canadá, estadístico de traza

Relaciones de Coint.	Estadístico de traza	Valor crítico al 5%	Probabilidad
Ninguna	41.08043	35.01090	0.0100**
1	10.67079	18.39771	0.4181
2	3.840209	3.841466	0.0500*

Fuente: Elaboración propia con base a datos de Canadá, Estados Unidos y México, provenientes de la base de datos de la OCDE.

Niveles de significancia: * 10%, **5% y ***1%.

Cuadro 20. Pruebas de cointegración de Johansen, Canadá, máximo eigenvalor

Relaciones de Coint.	Máximo eigenvalor	Valor crítico al 5%	Probabilidad
Ninguna	30.40964	24.25202	0.0068***
1	6.830578	17.14769	0.7313
2	3.840209	3.841466	0.0500*

Fuente: Elaboración propia con base a datos de Canadá, Estados Unidos y México, provenientes de la base de datos de la OCDE.

Niveles de significancia: * 10%, **5% y ***1%.

El vector normalizado de cointegración correspondiente es:

Cuadro 21. Vector normalizado de cointegración Canadá

Exportaciones	Índice de producción industrial	Precios relativos
1.00000	-0.543757 (0.17511)	0.353732 (0.08047)

Fuente: Elaboración propia con base a datos de Canadá y México, provenientes de la base de datos de la OCDE.

Se corrobora entonces al menos una relación de cointegración estadísticamente significativa. Se aprecia que los valores de las elasticidades estimadas para Canadá mantienen el signo esperado, pero presentan una menor magnitud.

Cuadro 22. Pruebas de cointegración de Johansen, Estados Unidos, estadístico de traza

Relaciones de Coint.	Estadístico de traza	Valor crítico al 5%	Probabilidad
Ninguna	47.10644	35.01090	0.0017***
1	12.95134	18.39771	0.2441
2	3.246658	3.841466	0.0716*

Fuente: Elaboración propia con base a datos de Canadá, Estados Unidos y México, provenientes de la base de datos de la OCDE.

Niveles de significancia: * 10%, **5% y ***1%.

Cuadro 23. Pruebas de cointegración de Johansen, Estados Unidos, máximo eigenvalor

Relaciones de Coint.	Máximo eigenvalor	Valor crítico al 5%	Probabilidad
Ninguna	34.15510	24.25202	0.0018***
1	9.704684	17.14769	0.4251
2	3.246658	3.841466	0.0716*

Fuente: Elaboración propia con base a datos de Canadá, Estados Unidos y México, provenientes de la base de datos de la OCDE.

Niveles de significancia: * 10%, **5% y ***1%.

Para el caso de Estados Unidos el vector normalizado de cointegración se expresa como:

Cuadro 24. Vector normalizado de cointegración Estados Unidos

Exportaciones	Índice de producción industrial	Precios relativos
1.00000	-0.779663 (0.19110)	0.620237 (0.07013)

Fuente: Elaboración propia con base a datos de Estados Unidos y México, provenientes de la base de datos de la OCDE.

Para el caso de Estados Unidos también se corrobora una relación de cointegración, mostrando una relación de largo plazo entre las exportaciones mexicanas y la actividad estadounidense como los precios relativos a los que se enfrentan tales exportaciones. En este caso las elasticidades muestran el signo esperado. Señalando que la correspondiente al índice de producción industrial muestra una

magnitud mayor que en el caso conjunto y la correspondiente a Canadá. En resumen, la elasticidad ingreso es 0.63 y la elasticidad precio – 0.6.

5. REFLEXIONES FINALES

Se ha mostrado cómo se modela al resto del mundo en los modelos de equilibrio general aplicados. Se identificó la **demanda relativa** entre bienes domésticos e importados, la **oferta relativa** entre vender en el mercado doméstico o exportar y la demanda de exportaciones por medio de una matriz de contabilidad social.

Se ha redefinido la función de exportaciones de los modelos de equilibrio general aplicados en términos econométricos. Se ha obtenido que un cambio de 1% en la producción industrial de Estados Unidos y de Canadá, se asocia a un cambio de 0.63% en las exportaciones de México. Por tanto, el incremento de la producción industrial de nuestros socios comerciales del T-MEC, se asocia con un aumento de las exportaciones mexicanas, mostrando la interrelación productiva con Estados Unidos y Canadá. También, al cambiar los precios relativos (al encarecerse los bienes mexicanos), las exportaciones disminuyen un -0.6%. Así, un aumento en los precios relativos de las exportaciones mexicanas tiende a deteriorar las exportaciones mexicanas, lo cual muestra el efecto de una disminución de la competitividad. En este artículo se han estimado elastizos ingreso y precio a nivel agregado, trabajo futuro será estimar las elasticidades de los tres grandes sectores definidos en este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Casares, E. R., Ruiz-Galindo, L. A. y Sobarzo, H. (2017). Short and Long Run Armington Elasticities for the Mexican Economy. in A. Pinto y D. Zilberman, “Modeling, dynamics, optimization and bioeconomics II”, ISBN 978-3-319-55235-4, ISBN 978-3-319-55236-1 (eBook), Springer.

- Cermeño, S. R y Rivera-Ponce, H. (2016). La demanda de importaciones y exportaciones de México en la era del TLCAN. Un enfoque de cointegración. *El Trimestre Económico*, vol. LXXXIII (1), núm. 329, pp. 127-147.
- Engle, R. F. y Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation and testing, *Econometrica* (55), 251–276.
- Granger, C. W. J. (1981). Some properties of time series data and their use in econometric model specification, *Journal of Econometrics* (16), 121–130.
- Lütkepohl, Helmut (2005), "New Introduction to Multiple Time Series Analysis", Springer Books, Springer, number 978-3-540-27752-1, December.
- OECD (2023), Trade in goods (indicator). doi: 10.1787/1ea6b5ed-en (Accessed on 27 September 2023)