

# **REPORTE DE INVESTIGACIÓN**

## **1. Nombre del profesor**

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

## **2. Proyectos registrados ante Consejo Divisional**

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

607 Análisis Multivariado y de Series de Tiempo y

891 Modelos con fundamentos microeconómicos

## **3. Líneas de generación y/o aplicación de conocimiento**

Equilibrio General Aplicado a México

Econometría y Series de Tiempo

## **4. Área o Grupo de Investigación**

Grupo de Investigación de Modelación Económica Teórica y Aplicada

(en proceso de aprobación)

**Fundamentos microeconómicos para un modelo de  
elasticidades Armington para México**

**Por**

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

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

Diciembre, 2015.

## 1. Introducción

En los modelos de flujos comerciales y en especial los de Ciclo Real Internacional y los de Equilibrio General, adquieren gran relevancia las elasticidades de sustitución entre bienes nacionales e importados conocidas como elasticidades Armington, puesto que esos bienes son sustitutos imperfectos cuando varían sus precios, debido de manera primordial a que tienen diferente origen, es decir, proceden de diferente país (véase Armington, 1969).

En este reporte de investigación interesa plantear los fundamentos microeconómicos del supuesto Armington con el propósito de formular un modelo para la demanda relativa de bienes importados a nacionales a partir de una función de elasticidad constante de sustitución, CES, por sus siglas en inglés (*Constant Elasticity of Substitution*), que permite agregar esos bienes en un bien compuesto y su utilidad radica en que plantea las preferencias del consumidor por sustituir bienes importados por nacionales. Una vez especificado el modelo para la demanda relativa, se hace operativo mediante la metodología econométrica usando información agregada de México.

Así pues, el objetivo de este documento es cuantificar el grado de sustitución que existe entre los bienes importados y nacionales, ocasionado por cambios en el precio relativos de esos bienes, como en los modelos de Ciclo Real Internacional. Cabe mencionar que en este tipo de modelos se utilizan valores calibrados de la elasticidad Armington relativamente pequeños, en un rango de entre 0.5 y 2, ver por ejemplo Engel y Wang (2008, 2011); sin embargo, en Backus, Kehoe y Kydland (1994) y en Kose y Yi (2006) usan un valor de 1.5. Además, para dar apoyo empírico al uso de estas pequeñas elasticidades, Heathcote y Perri (2002) han estimado con datos agregados y obtuvieron un valor de 0.9; Bergin (2006) la estimó de 1.13.

Utilizando técnicas de cointegración, Hooper, Johnson y Marquez (2000) pueden distinguir entre macro elasticidades de corto y largo plazo para la demanda de importaciones. Ellos obtienen valores relativamente pequeños para las elasticidades precio de corto y largo plazo. Finalmente, Feenstra, Luck, Obstfeld y Russ (2014) estudian

metodologías econométricas para la correcta estimación de las macro elasticidades Armington.

A través de la estimación de un modelo estático de la demanda relativa entre bienes importados y nacionales es posible mostrar que se puede efectuar una aplicación consistente que integre la formalidad de la teoría económica con la de las técnicas fundamentales del modelado econométrico, que no únicamente satisfaga los supuestos del modelo econométrico, sino también que su interpretación tenga sentido económico. De acuerdo a los resultados de estimación del modelo, la macro elasticidad Armington es de 0.4838 para la economía mexicana, de manera que el efecto de los precios relativos sobre esta no es sustancial y su magnitud es similar a las estimaciones que utilizan datos agregados.

El artículo se organiza como sigue. En la Sección 2, se presentan los fundamentos del modelo, planteando y solucionando un problema de optimización basado en la función CES y que conduce al modelo teórico. En la Sección 3, se especifica el modelo econométrico. En la 4, se exponen las variables proxis seleccionadas de la economía mexicana y que se incorporan al modelo para hacerlo operativo. En la Sección 4, se formula la estimación y se expone la evaluación del modelo estimado. El reporte concluya, en la Sección 5, con las conclusiones.

## **2. Fundamentos microeconómicos: el modelo teórico**

El supuesto Armington afirma que los bienes domésticos e importados son sustitutos imperfectos, se especifica una función CES para modelar el bien compuesto  $Q$ , es decir, la función CES agrega bienes de una industria o economía creando un bien compuesto,

$$Q = [aD^\rho + (1 - a)M^\rho]^{\frac{1}{\rho}}, \quad (1)$$

donde  $D$  es el bien producido domésticamente,  $M$  es el bien importado,  $a$  es un parámetro de distribución,  $0 < a < 1$ , y  $\rho$  es un parámetro de sustitución,  $\rho < 1$  y  $\rho \neq 0$ . La elasticidad de sustitución entre bienes nacionales e importados,  $\sigma$ , está definida como  $\sigma = 1/(1 - \rho)$ , también conocida como elasticidad Armington.

El gasto  $E$  del consumidor o comprador para estos dos tipos de bienes es

$$E = P_D D + P_M M,$$

donde  $P_D$  es el precio del bien nacional y  $P_M$  es el del importado. El consumidor o comprador, selecciona  $D$  y  $M$  para maximizar la función CES, ecuación (1), sujeto a su gasto. Así, el problema del consumidor o comprador es

$$\begin{aligned} \max \quad & Q = [aD^\rho + (1-a)M^\rho]^{1/\rho} \\ \text{s. a.} \quad & E = P_D D + P_M M \end{aligned}$$

El lagrangiano del problema es

$$\mathcal{L} = [aD^\rho + (1-a)M^\rho]^{1/\rho} + \lambda(E - P_D D - P_M M)$$

en donde  $\lambda$  es el precio sombra o el efecto en la función objetivo  $Q$  cuando es relajada la restricción  $E$ . LA solución de las condiciones de primer orden

Las condiciones de primer orden conducen al punto crítico

$$\left(\frac{M}{D}\right)^{1-\rho} \frac{a}{(1-a)} = \frac{P_D}{P_M}, \quad (2)$$

y como la función CES es cóncava, cumple con las condiciones de segundo orden y por ello ese crítico es óptimo. La ecuación en (2) dice que la tasa marginal de sustitución entre bienes nacionales e importados,

$$\left(\frac{M}{D}\right)^{1-\rho} \frac{a}{(1-a)},$$

es igual a el precio relativo

$$\frac{P_D}{P_M}.$$

Observe que la tasa marginal de sustitución solamente depende de la relación  $M/D$  (derivado de que la función CES es homotética) y que la relación marginal de sustitución

disminuye cuando  $D$  aumenta y  $M$  disminuye, lo cual implica que las curvas de nivel son convexas (derivado de que la función CES sea quasi-concava). Finalmente, despejando  $M/D$  de la ecuación (2), se obtiene la demanda relativa de bienes importados a domésticos en función de su precio relativo:

$$\frac{M}{D} = \left[ \left( \frac{1-a}{a} \right) \frac{P_D}{P_M} \right]^\sigma, \quad (3)$$

donde  $\sigma = \frac{1}{1-\rho}$ . Cabe mencionar que como la función CES es linealmente homogénea, la demanda relativa  $M/D$  es homogénea de grado cero, es decir, la demanda relativa no cambia con un aumento proporcional en los precios. Linealizando la expresión anterior, se obtiene el modelo estático:

$$\ln \left( \frac{M}{D} \right) = \beta + \sigma \ln \left( \frac{P_D}{P_M} \right) \quad (4)$$

con  $\beta = \sigma \ln \left( \frac{1-a}{a} \right)$ , a partir del cual se inicia el análisis empírico.

### 3. ESPECIFICACIÓN DEL MODELO ECONOMETRICO

El modelo estático en (4) puede ser formulado como un modelo de regresión lineal simple como

$$\ln Y_t = \beta + \varepsilon \ln X_t + e_t, \quad (5)$$

donde  $Y_t = \frac{M_t}{D_t}$ ,  $X_t = \frac{P_{Dt}}{P_{Mt}}$ ,

$e_t$  es un ruido blanco gaussiano,<sup>1</sup>

$\beta$  y  $\varepsilon$  son los parámetros a estimar,

---

<sup>1</sup> Esto significa que  $e_t$  es una variable aleatoria que se distribuye normal con media condicional cero, homoscedástica y no autocorrelacionada.

$t = 1, \dots, T$ , es un índice que corre sobre las observaciones y

$T$  es el número total de ellas

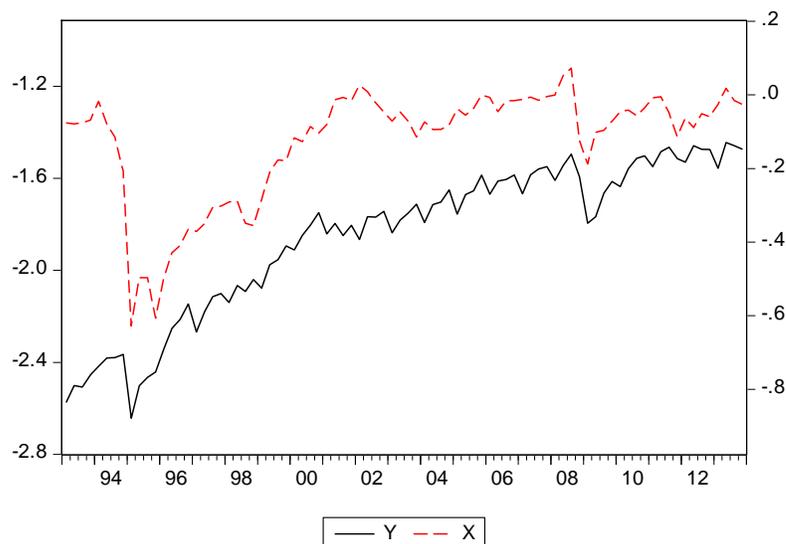
A grandes rasgos, la metodología econométrica una vez especificado el modelo de regresión, consiste en proponer *proxis* para las variables que se incorporan en él, estimarlo usando esa información, llevar a cabo la evaluación económica y en caso de que esta sea correcta, continuar con la evaluación econométrica, que consiste en verificar si la información cuantitativa con la que se estimó el modelo, proporciona evidencia a favor o en contra de los supuestos tanto de la parte determinista,  $\beta + \varepsilon \ln X_t$ , como los de la estocástica,  $e_t$ , del modelo de regresión planteado en (5). La violación de alguno de los supuestos conduce la especificación del modelo o incluso a buscar alternativas para las variables *proxis* seleccionadas originalmente. Una vez obtenido un modelo que sea *correcto* desde el punto de vista económico y econométrico, se puede proceder a evaluación de políticas o a pronosticar la variable de interés.

#### **4. INFORMACIÓN EMPÍRICA INCORPORADA AL MODELO**

Con información trimestral del INEGI para el periodo que comprende del primer trimestre de 1993 al cuarto trimestre del 2013, a precios constantes del 2008 se estima el modelo formulado en 5.  $M$  representa las importaciones totales y  $D$  la demanda doméstica, la cual se calcula como el valor bruto de la producción menos las exportaciones. Por su parte, en la determinación de los precios relativos se utilizaron los correspondientes índices de precios de  $D$  y  $M$ .

Analizar la gráfica de cada variable es de utilidad para visualizar la dinámica de cada una. En la Gráfica 1 se presenta la demanda relativa y los precios relativos, en ella se observa que las dos crecen de manera acompasada excepto quizás en 1994, 1995 e inicios del 2008: en el 94 que se visualiza una abrupta caída de los precios relativos, en el 95 de la demanda relativa y al iniciar el 2008 de ambas variables.

Gráfica 1. Logaritmos de la demanda y precios relativos



## 5. ESTIMACIÓN Y EVALUACIÓN DEL MODELO

La estimación del modelo estático que se presenta a continuación es el resultado de implementar la metodología econométrica antes mencionada.<sup>2</sup> El modelo estimado final es

$$Y_t = -3.0280 + 0.4838X_{t1} + 0.8097X_{t2} + 0.3465\tau$$

(0.0399)
(0.0431)
(0.1417)
(0.0097)

donde  $X_{t1} = X_t$ ,  $X_{t2}$  es la tasa de crecimiento anual del PIB,  $\tau$  es una tendencia que permite capturar la dinámica conjunta de las variables y las cifras entre paréntesis son los errores estándar.

<sup>2</sup> Es importante señalar que debido a los objetivos del libro, aquí únicamente se pretende presentar las bases del modelado económico, sin grandes pretensiones desde el punto de vista de las técnicas del modelado. Sin embargo, es importante comentar que el modelo estimado puede mejorar sustancialmente si se introduce una especificación dinámica del mismo. La mejora es en dos sentidos: por el lado económico se puede estudiar no sólo la elasticidad de sustitución de corto plazo como en el modelo estático, sino también la de largo plazo; y por el econométrico, el ajuste del modelo se hace más preciso, debido a que se efectúa un análisis econométrico más riguroso de la dinámica de las variables en el modelo. En Casares, Ruiz y Sobarzo (2015) se plantea un modelo de corrección de error que reúne las características previamente mencionadas. Maddala y Kim (1999) y Harris y Solis (2003) son buenas referencias para el análisis y modelado dinámico.

En ese modelo estimado los signos de los parámetros son los adecuados al igual que sus magnitudes esperados y todos son significativos a los niveles de significancia usuales. Los resultados de las pruebas de diagnóstico, las de cambio estructural y de especificación correcta se muestran a continuación, en todas ellas se presenta el estadístico de prueba y entre paréntesis su correspondiente  $p$ -value, en las pruebas de autocorrelación en seguida del nombre y también entre paréntesis, se muestra el número de rezagos y en las de Chow, el periodo en el que se consideró la posible existencia de un cambio estructural.

Normalidad de Jarque-Bera (JB)

$$JB=3.3714 (0.1853)$$

Heteroscedasticidad de White con (WhCTC) y sin término cruzados (WhSTC)

$$WhCTC=1.2031 (0.3071) \quad WhSTC=1.1540 (0.3329)$$

Heteroscedasticidad de Breusch-Pagan-Godfrey (BrPaGo)

$$BrPaGo=1.3231 (0.2731)$$

Autocorrelación de Breusch-Godfrey (BrGo)

$$BrGo(1)=0.4842 (0.4887), \quad BrGo(2)=0.2391 (0.7880), \\ BrGo(3)=0.5619 (0.6419) \quad BrGo(4)=0.9267 (0.0184)$$

Permanencia estructural de Chow, la BreakPoint (ChB) y la Forecast (ChF):

$$ChB(1995:1)=0.5151 (0.7248), \quad ChB(1995:2)=1.1497 (0.3403), \\ ChF(2008:3)=1.3301 (0.1957), \quad ChF(2009:1)=1.2529 (0.2494)$$

Especificación correcta de RESET

$$RESET=2.2047 (0.0305)$$

Los resultados de esas pruebas dan evidencia de que los residuos, *proxis* de la parte estocástica del modelo, satisfacen los supuestos del modelo de regresión, esto es, ellos son una buena aproximación del término estocástico del modelo de regresión lineal, además no hay cambios estructurales en el periodo de estudio y la especificación es correcta. Solo cabe mencionar que por ejemplo la prueba

BrGo(4) y la RESET se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación y especificación correcta, al nivel significancia usual del 5%, pero no al 1%.

## **6. CONCLUSIONES**

En este artículo se ha estudiado el supuesto Armington, sus implicaciones para los modelos de ciclos económicos internacionales reales y se ha estimado la elasticidad Armington para la demanda relativa de bienes importados a los domésticos, mediante un modelo econométrico, resultado de una fundamentación formal económica. La falta de sentido económico en la estimación del modelo original condujo a estimaciones de algunas reespecificaciones de las cuáles se seleccionó el modelo estimado que se analizó en la última Sección y en el que se satisfacen los supuestos económicos y estadísticos del modelo de regresión lineal. En él se obtuvo que la elasticidad Armington de corto plazo aunque significativa desde el punto de vista estadístico, no tiene un impacto sustancial en la demanda relativa.

En general, la extensión inmediata de este tipo de modelos se da cuando se formula uno dinámico, lo cual conlleva ventajas sustanciales tanto desde el punto de vista económico y como del econométrico. En particular en el modelado de las elasticidades del tipo Armington, las mejora por el lado económico es que se puede estudiar no sólo la elasticidad de sustitución de corto plazo como en el modelo estático, sino también la de largo plazo y por el econométrico, el ajuste del modelo se hace más preciso, debido a que se efectúa un análisis econométrico más riguroso de la dinámica de las variables que se introducen en el mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

Backus, D. K., P. J. Kehoe y F. E. Kydland (1994), “Dynamics of the trade balance and the terms of trade: The j-curve?”, *American Economic Review* 84, 84-103.

Bergin, P. R. (2006), “How well can the New Open Economy Macroeconomics explain the exchange rate and current account?”, *Journal of International Money and Finance*, 25, 675-701.

Casares, E. R., L. A. Ruiz-Galindo y H. Sobarzo (por venir), “Short and Long Run Armington Elasticities for the Mexican Economy” en A. Pinto y D. Zilberman (editores), *Modeling, Dynamics, Optimization and Bioeconomics II*, en la serie Springer Proceedings in Mathematics and Statistics.

Engel, C. y J. Wang (2008), “International Trade in Durable Goods: Understanding Volatility, Cyclicalidad, and Elasticities”, NBER Working Paper No. 13814.

Engel, C. y J. Wang (2011), “International Trade in Durable Goods: Understanding Volatility, Cyclicalidad, and Elasticities”, *Journal of International Economics*, 83, 37-52.

Feenstra, R. C., P. Luck, M. Obstfeld Y K. N. Russ. In Search of the Armington Elasticity, NBER Working Paper 20063.

Groth, C., (2014), *Lecture Notes in Macroeconomics* (mimeo), Department of Economics, University of Copenhagen.

Heathcote, J. y F. Perri, (2002), “Financial Autarky and International Business Cycles”, *Journal of Monetary Economics*, 49 (3), 601- 628.

Hooper, P., K. Johnson y J. Marquez (2000), *Trade Elasticities for the G-7 Countries*, Princeton Studies in International Economics No. 87.

Harris, R. y R. Sollis (2003), *Applied Time Series Modelling and Forecasting*, Wiley.

Johnston, J. y Dinardo, J. (1996), *Econometric Methods*, McGraw-Hill/Irwin.

Kose, M. A. y K.-M. Yi (2006), “Can the standard international business cycle model explain the relation between trade and comovement?”, *Journal of International Economics* 68, 267-295.

Maddala, G. S. y I-M. Kim (1999), *Unit Roots, Cointegration, and Structural Change*, Cambridge University Press.

Spanos, A. (1988), “Towards a Unifying Methodological Framework for Econometric Modelling”, *Economic Notes*, Sienna 1, 1-28.

Spanos, A. (1989), *Statistical Foundation of Econometric Modelling*, Cambridge University Press.

Wooldridge J. M. (2012). *Introductory Econometrics: A modern Approach*. South-Western Pub.