

## DE LA SÍNTESIS NEOCLÁSICA A LA TEORÍA NEOKEYNESIANA, UNA APROXIMACIÓN POR MEDIO DE SUS MODELOS MATEMÁTICOS

Faustino Vega Miranda\*

5

### *Resumen*

La teoría convencional emplea modelos parsimónicos para la enseñanza de la ciencia económica, desde la propuesta matemática del IS-LM hasta el modelo de tres ecuaciones; este último instrumento se emplea para explicar cómo determina el Banco Central la regla de Taylor para estabilizar la economía ante shocks exógenos. El objetivo de este documento es hacer una revisión matemática de cuatro modelos para analizar la evolución de la Síntesis Neoclásica y de la Nueva Economía Keynesiana. En ese sentido, se plantea el cálculo de los valores de equilibrio del modelo de tres ecuaciones y se propone un modelo matemático neokeynésiano considerando una economía abierta.

### *Abstract*

The conventional theory uses parametric models for the teaching of economic science, from the mathematical proposal of the IS-LM to the model of three equations; This last instrument is used to explain how the Central Bank determines Taylor's rule to stabilize the economy in the face of exogenous shocks. The objective of this document is to make a mathematical review of four models to analyze the evolution of the Neoclassical Synthesis and the New Keynesian Economy. In this sense, the calculation of the equilibrium values of the model of three equations is proposed and a New Keynesian mathematical model considering an open economy is proposed.

\* Profesor adscrito a la Facultad de Estudios Superiores Acatlán de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), correo electrónico: <kopola9@yahoo.com.mx>.

**Palabras clave:** macroeconomía, modelo matemático, políticas monetaria y fiscal, Banco Central, regla de Taylor.

**Clasificación JEL:** E00, C02, E5, E52

**Keywords:** macroeconomics, mathematical model, monetary and tax policy, Central Bank, Taylor rule.

## 1. Introducción

La teoría macroeconómica ha avanzado enormemente en las últimas cuatro décadas debido a que ha desarrollado y entrelazado diversos enfoques teóricos que dan respuesta a los fenómenos económicos contemporáneos. El recuento inicia con la caída del consenso keynesiano, pasando tanto por los ideales monetaristas como de los nuevos clásicos hasta llegar al dominio de la teoría nekeynesiana.

En particular, la nueva economía keynesiana ha adoptado una postura más amable ante los otros enfoques teóricos; buscan un nuevo consenso macroeconómico como lo que sucedió con el modelo IS-LM. El candidato natural para asumir ese papel es el llamado modelo de tres ecuaciones de Carlin y Soskice que ha empezado a ganar popularidad por su capacidad de explicar el desempeño del Banco Central. Además, el modelo es una propuesta pedagógica interesante al hacer uso de la parsimonia, sin perder los principales aportes, en los últimos años, de la teoría económica.

El presente trabajo tiene un doble propósito, primero, se analizan las propuestas matemáticas de la Síntesis Neoclásica cuando la economía es cerrada y abierta. Segundo, se estudian dos modelos nekeynesianos desde una perspectiva matemática. Dicha tarea busca ayudar a la formación profesional de los alumnos en los cursos de macroeconomía convencional.

Por tanto, el artículo se compone de cuatro secciones. En la primera parte se estudia el modelo IS-LM en un contexto de economía cerrada, en la segunda sección se analiza el modelo Mundell-Fleming bajo un régimen de tipo de cambio flexible y libre movilidad de capital. En la tercera parte se investiga el modelo de tres ecuaciones para determinar la regla de Taylor en una economía cerrada junto con los valores de equilibrio. Finalmente, se establece una propuesta matemática del modelo de Carlin y Soskice considerando una economía abierta introduciendo la influencia del tipo de cambio y determinando la regla monetaria del Banco Central. El documento cierra con la exposición de algunas conclusiones.

### 1. El modelo IS-LM

El modelo IS-LM es un esquema matemático desarrollado por Hicks en 1937 cuyo propósito es la conciliación entre los ideales clásicos y la propuesta keynesiana (Mántey, 1997). El intento fue exitoso y el instrumento fungió como un punto de unión para los economistas de la época, Mankiw (1992) llama el viejo consenso macroeconómico.

El modelo se estructura con base en 2 ecuaciones que describen el funcionamiento del mercado de bienes y de dinero, los supuestos principales son una economía cerrada; precios fijos y dinero exógeno.

La ecuación 1 describe el comportamiento del mercado de bienes cuando el ingreso nacional se distribuye en consumo, inversión y gasto de gobierno. El consumo agregado es una función directa del ingreso, la inversión guarda una relación indirecta con la tasa de interés y el gasto de gobierno es una variable exógena:

$$Y = C(Y) + I(i) + G_o \quad (1)$$

En los libros de texto de macroeconomía convencional se analiza el mercado financiero bajo la igualdad de oferta y demanda de dinero. El lado derecho de la ecuación 2 se refiere a los dos motivos keynesianos que determinan la función de demanda de dinero, motivo transacción (matemáticamente la función depende del ingreso) y motivo especulación (determinado por la tasa de interés); mientras que el lado izquierdo de la ecuación constituye la oferta de dinero que controla el Banco Central:

$$M_o = k(Y) - h(i) \quad (2)$$

Se despejan las variables ingreso y tasa de interés de las ecuaciones del mercado de bienes y de dinero, se aplica diferencial total para obtener las siguientes representaciones matemáticas donde se observan dos ecuaciones y dos variables:

$$\begin{aligned} (1 - C')dY - I' di &= dG_o \\ -k'dY + h'di &= -dM_o \end{aligned}$$

A partir de esta conceptualización matemática, se desprende un sistema de ecuaciones que se puede representar en su forma matricial para calcular el determinante de la matriz de coeficientes.

$$\begin{aligned} \left[ \begin{array}{cc} (1 - C') & -I' \\ k' & h' \end{array} \right] \begin{array}{c} dy \\ di \end{array} &= \begin{array}{c} dG_o \\ -dM_o \end{array} \\ |A| &= sh' - k'I' \\ |A| &\neq 0 \end{aligned}$$

Se verifica solución única y para hallar las soluciones de equilibrio para la tasa de interés ( $di$ ) y el ingreso ( $dY$ ) se emplea la regla de Cramer, desencadenando los siguientes resultados:

$$dY = \frac{\begin{vmatrix} dG_o & -I' \\ -dM_o & h' \end{vmatrix}}{sh' - k'I'} = \frac{dG_o h' - dM_o I'}{sh' - k'I'}$$

$$di = \frac{\begin{bmatrix} s & dG_o \\ -k' & -dM_o \end{bmatrix}}{sh' - k'I'} = \frac{dG_o k' - dM_o s}{sh' - k'I'}$$

El modelo IS-LM se emplea para analizar el impacto de la política fiscal en los niveles de ingreso y tasa de interés a través de los multiplicadores del gasto autónomo (Dornbusch et al., 2009) de las soluciones de equilibrio:

$$\frac{dY}{dG_o} = \frac{h'}{sh' - k'I'} \quad \frac{di}{dG_o} = \frac{k'}{sh' - k'I'}$$

$$\frac{dY}{dG_o} > 0 \quad \frac{di}{dG_o} > 0$$

8 De lo anterior se deduce que un aumento del gasto de gobierno impacta positivamente en los niveles de ingreso y de tasa de interés, este segundo movimiento genera una disminución de la inversión privada que se cataloga como un efecto desplazamiento o *crowding-out* desde la perspectiva teórica-práctica ortodoxa (De Oliveira y Teixeira, 1999).

Finalmente, el modelo presentó serios inconvenientes para explicar la serie de sucesos acontecidos en la década de 1970 en las economías capitalistas (Hoover, 1988), principalmente el aumento de precios. De esta forma, se rompió el consenso y emergieron teorías alternativas como la propuesta monetarista y la Nueva Escuela Clásica.

## 2. El modelo IS-LM con economía abierta: la propuesta de Mundell-Fleming

El modelo IS-LM exhibió una segunda crítica, mantenía el supuesto de economía cerrada cuando los acontecimientos en el mundo daban fundamento a la apertura comercial y a los movimientos de capital entre los países (Casparri y Turrullo, 2014).

En ese sentido, Mundell (1971) y Fleming retomaron el modelo IS-LM bajo una serie de consideraciones importantes para poder analizar una economía abierta, por ejemplo, el cumplimiento de la condición Marshall-Lerner (De Miguel, 2015), el régimen de tipo de cambio es flexible, se verifica la paridad de poder de compra y la paridad de tasas de interés, la balanza de pagos mantiene una perfecta movilidad de capital y se encuentra en equilibrio ( $BP = 0$ ).

El modelo está conformado por tres ecuaciones que explican el comportamiento del mercado de bienes, dinero y la balanza de pagos. En la ecuación 3 el ingreso se determina por tres componentes de la demanda (consumo, inversión y gasto de gobierno) y por la cuenta T, es decir, la cuenta corriente en la que el principal argumento es el tipo de cambio ( $e$ ). En la ecuación 4 se explica el mercado de dinero como en el modelo anterior, en la ecuación 5 la balanza de pagos se compone por la cuenta T y por la cuenta de capital que es sensible a la tasa de interés ( $i$ ).

$$Y = C(Y) + I(i) + G_o + T(e) \quad (3)$$

$$M_o = k(Y) - h(i) \quad (4)$$

$$BP = T(e) + CC(i) \quad (5)$$

Acomodando las variables y aplicando diferencial total, el sistema queda integrado por tres ecuaciones y tres variables en su expresión matricial para deducir el determinante de la matriz A:

$$(1 - C')dY - I'di - T'de = dG_o$$

$$-k'dY + h'di + 0 = -dM_o$$

$$0 - CC'di - T'de = 0$$

$$\begin{bmatrix} 1 - C' & -I' & -T' \\ -k' & h' & 0 \\ 0 & -CC' & -T' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dY \\ di \\ de \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dG_o \\ -dM_o \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$|A| = -T'(CC'K' + sh' - k'I')$$

$$|A| \neq 0$$

El determinante es diferente de cero y asegura una solución trivial, por lo que se procede a estimar las soluciones de equilibrio por medio de la regla de Cramer para las tres variables del sistema ( $dY$ ,  $di$ ,  $de$ ).

$$dY = \frac{\begin{bmatrix} dG_o & -I' & -T' \\ -dM_o & h' & 0 \\ 0 & -CC' & -T' \end{bmatrix}}{-T'(CC'K' + sh' - k'I')} = \frac{dG_o h' + dM_o(CC' - I')}{CC'K' + sh' - k'I'}$$

$$di = \frac{\begin{bmatrix} s & dG_o & -T' \\ -k' & -dM_o & 0 \\ 0 & 0 & -T' \end{bmatrix}}{-T'(CC'K' + sh' - k'I')} = \frac{dG_o k' - dM_o s}{CC'K' + sh' - k'I'}$$

$$de = \frac{\begin{bmatrix} s & -I' & dG_o \\ -k' & h' & -dM_o \\ 0 & -CC' & 0 \end{bmatrix}}{-T'(CC'K' + sh' - k'I')} = \frac{CC'(dM_o s - dG_o k')}{T'(CC'K' + sh' - k'I')}$$

Para analizar el impacto de una política fiscal expansiva se emplean los multiplicadores de impacto. El cambio del ingreso y de la tasa de interés debido a la variación del gasto de gobierno es positivo y esperado desde el razonamiento del modelo IS-LM, la incorporación del tipo de cambio es la novedad en el análisis.

$$\frac{dY}{dG_o} = \frac{h'}{CC'K' + sh' - k'I'} > 0$$

$$\frac{di}{dG_o} = \frac{k'}{CC'K' + sh' - k'I'} > 0$$

$$\frac{de}{dG_o} = \frac{CC'k'}{T'(CC'K' + sh' - k'I')} < 0$$

El aumento de la tasa de interés nacional genera una señal positiva al mercado de capitales, traducida en un aumento de la oferta de divisas. La entrada de capitales en la economía nacional aprecia el tipo de cambio (Dornbusch, 1993), disminuye las exportaciones y aumenta las importaciones; lo cual impone un déficit en la cuenta T.

### 10 3. El modelo de tres ecuaciones

El modelo de la Síntesis Neoclásica también mantuvo una inconsistencia en la formulación de la política económica, los Bancos Centrales ya no tienen como objetivo definir el nivel de oferta monetaria (Romer, 2000); la autoridad central define como meta la tasa de interés y con base en ese nivel se ajusta la oferta de dinero en la economía. Por lo que en los modelos neokeynesianos no existe la curva LM (Herrou-Aragón, 2003).

Entonces Carlin y Soskice (2006) idearon un modelo con estas características, buscando determinar la regla de tasa de interés. El modelo se basa en los siguientes supuestos: una economía cerrada, el Banco Central es un agente activo, la política monetaria se basa en reglas de política y existen fricciones en el corto plazo, pero se cumple la neutralidad del dinero en el largo plazo.

La ecuación seis es la curva IS, compuesta por una variable autónoma ( $A$ ); que mide los efectos del gasto de gobierno, y por la tasa de interés real. Para Snowdon y Vane (2005) la curva IS es la misma relación que se explica en los libros de texto macroeconómicos, pero con un sustento microeconómico (Villegas, 2014):

$$(y-y^*) = A-a (i-i^*) \tag{6}$$

La ecuación siete es la regla monetaria, se deriva del *trade-off* del Banco Central entre producto y precios. Matemáticamente es una relación inversa entre la brecha producto y del diferencial de los precios:

$$(y-y^*) = B-b (\pi-\pi^*) \tag{7}$$

La ecuación ocho es una relación positiva entre la inflación y de la brecha producto, mejor conocida como curva de Phillips de corto plazo:

$$\pi = \pi_{(t-1)} + c(y - y^*) \quad (8)$$

**Cuadro 1**  
**Catálogo de variables**

$y$	Producto
$i$	Tasa de interés
$\pi, \pi_{(t-1)}$	Inflación, inflación rezagada

¿Cómo determina el Banco Central el movimiento de la tasa de interés? Los neokeynesianos definen la regla de Taylor (1993) como aquel instrumento que tiene el propósito de describir cómo debe ajustarse la tasa de interés ante los cambios de la tasa de inflación y del producto. El modelo de tres ecuaciones deriva la regla de Taylor al igualar las ecuaciones uno y dos, esta nueva igualdad se define como la ecuación cuatro:

$$\begin{aligned} (y - y^*) &= (y - y^*) \\ A - a(i - i^*) &= B - b(\pi - \pi^*) \\ \text{Si } A &= B \\ -a(i - i^*) &= -b(\pi - \pi^*) \\ (i - i^*) &= \frac{b}{a}(\pi - \pi^*) \end{aligned} \quad (9)$$

Se sustituye la ecuación 8 en la ecuación 9 para hallar la regla de Taylor, para facilitar los cálculos se asume que la inflación rezagada es igual al incremento de precios actual.

$$\begin{aligned} (i - i^*) &= \frac{b}{a} ((\pi_{t-1} + c(y - y^*)) - \pi^*) \\ (i - i^*) &= \frac{b}{a} (\pi - \pi^*) + \frac{bc}{a} (y - y^*) \\ \text{Si } \left(\frac{b}{a}\right) &= 0.5 \text{ y } \left(\frac{bc}{a}\right) = 0.5 \\ (i - i^*) &= 0.5 (\pi - \pi^*) + 0.5 (y - y^*) \end{aligned} \quad (10)$$

La regla de Taylor es el principal instrumento del Banco Central para reestablecer la senda de crecimiento en la economía, dicho de otra forma, es la tasa de interés de estabilización después de que la economía ha sufrido la presencia de un shock (Fontana y Setterfield, 2009).

Finalmente, para efectos de resolver el sistema de ecuaciones, las cantidades de equilibrio se calculan a partir de su representación matricial de la forma  $AX = d$ .

$$\begin{aligned} (y - y^*) + a(i - i^*) + 0 &= A \\ (y - y^*) + 0 + b(\pi - \pi^*) &= B \\ -c(y - y^*) + 0 + (\pi - \pi^*) &= 0 \end{aligned}$$

Para ello, se admite que . De tal forma:

$$\begin{bmatrix} 1 & a & 0 \\ 1 & 0 & b \\ -c & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (y-y^*) \\ (i-i^*) \\ (\pi-\pi^*) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \\ B \\ 0 \end{bmatrix}$$

El primer paso fue calcular el determinante de la matriz A y dado que el resultado fue diferente de cero, entonces se puede calcular la inversa y las soluciones de equilibrio:

$$|A| = 1 \begin{vmatrix} 0 & b \\ 0 & 1 \end{vmatrix} - a \begin{vmatrix} 1 & b \\ -c & 1 \end{vmatrix} + 0 \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ -c & 0 \end{vmatrix}$$

$$|A| = -a(1+bc)$$

$$|A| \neq 0$$

12

Resolviendo el sistema con la regla de Cramer, se tiene:

$$(y-y^*) = \frac{\begin{vmatrix} A & a & 0 \\ B & 0 & b \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}}{-a(1+bc)} = \frac{B}{1+bc}$$

$$(i-i^*) = \frac{\begin{vmatrix} 1 & A & 0 \\ 1 & B & b \\ -c & 0 & 1 \end{vmatrix}}{-a(1+bc)} = \frac{B-A(1+bc)}{-a(1+bc)}$$

$$(\pi-\pi^*) = \frac{\begin{vmatrix} 1 & a & A \\ 1 & 0 & B \\ -c & 0 & 0 \end{vmatrix}}{-a(1+bc)} = \frac{cB}{1+bc}$$

¿Cuál es la importancia del modelo de tres ecuaciones? El modelo de tres ecuaciones es de vital importancia como dispositivo en la pedagogía de la nueva macroeconomía keynesiana porque permite racionalizar la intuición sobre el funcionamiento de una economía con inflación y el control de la tasa de interés por parte del Banco Central (Lizarazu y Liquitaya, 2011).

Asimismo, este instrumento muestra el estado teórico concedido a la política fiscal por medio del multiplicador del gasto autónomo. Desde este enfoque teórico la política fiscal expansiva mantiene un efecto nulo en el nivel de producción, en otras palabras, el gasto del gobierno genera inflación y no impacta en el crecimiento económico. En estos modelos matemáticos se mantiene el uso de la política fiscal de manera implícita.



$$\frac{d(y - y^*)}{dG_o} = \frac{d(y - y^*)}{dA} = 0$$

En contraste, la política monetaria se emplea explícitamente; un impacto permanente en la demanda agregada genera un aumento de la tasa de inflación. El Banco Central podría contrarrestar el impacto de la demanda agregada elevando la tasa de interés real (Lizarazu, 2014).

#### 4. El modelo de cuatro ecuaciones

Una variante interesante del modelo de Carlin y Soskice es considerar una economía abierta, ejercicio teórico innovador porque asumen la condición de paridad descubierta de intereses (Lavoie, 2015). Sin embargo, la propuesta se desarrolla en el contexto del modelo IS-LM con economía abierta, o sea, con el modelo Mundell-Fleaming.

Para seguir con la lógica del modelo de tres ecuaciones, se ocupan los mismos supuestos de la propuesta de Carlin y Soskice considerando una economía abierta e introduciendo la variable tipo de cambio. Como el modelo es neokeynesiano, la propuesta retoma las ideas de Ball (Taylor, 1999), donde existe libre movilidad de capital.

Entonces, las ecuaciones son cuatro. La ecuación once es la curva IS, una relación indirecta entre el producto y la tasa de interés. La primicia es la introducción del factor tipo de cambio que afecta negativamente al mercado de bienes:

$$(y - y^*) = A - a(i - i^*) - b(e - e^*) \quad (11)$$

La ecuación doce es la regla monetaria que está determinada por la inflación y por el tipo de cambio.

$$(y - y^*) = B + c(\pi - \pi^*) - d(e - e^*) \quad (12)$$

La curva de Philips de una economía abierta esta explicada por la ecuación 13, donde la formación de precios depende de la inflación rezagada, del producto y del tipo de cambio.

$$\pi = \pi_{(t-1)} + e(y - y^*) - f(e - e^*) \quad (13)$$

Por último, la ecuación 14 explica el comportamiento del tipo de cambio y su relación directa con el diferencial de tasas de interés.

$$(e - e^*) = C + g(i - i^*) \quad (14)$$

**Cuadro 2**  
**Catálogo de variables**

$y$	Producto
$i$	Tasa de interés
$\pi, \pi_{t-1}$	Inflación, inflación rezagada
$e$	Tipo de cambio

Para calcular la regla de Taylor en una economía abierta hay que sustituir la ecuación 14 en la ecuación 13:

14

$$\begin{aligned} \pi &= \pi_{(t-1)} + e(y - y^*) - f(C + g(i - i^*)) \\ \pi &= \pi_{(t-1)} + e(y - y^*) - Cf - fg(i - i^*) \\ \text{Si } Cf &= 0, \quad \pi^* = \pi_{(t-1)} \\ (\pi - \pi^*) &= e(y - y^*) - fg(i - i^*) \end{aligned} \quad (15)$$

La ecuación 15 muestra el diferencial de precios. La solución continúa igualando la ecuación 11 a la ecuación 12:

$$\begin{aligned} A - a(i - i^*) - b(e - e^*) &= B + c(\pi - \pi^*) - d(e - e^*) \\ \text{Si } A &= B \\ -a(i - i^*) - b(e - e^*) &= c(\pi - \pi^*) - d(e - e^*) \\ -a(i - i^*) - b(e - e^*) + d(e - e^*) &= c(\pi - \pi^*) \\ -\frac{a}{c}(i - i^*) + \frac{-b + d}{c}(e - e^*) &= (\pi - \pi^*) \end{aligned} \quad (16)$$

Ahora, la ecuación 16 se introduce en la ecuación 15:

$$\begin{aligned} -\frac{a}{c}(i - i^*) + \frac{-b + d}{c}(e - e^*) + fg(i - i^*) &= e(y - y^*) \\ \frac{-a + cfg}{c}(i - i^*) + \frac{-b + d}{c}(e - e^*) &= e(y - y^*) \\ \text{Si } w &= \left( \frac{-a + cfg}{c} \right) y w' = \left( \frac{-b + d}{c} \right) \\ e(y - y^*) &= w(i - i^*) + w'(e - e^*) \\ (i - i^*) &= \frac{e(y - y^*) - w'(e - e^*)}{w} \end{aligned} \quad (17)$$

La ecuación 17 es la regla de Taylor de una economía abierta, se basa en la ecuación de Ball (2000) y muestra cómo el Banco Central debe ajustarse a los efectos transitorios del tipo de cambio para definir la tasa de interés (Hernández, 2007).

Para la solución del modelo se emplea la representación matricial  $AX=d$ :

$$\begin{bmatrix} 1 & a & b & 0 \\ 1 & 0 & d & -c \\ -e & 0 & f & 1 \\ 0 & -g & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (y-y^*) \\ (i-i^*) \\ (e-e^*) \\ (\pi-\pi^*) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \\ B \\ 0 \\ C \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 & a & b & 0 \\ 1 & 0 & d & -c \\ -e & 0 & f & 1 \\ 0 & -g & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Primero, se calcula el determinante para comprobar la solución trivial del sistema de ecuaciones:

$$|B| = 1 \begin{vmatrix} 0 & d & -c \\ 0 & f & 1 \\ -g & 1 & 0 \end{vmatrix} - a \begin{vmatrix} 1 & d & -c \\ -e & f & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} + b \begin{vmatrix} 1 & 0 & -c \\ -e & 0 & 1 \\ 0 & -g & 0 \end{vmatrix}$$

$$|B| = -g(d+cf) + (a+bg)(1-ce)$$

$$|B| \neq 0$$

El sistema manifiesta una solución única, por lo que se emplea la regla de Cramer para calcular las soluciones de equilibrio del ingreso, de la tasa de interés, del tipo de cambio y de la inflación:

$$(y-y^*) = \frac{\begin{vmatrix} A & a & b & 0 \\ B & 0 & d & -c \\ 0 & 0 & f & 1 \\ C & -g & 1 & 0 \end{vmatrix}}{-g(d+cf) + (a+bg)(1-ce)}$$

$$(y-y^*) = \frac{-A(dg+cfg) - ac(d+cf) + B(a-bg)}{-g(d+cf) + (a+bg)(1-ce)}$$

$$(i-i^*) = \frac{\begin{vmatrix} 1 & A & b & 0 \\ 1 & B & d & -c \\ -e & 0 & f & 1 \\ 0 & c & 1 & 0 \end{vmatrix}}{-g(d+cf) + (a+bg)(1-ce)}$$

$$(i-i^*) = \frac{c(d+cf) - B(A-bc)(1-ce)}{-g(d+cf) + (a+bg)(1-ce)}$$

$$(e - e^*) = \frac{\begin{bmatrix} 1 & a & A & 0 \\ 1 & 0 & B & -c \\ -e & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -g & C & 0 \end{bmatrix}}{-g(d + cf) + (a + bg)(1 - ce)}$$

$$(e - e^*) = \frac{-ae - Aceg + ac + Ag - Bg}{-g(d + cf) + (a + bg)(1 - ce)}$$

$$(\pi - \pi^*) = \frac{\begin{bmatrix} 1 & a & b & A \\ 1 & 0 & d & B \\ -e & 0 & f & 0 \\ 0 & -g & 1 & C \end{bmatrix}}{-g(d + cf) + (a + bg)(1 - ce)}$$

$$(\pi - \pi^*) = \frac{bBeg - Aedg + Bfg - Afg + aeB + acf + acde}{-g(d + cf) + (a + bg)(1 - ce)}$$

¿Cuál es la importancia del modelo de cuatro ecuaciones? El modelo asume la economía abierta al introducir el tipo de cambio como una variable fundamental en la determinación de la tasa de interés por parte del Banco Central. También tiene una importancia en la formación profesional de los economistas en el área matemática por la formalización matricial y la derivación de la regla de Taylor.

A partir de los multiplicadores de impacto, se analiza el desempeño de la política económica. Un incremento del gasto de gobierno produce que el producto, la tasa de interés y el nivel de precios aumenten.

$$\frac{d(y - y^*)}{dA} = \frac{g(d + cf)}{g(d + cf) - (a + bg)(1 - ce)} > 0$$

$$\frac{d(i - i^*)}{dA} = \frac{(1 - ce)}{-g(d + cf) + (a + bg)(1 - ce)} > 0$$

$$\frac{d(e - e^*)}{dA} = \frac{Ag(ce - 1)}{g(d + cf) - (a + bg)(1 - ce)} > 0$$

$$\frac{d(\pi - \pi^*)}{dA} = \frac{Ag(ed + f)}{g(d + cf) - (a + bg)(1 - ce)} > 0$$

Si el objetivo de la autoridad central es la inflación, se entrará en un proceso de depreciación para que el tipo de cambio real permanezca constante en el mediano plazo (Carlin y Soskice, 2010). Al mismo tiempo, se supone que la condición de Marshall-Lerner es válida, por lo que el saldo en cuenta corriente debería equilibrarse o pasar a una situación superavitaria.

## 5. Conclusiones

Este texto fomenta el uso de matemáticas en el desarrollo de cuatro modelos teóricos de dos escuelas del pensamiento económico, ya que estas son un instrumento fundamental en la formación de un economista porque la teoría económica es una abstracción de la realidad y por medio de estos instrumentos se tiene un marco analítico donde los factores se relacionan para hallar una solución a un problema.

En ese sentido, la nueva economía keynesiana es una teoría híbrida cuyos principales exponentes participan en la toma de decisiones de política económica. Por ejemplo, Joseph Stiglitz, Olivier Blanchard, David Romer, Gregory Mankiw, Ben Bernanke, Janet Yellen, Wendy Carlin y David Soskice. Estos dos últimos autores han desarrollado una propuesta pedagógica para mostrar cómo el Banco Central determina la regla de Taylor.

De acuerdo a la propuesta nekeynesiana, se formalizaron dos modelos para mostrar cómo se deriva la regla de Taylor que emplea el Banco Central para estabilizar la economía.

Primero, se calculó la regla de tasa de interés en el modelo de economía cerrada, determinada por el diferencial de precios y de producto. Además, se ha propuesto las soluciones de equilibrio por medio de matrices. Cabe resaltar que el modelo de tres ecuaciones es fundamental en la enseñanza de política monetaria porque muestra cómo el Banco Central determina la tasa de interés ante la presencia de inflación.

Por otro lado, el modelo de cuatro ecuaciones mantiene los supuestos del modelo anterior, pero incorporando una economía abierta. En este nuevo escenario la regla de Taylor está definida por el producto y el tipo de cambio, esta última es una variable fundamental en las relaciones económicas actuales.

## Referencias

- Ball, L. (2000). "Policy rules and external shocks", *NBER Working Paper*, vol. NA, núm. 7910, pp. 1-20.
- Carlin, W. y D. Soskice (2006). *Macroeconomics. Imperfections, Institutions and Policies*, Nueva York: Oxford University Press.
- Carlin, W. y D. Soskice (2010). "A new keynesian open economy model for policy analysis". *Centre for Economic Policy Research*, documento de trabajo núm. 7979, pp. 1-27.
- Casparri, M. y E. Turrullo (2014). "El análisis estático-comparativo en modelos Mundell-Fleming". *Revista de Investigación en Modelos Matemáticos Aplicados a la Gestión y a la Economía*, vol. 1, núm. 1, pp. 49-71.
- De Miguel, M. (2015). "La condición Marshall-Lerner y la estabilidad del mercado cambiario. Una nota teórica". *Revista Argentina de Economía Internacional*, vol. NA, núm. 4, pp. 87-94.
- De Oliveira, B. y J. Teixeira (1999). "Impacto de la inversión pública sobre la inversión privada en Brasil: 1947-1990". *Revista de la Cepal*, vol. NA, núm. 67, pp. 71-80.
- Dornbusch, R. (1993). *La macroeconomía de una economía abierta*. Barcelona: Antoni Bosch editor.
- Dornbusch, R. et al. (2009). *Macroeconomía*. México: McGraw-Hill-Interamericana Editores.
- Fontana, G. y M. Setterfield (2009). *Macroeconomic theory and macroeconomic pedagogy*, Nueva York: Palgrave Macmillan.

- Hernández, P. (2007). "Metas de inflación y tipo de cambio: de la teoría a la práctica", *Revista Nicolaita de Estudios Económicos*, vol. 2, núm. 2, pp. 31-51.
- Herrou-Aragón, A. (2003). "La regla de Taylor para la tasa de interés". *Revista Cuadernos de Economía*, vol. 40, núm.121, pp. 690-697.
- Hoover, Kevin, (1988) *The New Classical Macroeconomics: A Sceptical Inquiry*. Oxford: Basil Blackwell.
- Lavoie, M. (2015). "Book review of Carlin, Wendy y David Soskice (2015): *Macroeconomics: Institutions, Instability, and the Financial System*", *European Journal of Economics and Economic Policy*, vol. 12, núm.1, pp. 135-142.
- Lizarazu, E. (2014). "La política monetaria en la macroeconomía neokeynesiana". *Revista Economía: teoría y práctica*, vol. NA, núm. 40, pp. 29-59.
- Lizarazu, E. y J. Liqitaya (2011). "Macroeconomía keynesiana de tres ecuaciones: el modelo de Romer (2000)", *Revista Denarius*, Vol. 22, Núm. 1, pp. 47-71.
- Mankiw, G. (1992). "Curso rápido sobre macroeconomía". *Revista Investigación Económica*, vol. 51, núm. 201, pp. 243-269.
- 18 Mántey, G. (1997). *Lecciones de economía monetaria*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mundell, R. (1971). "Movilidad del capital y política de estabilización con tipos de cambio fijos y flexibles". En Caves, R. y H. Johnson (eds.). *Ensayos de economía internacional*. Buenos Aires: Amorrortu Editores.
- Romer, D. (2000). "Keynesian Macroeconomics without the LM Curve". *Journal of Economic Perspectives*, vol. 14, núm. 2, pp. 149-169.
- Snowdon, B. y H. Vane (2005). *Modern Macroeconomics. Its Origins, Development and Current State*, Massachusetts: Edward Elgar.
- Taylor, J. (1993). "Discretion versus Policy Rules in Practice", *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, vol. 39, núm. 1, pp. 195-214.
- Taylor, J. (1999). *Monetary policy rules*, Chicago: University of Chicago Press.
- Villegas, C. (2014). "Del modelo IS-LM al nuevo consenso macroeconómico", *Revista Tiempo Económico*, vol. 28, núm. 11, pp. 5-21.