

ANÁLISIS DINÁMICO EN MICROCOMPUTADORAS

ROQUE B. FERNANDEZ* y ROLF R. MANTEL**

1. Introducción

En el análisis dinámico de los modelos económicos un aspecto que reviste cierta complejidad desde el punto de vista didáctico es el tratamiento formal de un sistema de ecuaciones diferenciales (o en diferencias finitas). La complejidad muchas veces radica más en el problema de comunicación con el estudiante que en la sofisticación matemática con la que se puede tratar el tema.

El problema de comunicación con el estudiante se hace notable cuando el modelo a analizar requiere un ejercicio de dinámica comparativa. Lo usual a nivel de libros de texto intermedios (por ejemplo, Dornbusch y Fisher o Robert Barro) es presentar un diagrama donde se puede presentar un problema de estática comparativa, y a la vez se “insinúa verbalmente” un proceso de ajuste y se deja de lado la dinámica comparativa. Cuando el libro de texto es más avanzado frecuentemente se analiza dinámica comparativa recurriendo a la técnica del diagrama de fases para ilustrar el proceso de ajuste sin recurrir a una solución formal del sistema.

Las limitaciones antes mencionadas, junto a otros problemas relacionados a sistemas dinámicos tales como estabilidad del equilibrio y control óptimo, reflejan a su vez un problema económico elemental: “el costo marginal de un análisis dinámico formal y completo, tanto para fines didácticos como para la investigación, excede el beneficio marginal”. Con esto queremos decir que, en numerosas instancias, el costo que se hace necesario incurrir para solucionar un sistema dinámico puede ser excesivo en relación a los beneficios didácticos o formales de un proyecto de investigación.

El propósito de este trabajo es ilustrar el uso de programas (“software”) para microcomputadoras que permiten analizar sistemas dinámicos con un esfuerzo considerablemente menor que el se requeriría usando una clase

* CEMA

** CEMA Y CONICET

magistral u otros métodos. Por microcomputadoras entendemos la gran variedad de computadores personales con facilidades gráficas y de impresión que hoy en día son considerablemente más accesibles a las facultades y departamentos de economía. Corresponde también destacar que las facilidades gráficas en pantalla que ofrecen las microcomputadoras brindan un entorno de comunicación con el estudiante para interactuar y formular “preguntas” completamente diferente.

Estudios realizados con el uso de microcomputadoras en educación muestran claramente que una “pantalla” es un entorno mucho menos intimidatorio para formular preguntas que una clase magistral con numerosos estudiantes propensos a ridiculizar al tímido estudiante que no puede elaborar correctamente una pregunta.

En las secciones que siguen se presenta un análisis dinámico del modelo IS-LM haciendo uso de un “sistema experto” para análisis macroeconómico. El “sistema experto” es un conjunto de programas que permiten realizar un análisis dinámico de una serie de modelos macroeconómicos. En esta nota solo presentaremos como construir y analizar dinámicamente un modelo por un usuario cuyo nivel de conocimiento no va más allá de un curso introductorio en macroeconomía.

2. El Modelo IS-LM

El modelo IS-LM constituye el núcleo central de lo que comúnmente se denomina “Macroeconomía”, y resume la controversia entre Keynesianos, Clásicos y Monetaristas. Gran parte de esta controversia se suele ilustrar con un diagrama (originalmente producido por John Hicks) donde se dibujan dos curvas, la curva IS y la curva LM. La curva IS representa todas aquellas combinaciones de la tasa de interés y el ingreso que satisfacen el equilibrio del mercado de bienes y servicios. La curva LM representa todas aquellas combinaciones de la tasa de interés y el ingreso que satisfacen el equilibrio en el mercado de activos financieros. La intersección de estas curvas determina el equilibrio simultáneo en ambos mercados.

Las curvas IS-LM normalmente se usan para discutir economías cerradas, norma de la cual no nos apartaremos en este trabajo. Sin embargo, gracias a las contribuciones de Mundell, Fleming y Harry Johnson —entre otros— es posible extender el modelo para economías abiertas al comercio in-

ternacional, y el análisis que se presenta a continuación puede ser fácilmente extendido a ese caso.

Los supuestos del modelo IS-LM para economías abiertas son los siguientes: a) precios fijos, b) tipo de cambio fijo, c) esterilización de cambios monetarios debidos a operaciones del Banco Central en moneda extranjera, d) restricciones al libre movimiento internacional de capitales. Este último supuesto permite lograr independencia entre la tasa de interés doméstica y la tasa de interés internacional.

Como ya anunciáramos, aquí trataremos el caso de una economía cerrada, y por lo tanto ignoraremos la balanza de pagos. Para modelos que incluyen el sector externo el "sistema experto" contiene el modelo de Mundell-Fleming y un modelo del Enfoque Monetario del Balance de Pagos (Véase Sección 4).

El gasto global en el modelo IS-LM tiene dos componentes principales: el gasto del gobierno, y el gasto privado en consumo e inversión. El gasto real del gobierno se considera una variable exógena y se representa con "g", el gasto real en consumo e inversión se representa como una función de la tasa real de interés "r" y el ingreso real "y". En síntesis:

$$E = g - b \cdot r + c \cdot y$$

donde "b" es un parámetro que relaciona el gasto global con la tasa real de interés, y donde "c" es un parámetro que representa la propensión marginal a gastar.

La función de demanda por dinero depende de la tasa de interés "r", y del ingreso real "y". Además se supone que la oferta nominal de dinero es exógena. En equilibrio monetario tenemos:

$$m = a - d \cdot r + e \cdot y$$

donde "a, d, e" son parámetros, y donde "m" es la cantidad real de dinero exógenamente determinada. O sea, la cantidad nominal de dinero la fija el gobierno y los precios son un dato institucional, siguiendo los supuestos más extremos del modelo IS-LM.

Los supuestos dinámicos del modelo estipulan que el producto real de la economía se ajusta en proporción al exceso de gasto global sobre producto, mientras que la tasa de interés se ajusta para equilibrar el mercado de activos financieros. En síntesis:

$$Dy = h \cdot \{g - b \cdot r + c \cdot y - y\}$$

$$Dr = j \cdot \{a - d \cdot r + e \cdot y - m\}$$

donde h, j son velocidades de ajuste positivas y D indica o bien el operador diferencial $Dz = dz/dt$, o bien el de diferencias finitas $Dz = z(t+1) - z(t)$, siendo la variable "t" el tiempo.

A fin de concretar, a continuación se presenta el análisis para el caso de ecuaciones en diferencias, debiendo por lo tanto considerar la segunda interpretación del operador D .

3. La Propensión Marginal al Gasto y la Dinámica del Modelo IS-LM

Para analizar el sistema en términos más generales conviene expresar las dos ecuaciones anteriores —que constituyen la forma reducida del modelo— con la siguiente notación:

$$x(1, t+1) = c[1] + a[1, 1] \cdot x(1, t) + a[1, 2] \cdot x(2, t)$$

$$x(2, t+1) = c[2] + a[2, 1] \cdot x(1, t) + a[2, 2] \cdot x(2, t)$$

donde ahora $x(1, t)$ representa el ingreso real en el período t ("y") y $x(2, t)$ representa la tasa de interés real en el período t ("r"). Las relaciones entre parámetros son las siguientes:

$$c[1] = h \cdot g, \quad a[1, 1] = -h \cdot (1 - c) + 1, \quad a[1, 2] = -h \cdot b$$

$$c[2] = j \cdot (a - m) \quad a[2, 1] = j \cdot e, \quad a[2, 2] = -j \cdot d + 1$$

Ahora definiendo la siguiente matriz,

$$A = \begin{vmatrix} a[1,1] & a[1,2] \\ a[2,1] & a[2,2] \end{vmatrix}$$

podemos expresar las condiciones de estabilidad de la siguiente manera:

$$abs(tr A) - 1 < \det A < 1$$

donde,

$$tr A = -h \cdot (1 - c) - j \cdot d + 2$$

$$\det A = tr A - 1 + h \cdot j \cdot [(1 - c) \cdot d + b \cdot e]$$

A través del análisis de estas condiciones podremos observar que el modelo puede ser estable, antiestable, o punto de silla dependiendo de los parámetros que se asignen al modelo. Un parámetro de particular importancia —dada la gran atención que se le presta en la literatura— es la propensión marginal a gastar "c".

En el modelo simple de determinación del ingreso

$$y(t+1) = c \cdot y(t) + g$$

se puede centrar la discusión de estabilidad evaluando si “ c ”, supuesta positiva, es mayor o menor que uno. Si “ c ” es menor que uno el modelo es estable mientras que para valores mayores de uno el modelo es inestable.

En nuestro ejemplo, algo más complicado, observando la matriz de coeficientes advertimos que “ c ” solo entra en el coeficiente $a[1,1]$. Si $c > 1$ entonces $a[1,1] > 1$, mientras que para $c < 1$, $a[1,1] < 1$. Sin embargo, las condiciones de estabilidad no dependen sólo de este parámetro, de modo que aun con $c > 1$ el sistema puede ser estable.

4. Sistema Experto para Análisis Macroeconómico

Aparte de la posibilidad de construir un modelo dinámico, el sistema experto para análisis macroeconómico que aquí describimos incluye un grupo de modelos frecuentemente usados en la literatura y que están listos para simular con el solo cambio de los parámetros de política o variables exógenas. El propósito de esta sección es reproducir más o menos fielmente una sesión de trabajo con la microcomputadora para analizar dinámicamente el modelo IS-LM.

Al principio de la sesión de trabajo el sistema entra directamente con una pantalla donde aparece un MENÚ PRINCIPAL con todas las opciones disponibles, según se muestra en la PANTALLA N° 1.

PANTALLA N°1

SISTEMA EXPERTO ADVISOR
MENÚ PRINCIPAL DE AYUDA EN SIMULACIÓN

Modelo IS-LM

Modelo de Metzler

Modelo de Mundell-Fleming

Modelo de Phillip Cagan

Modelo de Wicksell

Modelo de Hicks-Friedman

Enfoque Monetario del Balance de Pagos

Modelo de Sargent-Lucas

Construcción de un Nuevo Modelo

<Seleccione I, M, F, C, W, H, E, L o N para comenzar>

PANTALLA N° 2

SISTEMA EXPERTO ADVISOR: CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO MODELO

SISTEMA DE ORDEN: 2

$$x(t+1) = C + A \cdot x(t)$$

$$A = \begin{vmatrix} 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 \end{vmatrix}$$

Traza de A = 0.0

Determinante de A = 0.0

Características de la solución:

a) Sistema: estable

b) Raíces: reales

$$r1 = 0.0 ; r2 = 0.0$$

<Modifique valores de A usando el cursor>

Para comenzar el proceso de construcción de un nuevo modelo se selecciona N en la primera pantalla lo que da lugar a que se genere la PANTALLA N° 2 donde se presentan las características principales del sistema hasta ahora analizado.

En esta pantalla el sistema se limita a orden 2 (versión preliminar, en la versión final se incluye la posibilidad de sistemas de mayor orden), y moviendo el cursor es posible entrar valores diferentes a los elementos de la matriz. Por ejemplo la PANTALLA N° 3 muestra los valores de la matriz A que se utilizan en la simulación de política fiscal y monetaria que se describen más adelante.

PANTALLA N° 3

SISTEMA EXPERTO ADVISOR: CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO MODELO

SISTEMA DE ORDEN: 2

$$x(t+1) = C + A \cdot x(t)$$

$$A = \begin{vmatrix} .65 & -.52 \\ .4 & .8 \end{vmatrix}$$

Traza de A = 1.45

Determinante de A = 0.728

Características de la solución:

a) Sistema: estable

b) Raíces: complejas

$$r1 = .725 + .4499 \cdot i ; r2 = .725 - .4499 \cdot i$$

Modulo: = .8532

<Modifique valores de A usando el cursor>

A los efectos de llevar a cabo un análisis dinámico utilizando un diagrama de fase se genera la PANTALLA N° 4 que permite ilustrar, entre otros, los ejercicios tradicionales de política monetaria y política fiscal.

El caso de política fiscal, por ejemplo un aumento del gasto público, significa aumentar el valor de $c[1] = h \cdot g$ como se muestra en la PANTALLA N° 5 que da lugar al GRÁFICO N° 1.

PANTALLA N° 4

SISTEMA EXPERTO ADVISOR
CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO MODELO: DIAGRAMA DE FASE

Número de periodos a graficar: 20

$$x(t+1) = C + A \cdot x(t)$$

$$C = \begin{vmatrix} 0.0 \\ 0.0 \end{vmatrix} \quad A = \begin{vmatrix} .80 & .40 \\ -.52 & .65 \end{vmatrix}$$

Valores Iniciales:

$$x(1,0) = 0.0$$

$$x(2,0) = 0.0$$

<Modifique valores de parámetros usando el cursor>

<RETURN> para graficar

PANTALLA N° 5

SISTEMA EXPERTO ADVISOR
CONSTRUCCION DE UN NUEVO MODELO: DIAGRAMA DE FASE

Número de periodos a graficar: 20

$$x(t+1) = C + A \cdot x(t)$$

$$C = \begin{vmatrix} 1.0 \\ 0.0 \end{vmatrix} \quad A = \begin{vmatrix} .80 & .40 \\ -.52 & .65 \end{vmatrix}$$

Valores Iniciales:

$$x(1,0) = 0.0$$

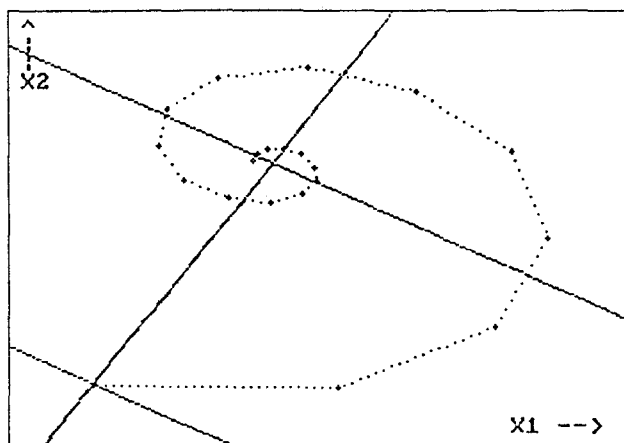
$$x(2,0) = 0.0$$

<Modifique valores de parámetros usando el cursor>

<RETURN> para graficar

En el GRÁFICO N° 1 observamos el desplazamiento hacia la derecha de la curva IS -como frecuentemente se ilustra en los libros de texto- como así también la trayectoria dinámica hacia el nuevo punto de equilibrio. Dados los parámetros elegidos en esta ilustración la convergencia al nuevo equilibrio es oscilante lo que da lugar a movimientos cíclicos en el ingreso real y a un "overshooting" en la tasa real de interés antes de converger al nuevo punto de equilibrio.

GRÁFICO N° 1



El caso de una política monetaria se ilustra en la PANTALLA N° 6 donde se modifica el valor de $c[2]$. Recordemos que en este sistema $c[2] = j \cdot (a - m)$, y por lo tanto un aumento en la cantidad de dinero implica una reducción en $c[2]$. Esto se muestra en el GRÁFICO N° 2, donde de nuevo se observa la trayectoria oscilante al nuevo equilibrio con un ingreso real mayor y una tasa de interés real menor.

PANTALLA N° 6

SISTEMA EXPERTO ADVISOR
CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO MODELO: DIAGRAMA DE FASE

Número de períodos a graficar: 20

$$x(t+1) = C + A \cdot x(t)$$

$$C = \begin{vmatrix} 0.0 \\ -1.0 \end{vmatrix} \quad A = \begin{vmatrix} .80 & .40 \\ -.52 & .65 \end{vmatrix}$$

Valores Iniciales:

$$x(1,0) = 0.0$$

$$x(2,0) = 0.0$$

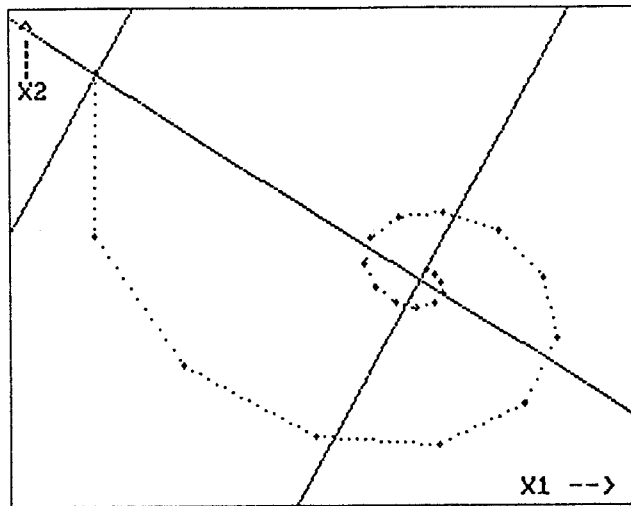
<Modifique valores de parámetros usando el cursor>

<RETURN> para graficar

5. Aplicaciones y Extensiones

En las secciones anteriores hemos expuesto el uso de un sistema experto para análisis macroeconómico mediante el modelo IS-LM. Esto nos ha permitido observar algunas de las ventajas que las facilidades gráficas de las microcomputadoras ofrecen para el análisis dinámico.

GRÁFICO N° 2



Aunque la facilidad de analizar dinámicamente un modelo puede ser una contribución apreciable, corresponde también señalar que existen otras extensiones del sistema experto que vale la pena mencionar. Una de ellas ya fue indicada más arriba en el texto cuando mencionamos que el sistema a analizar podía extenderse a más de dos ecuaciones dinámicas. Por supuesto que más de dos ecuaciones significa que no todas las variables pueden ilustrarse dinámicamente con un diagrama de fase; sin embargo es posible trabajar gráficamente con pares de variables o expresar más de dos variables en un gráfico donde la abscisa es el tiempo.

Otra extensión, también mencionada más arriba, es la posibilidad de usar modelos ya contruidos y que se muestren en el MENÚ PRINCIPAL. En este caso el objetivo puede ser indagar aspectos dinámicos de cierto tipo de políticas dentro del contexto de cada modelo o utilizar tales modelos como puntos de partida para construir variantes al modelo o un nuevo modelo.

Otra extensión es la posibilidad de manejar archivos e integrar el sistema experto con otros programas. Una aplicación posible es crear archivos con predicciones o simulaciones de los modelos para luego ser llamados desde un programa de planilla electrónica. En la planilla electrónica puede estar

el balance de una empresa, el balance del Banco Central, o un informe de tesorería donde se quiere llevar a cabo un análisis de sensibilidad. Por ejemplo, teniendo en la planilla electrónica un balance de una empresa es posible simular el impacto de un plan de estabilización que, según el modelo utilizado, implica cierta dinámica para la tasa real de interés. La tasa real de interés afecta el costo financiero de la empresa y éste a su vez los niveles de rentabilidad.

Otro ejemplo es tener en la planilla electrónica un flujo de fondos de tesorería y Banco Central (discriminando cuenta regulación monetaria o déficit (quasi-fiscal) y realizar un análisis de sensibilidad de un plan de estabilización que afecte a la tasa de interés, la inflación y el ingreso. Estas variables afectan las partidas de flujos de fondos mediante sus efectos sobre recaudación y egresos.

En síntesis, un sistema experto para análisis macroeconómico no solo puede encontrar aplicaciones en la toma de decisiones de política económica y en el mundo académico, sino que también puede facilitar la comprensión de aspectos de dinámica económica que hagan posible integrar los grandes agregados como Producto Bruto Interno, Tasas de Interés, etc., con problemas de decisión microeconómicas de empresas.

REFERENCIAS

BARRO, ROBERT J. (1984), *Macroeconomics*, John Wiley & Sons.

DORNBUSCH, RUDIGER y Stanley FISCHER (1981), *Macroeconomics*, McGraw Hill.

FLEMING, M. (1962), "Domestic financial policies under fixed and under floating exchange rates". IMF Staff Papers 9.

JOHNSON, HARRY G. (1980), *Macroeconomics and Monetary Theory*, Aldine Publishing Co.

MUNDELL, ROBERT A. (1967), *International Economics*, McMillan.