

# **¿ES POSIBLE PREDECIR EL COMPORTAMIENTO DEL TIPO DE CAMBIO? UNA APLICACIÓN DEL MODELO DE LUCAS AL CASO ESPAÑOL**

**BARBERÁ DE LA TORRE, RAFAEL ANTONIO**

Departamento de Economía Aplicada  
Universidad Rey Juan Carlos  
correo-e: [rbarbera@fcjs.urjc.es](mailto:rbarbera@fcjs.urjc.es)

**DONCEL PEDRERA, LUIS MIGUEL**

Departamento de Economía Aplicada  
Universidad Rey Juan Carlos  
correo-e: [doncel@fcjs.urjc.es](mailto:doncel@fcjs.urjc.es)

## **RESUMEN**

**El objetivo de toda inversión es lograr la mayor rentabilidad con el menor riesgo posible. El riesgo por tipo de cambio puede provocar que el rendimiento de una cartera de inversión esté desvirtuado con relación a los fundamentos económicos de los activos que componen dicha cartera. En este trabajo, por medio de la aplicación de la técnica de la calibración, se estudia la cuantía y el comportamiento de los tipos de cambio al contado, plazo y la prima de riesgo del mercado español en un modelo de equilibrio general. El análisis se efectúa para distintos grados de aversión al riesgo, de apertura de la economía y factores de descuento subjetivos de los individuos. Las predicciones obtenidas consiguen unos resultados muy positivos al recoger el comportamiento del tipo de cambio con un horizonte temporal de largo plazo.**

Palabras clave: *Tipos de cambio; Valoración de activos; Prima de riesgo; Calibración.*

# INTRODUCCIÓN

El objetivo de todo inversor es lograr una inversión lo más eficiente posible, esto es, conseguir el máximo rendimiento con el menor riesgo posible. Esta consideración implicaría la reducción de toda fuente posible de incertidumbre, incluido el riesgo país. Por ello, es ampliamente aconsejable formar una cartera de inversión con activos de distintas regiones económicas mundiales. El rendimiento final de toda cartera, en este caso, será función del comportamiento asociado de las divisas en las que están nominados dichos activos respecto a la moneda nacional.

Este trabajo pretende centrarse en las posibles conexiones existentes entre las transacciones de activos financieros y el riesgo por tipo de cambio. En un mundo cada vez más globalizado e integrado financieramente y donde las transacciones financieras constituyen la gran mayoría de los intercambios producidos, el análisis de la existencia de un pago en demasía, conocido como prima de riesgo, por la asunción de un riesgo por tipo de cambio y su posible cuantía puede tener una relevancia significativa.

Han sido varios los autores que han estudiado el riesgo por tipo de cambio en el Modelo de Lucas (1982), entre otros cabe citar a Hodrick y Srivastava (1986) y Engel (1992). También, se deben destacar los trabajos que aplican la técnica de la Calibración al mismo modelo como son los de Macklem (1991), Backus, Gregory y Telmer (1993), Bekaert (1994), y el más reciente de Sul (1999). Todos ellos han posibilitado que se consigan unos resultados cada vez más alentadores, principalmente en lo referido a la obtención de los valores teóricos simulados de los tipos de cambio y su comparación con los reales. Sin embargo, este ámbito de estudio sigue siendo de gran interés porque no se han logrado unas réplicas adecuadas de las autocorrelaciones y la prima de riesgo existentes en la realidad.

Con la vista puesta en esta meta, la investigación desarrollada en este trabajo articula una economía artificial que, con la ayuda de ciertos parámetros de comportamiento y dentro del marco teórico de un modelo de equilibrio general del tipo especificado por Lucas aplicado al riesgo cambiario, intenta alcanzar unos resultados acordes con los observados en la realidad española.

En concreto, nuestro estudio cuenta con la particularidad de aplicar la técnica de la Calibración para el caso español. Para ello, se calcularán unos valores simulados para los tipos de cambio al contado y a plazo de la peseta respecto al dólar; la volatilidad,

medida a través de la desviación típica; y la autocorrelación de primer orden mostrada por la tasa bruta de depreciación, el premio a plazo y la tasa de retorno por la especulación. Una vez obtenidos estos valores, se procede a su comparación con los reales para comprobar el grado de exactitud cualitativo y cuantitativo de predicción que atesora el modelo. Así mismo, se llevará a cabo un análisis para el tipo de cambio del yen con respecto al dólar, con el fin de establecer si los resultados conseguidos en el estudio de la economía española son semejantes a los de otras economías o, por el contrario, la economía española posee ciertas peculiaridades propias. Como producto de esta investigación, se obtienen unos resultados bastante satisfactorios respecto a la pauta que presentan las autocorrelaciones simuladas y a la prima de riesgo generada por el Modelo, con mayor precisión en este último caso en la prima japonesa.

La estructura del artículo es la siguiente: en primer lugar y tras esta introducción, se exponen las características de la Economía bajo los supuestos del Modelo de Lucas. Tras indicar, brevemente, las características del Método de la Calibración en la segunda sección, se revelarán, en la tercera, los parámetros tecnológicos, de preferencia individual y los datos utilizados en el análisis. En la cuarta sección se encuentra el cuerpo central de nuestra investigación, al aplicarse el estudio del tipo de cambio a las particularidades de la economía española. Por último, se presentan las conclusiones alcanzadas a lo largo de este trabajo.

## **1. ECONOMÍA TEÓRICA**

La economía descrita en esta investigación, (Lucas, 1982), se fundamenta en el consumo de los agentes y, mediante el uso de un equilibrio general dinámico donde las dotaciones de dinero y bienes se introducen en el modelo aleatoriamente, se determina el tipo de cambio.

El modelo parte de la consideración de dos países, cada uno de ellos con un número dado de habitantes y renta per cápita. Debido a que el comportamiento exhibido por los agentes sigue una pauta común, es posible normalizar la población y analizar la forma de actuación de un único agente representativo que denominaremos *economía doméstica*. Este agente define sus preferencias sobre una corriente de dotaciones futuras de bienes de consumo. Además, se comporta de forma racional y muestra aversión al riesgo.

Por su parte, las empresas son tratadas como el origen de un continuo flujo de

dotaciones y no necesitan del empleo de ningún factor productivo para la “producción” del único bien de la economía. Este producto presenta la característica de ser homogéneo y específico de cada país. Sin embargo, no puede ser almacenado. De nuevo, como el funcionamiento de todas las empresas en la economía es idéntico, es posible normalizar el número de empresas en cada país por la unidad.

Adicionalmente, existe un mercado de acciones. En este mercado se negocian las acciones emitidas por las empresas. En nuestro caso, éstas emiten una participación perfectamente divisible de una acción ordinaria. A cambio de la propiedad de la empresa, las economías domésticas reciben una participación sobre el flujo de dotaciones del período en forma de dividendos, que es su única fuente de recursos. Es decir, toda la producción se reparte en forma de dividendos a recibir en el siguiente período. Denotaremos por  $e_t$  al valor de mercado de la empresa nacional, sin dividendo, y por  $e_t^*$  al de la empresa extranjera<sup>1</sup>.

Con el objeto de que la producción evolucione de un período a otro, se supondrá que la producción nacional,  $x$ , e internacional,  $y$ , crecen aleatoriamente a una tasa bruta,  $g$ . Esto es,  $x_t = g_t x_{t-1}$  e  $y_t = g_t^* y_{t-1}$ . Sin embargo, el proceso estocástico que determina la dinámica de ambos crecimientos es conocido por los agentes de las economías. A efectos de cálculos posteriores se atribuirá al bien nacional,  $x_t$ , la propiedad de ser el bien numerario.

A fin de que no nos hallemos dentro de una economía de trueque, se obliga a los agentes al uso del dinero para la compra de bienes. Será, por tanto, necesario disponer de dinero en efectivo por adelantado. Se denotará por  $M_t$  a la oferta monetaria de dinero nacional y por  $N_t$  a la oferta monetaria del país extranjero. De nuevo, ambas evolucionan exógenamente según una tasa bruta de variación aleatoria,  $(\lambda_t, \lambda_t^*)$  en  $M$  y  $N$ . Esto es, para el caso de  $M$ ,  $M_t = \lambda_t M_{t-1}$ <sup>2</sup>. Por su parte,  $P_t$  será el precio nominal del único bien producido en la economía nacional y, para el caso extranjero,  $P_t^*$ .

---

<sup>1</sup> En adelante, todas las variables con asterisco se refieren a los valores de la economía extranjera.

<sup>2</sup> Conviene resaltar que los agentes de esta economía necesitarán disponer de ambas monedas porque los bienes nacionales, únicamente, pueden ser comprados con la moneda nacional y los bienes extranjeros con divisas. Del mismo modo, los dividendos generados por las empresas nacionales son repartidos en moneda nacional y viceversa.

Cada período se divide en dos sub-períodos. Al comienzo del primero, todos los valores de las variables exógenas en dicho período son conocidos por los individuos. Los agentes utilizan esta información para entrar y efectuar transacciones en los mercados de activos con sus dotaciones de acciones y dinero previamente acumuladas, sujetos a sus restricciones presupuestarias. En el sub-período siguiente, los individuos podrán adquirir los bienes que deseen en cualquier moneda, de nuevo, sometidos a la cantidad de efectivo disponible.

La necesidad de acudir a los mercados de activos para la obtención de ambas monedas supone el establecimiento de un precio relativo entre ellas, el tipo de cambio, que se denotará por  $S_t$  y se define como el número de unidades de moneda nacional necesarias para obtener una unidad de moneda extranjera<sup>3</sup>.

Esta economía presenta, además, un conjunto completo de mercados. Sea  $r_t$  el precio exigido a todas las transferencias futuras de moneda local en términos de  $x$  y  $r_t^*$  el de las transferencias de moneda extranjera también en términos del bien  $x$ . Se supondrá, así mismo, que el agente local dispone de  $\varphi_{Mt}$  y  $\varphi_{Nt}$  derechos sobre el flujo de dinero local y extranjero respectivamente. Del mismo modo, la economía doméstica exterior contará con unos derechos paralelos sobre estos activos por una cantidad  $\varphi_{Mt}^*$  y  $\varphi_{Nt}^*$ . Las dotaciones iniciales del agente local son  $\varphi_M = 1$  y  $\varphi_N = 0$  mientras que para el extranjero son  $\varphi_N^* = 1$  y  $\varphi_M^* = 0$ . Sin embargo, debido a la existencia de un conjunto completo de mercados, estas dotaciones pueden ser negociadas.

En lo que respecta al consumo, al individuo nacional se le dota a inicio del periodo con una cantidad aleatoria del bien nacional,  $x_t$ , pero consume  $c_{xt}$  y  $c_{yt}$  unidades del bien nacional y del extranjero respectivamente. El extranjero, por su parte, recibe otra cantidad también aleatoria del bien de su país a modo de dotación,  $y_t$ , y consume las cantidades  $c_{xt}^*$  y  $c_{yt}^*$  de bienes.

Por último, cabe indicar que al ser ambos agentes los propietarios de las empresas de estas economías tendrán una parte de sus acciones. Consideraremos que el agente

---

<sup>3</sup> Nótese que los individuos desean comprar moneda extranjera para protegerse de un posible riesgo específico a uno de los países.

nacional detenta la participación  $\omega_{xt}$  de la empresa local y  $\omega_{yt}$  de la extranjera. De forma similar,  $\omega_{xt}^*$  y  $\omega_{yt}^*$  es la participación en las acciones del agente extranjero.

Para alcanzar el equilibrio en esta economía, el agente deberá igualar su fuente actual de ingresos con la de gastos, convirtiéndose la restricción presupuestaria de la economía doméstica en<sup>4</sup>:

$$\begin{aligned}
& c_{xt} + \frac{S_t P_t^*}{P_t} c_{yt} + \omega_{xt} e_t + \omega_{yt} e_t^* + \varphi_{Mt} r_t + \varphi_{Nt} r_t^* \\
&= \frac{P_{t-1}}{P_t} \omega_{xt-1} x_{t-1} + \frac{S_t P_{t-1}^*}{P_t} \omega_{yt-1} y_{t-1} + \frac{\varphi_{Mt-1} \Delta M_t}{P_t} \\
&+ \frac{\varphi_{Nt-1} S_t \Delta N_t}{P_t} + \omega_{xt-1} e_t + \omega_{yt-1} e_t^* + \varphi_{Mt-1} r_t + \varphi_{Nt-1} r_t^*
\end{aligned} \tag{1}$$

Una vez obtenida la restricción a la que se enfrenta el individuo, el siguiente paso es definir el comportamiento de los consumidores en cada uno de los dos países. Supóngase que la función  $u(c_{xt}, c_{yt})$ <sup>5</sup> sirve para especificar dicho comportamiento y que, además, existe un factor subjetivo de descuento,  $\beta$ , con  $0 < \beta < 1$ . Tanto la función de utilidad,  $u(\cdot)$ , como el factor de descuento, son comunes a ambas economías, es decir, los agentes tienen las mismas preferencias y, únicamente, se diferencian en sus dotaciones iniciales

El problema con el que se enfrenta el agente de la economía doméstica consiste en maximizar su utilidad esperada a lo largo de toda su vida, sujeto a su restricción presupuestaria, [1]:

$$E_t \left( \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j u(c_{xt+j}, c_{yt+j}) \right) \tag{2}$$

Llegados a este punto, conviene resaltar que la formulación de una economía dinámica puede ser transformada en términos de un modelo de equilibrio general

---

<sup>4</sup> El agente extranjero presentaría unas condiciones de equilibrio iguales al nacional pero en sus variables de decisión.

<sup>5</sup> Se asumirá que la función de utilidad satisface las propiedades, generalmente, aceptadas de comportamiento de un consumidor. Esto es, la función de utilidad está acotada, es continuamente diferenciable, creciente en ambas variables y estrictamente cóncava, lo que conlleva que la utilidad marginal del consumo es positiva pero decreciente. Matemáticamente, significaría que  $u' > 0$  y  $u'' \leq 0$ .

estocástico competitivo. Bastará con definir los bienes por sus características, esto es, si se trata del bien  $x$  o el bien  $y$ , la fecha de su entrega,  $t$ , y el estado de la naturaleza en el que es entregado. Esta nueva concepción permitirá la existencia de un conjunto completo de mercados de futuros donde los agentes puedan contratar hoy todos los futuros estados de la naturaleza. Conviene recordar que los bienes de consumo en este modelo son bienes perecederos y, por tanto, no almacenables por tiempo superior a un periodo. Habrá tan sólo que considerar los términos que aparecen en el periodo  $t$ . El problema se convierte así en la maximización de:

$$u(c_{xt}, c_{yt}) + \beta E_t u(c_{xt+1}, c_{yt+1}) \quad [3]$$

sujeto a la restricción [1].

Ello permite obtener la siguiente expresión del tipo de cambio,  $S_t$  :

$$S_t = \frac{u_2(c_{xt}, c_{yt}) M_t y_t}{u_1(c_{xt}, c_{yt}) N_t x_t} \quad [4]$$

De esta forma, se obtiene una expresión del tipo de cambio nominal de equilibrio según la paridad de poder de compra y que depende de las ofertas monetarias relativas, el producto interior bruto de cada país y de las preferencias de los individuos definidos por la función de utilidad. Sin embargo, las expectativas futuras no están incluidas, explícitamente, en esta ecuación.

En lo que respecta a las ofertas y demandas de dinero, la expresión [4] es consistente con la determinación del tipo de cambio conforme a la teoría monetaria que tiene en consideración las relativas ofertas y demandas monetarias<sup>6</sup>.

Como se desprende de la ecuación [4] el tipo de cambio va a depender de cuáles sean las preferencias de los individuos. Debido a esta dependencia, se considera apropiado adoptar una función de utilidad específica para lograr una solución<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> Este hecho se debe a la estrecha ligazón existente en este modelo entre la cantidad de dinero demandada y la cantidad de bienes comprados, al existir, únicamente, demanda de dinero por motivos de transacción. Además, un incremento de la producción extranjera respecto a la nacional provocará que se deban pagar más unidades de moneda local por unidad de extranjera.

<sup>7</sup> No existe un consenso en la literatura financiera sobre cuál debe ser la especificación más conveniente a la hora de representar los gustos individuales. Sin embargo, de los estudios efectuados por Sibert (1996) y Bekaert (1996) se extrae la idea que tal debate puede no ser tan fructífero como en principio parece. Así, sus investigaciones muestran cómo las ganancias en términos de riesgo del tipo de cambio que aportan las funciones de utilidad con preferencias no comunes, por ejemplo aquéllas con hábitos en el consumo, con

En concreto, la función que se va a emplear es:

$$u(c_x, c_y) = \frac{C_t^{1-\gamma}}{1-\gamma} \quad [5]$$

con  $C_t = c_{xt}^\theta c_{yt}^{1-\theta}$  y la utilidad marginal del consumo positiva,  $u' > 0$ , pero decreciente,  $u'' < 0$ . El parámetro  $\theta$  representa la proporción que del gasto total en consumo se emplea en el bien nacional. Ello origina que, ahora la expresión para el tipo de cambio de equilibrio sea:

$$S_t = \frac{(1-\theta) (1/2)x_t C_t^{1-\gamma}}{\theta (1/2)y_t C_t^{1-\gamma}} \frac{M_t y_t}{N_t x_t} = \frac{(1-\theta)M_t}{\theta N_t} \quad [6]$$

puesto que en equilibrio el seguro óptimo contra el riesgo idiosincrásico supone que  $c_{xt} = x_t/2$  y  $c_{yt} = y_t/2$ .

El modelo que se está estudiando permite valorar también bonos nominales. Este aspecto es crucial en la obtención de una expresión para el tipo de cambio a plazo<sup>8</sup>. Sea  $b_t$  el precio en moneda local en el período  $t$  de un bono de un único período de maduración que promete el pago de una unidad de moneda local al inicio del período  $t+1$ . El coste, en términos de utilidad, de la compra de este activo será,  $u_1(c_{xt}, c_{yt})b_t/P_t$ . En equilibrio, este coste debe igualar la expectativa sobre la utilidad marginal descontada de su pago,  $\beta E_t[u_1(c_{xt}, c_{yt})/P_{t+1}]$ .

Si se emplea en el análisis una función de utilidad que presenta una aversión relativa al riesgo constante, la expresión para  $b_t$  será:

$$b_t = \frac{1}{1+i_t} = \beta E_t \left[ \left( \frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{1-\gamma} \left( \frac{M_t}{M_{t+1}} \right) \right] \quad [7]$$

De forma similar, se hallará  $b_t^*$ . El tipo de cambio a plazo de equilibrio,  $F_t$ , bajo el

relación a las funciones de preferencias normalmente utilizadas son muy escasas, por no decir despreciables. Véase Engel (1992) para un análisis de las propiedades que la función que se va a utilizar en esta investigación exhibe en comparación con otras funciones de utilidad.

<sup>8</sup> El precio que se obtiene es un “precio en la sombra” ya que en el Modelo de Lucas, debido a las características de la economía que se está analizando, no existen, realmente, transacciones de activos. Los agentes nunca cambiarán la composición de su cartera, pero este hecho permite valorar cuál sería el precio hipotético de un bono nominal que provocase una oferta neta nula.



supuesto de la paridad cubierta de intereses y aunque no exista un mercado de futuros en este modelo, puede ser expresado como:

$$F_t = \frac{(1+i_t)S_t}{(1+i^*)} = S_t \frac{b_t^*}{b_t} \quad [8]$$

Como se ha demostrado anteriormente, el tipo de cambio al contado teórico y el tipo de cambio futuro del siguiente período pueden determinarse en el Modelo de Lucas en función de las dotaciones de bienes y ofertas monetarias. De forma paralela, ambas ecuaciones permiten hallar la tasa bruta de depreciación,  $S_{t+1}/S_t$ , el premio a plazo,  $F_t/S_t$ , el pago *ex-post* o ganancias por la especulación,  $(S_{t+1} - F_t)/S_t$ , y el pago futuro previsto o prima de riesgo,  $E_t(S_{t+1} - F_t)/S_t$ .

En el caso de la función de utilidad que se está analizando, la prima de riesgo puede ser obtenida mediante la aplicación de la esperanza condicionada al tipo de cambio al contado del siguiente período. Su expresión final será:

$$\frac{E_t(S_{t+1} - F_t)}{S_t} = E_t \left[ \frac{M_{t+1}N_t}{N_{t+1}M_t} \right] - \frac{b_t^*}{b_t} \quad [9]$$

que indica que el grado de incertidumbre de la economía real y de la monetaria junto con las preferencias de los agentes, todo ello incluido en los precios de equilibrio de los bonos, determinan la prima de riesgo.

## 2. EL MÉTODO DE LA CALIBRACIÓN

El método de la Calibración consiste en simular un modelo teórico proporcionándole ciertos valores “razonables” de parámetros que intentan capturar las preferencias y grado tecnológico presentes en una economía y así, observar si los resultados artificiales reproducen con cierta exactitud fenómenos que acontecen en el mundo real. Lo cierto es que este método implica que se cumplan ciertos supuestos derivados de un proceso de optimización intertemporal, procesos estocásticos e información perfecta por parte de los agentes junto con el valor, acorde con estudios previos tanto econométricos como macroeconómicos, de unos parámetros tecnológicos y de comportamiento individual.

La dificultad de la labor que requiere la calibración, y a la que tuvo que enfrentarse Johansen (1960) primer autor que la utilizó en la rama de la economía, reside en el

hecho de que es necesario conocer el valor cuantitativo de toda una serie de parámetros que subyacen tras las funciones de producción y utilidad especificadas en el modelo. No hemos de olvidar que la Calibración enfatiza sobre manera la construcción de un estado estacionario según las decisiones económicas intertemporales de los agentes. Es decir, aunque estos parámetros puedan ser estimados por los datos, no pertenecen, *per se*, al ámbito económico que se estudia en el modelo.

Para la resolución del Modelo de Lucas con el uso de la Calibración se seguirá la técnica empleada por Mehra y Prescott (1985) y Backus, Gregory y Telmer (1993) consistente en la imposición de que cada una de las variables a estudio pueden mostrar en cada período de tiempo dos valores, “bueno” o “malo”, dependiendo del estado de la naturaleza en el que se materialicen.

En la exposición previa del Modelo de Lucas se ha podido apreciar como tanto la acumulación del capital y la producción no están definidas por un proceso específico. Esto es, la tecnología aparece como un suceso estocástico que gobierna la producción de ambos bienes. El mismo proceso ocurre con la oferta monetaria. Este hecho posibilita que la pauta temporal seguida por la producción y la oferta monetaria puedan describirse mediante un proceso de Markov<sup>9</sup>.

En nuestra investigación se denota a las variables aleatorias con la tilde “ $\sim$ ”. El modelo viene condicionado por una tasa de crecimiento monetaria exógena tanto para el país nacional,  $\tilde{\lambda}$ , como para el extranjero,  $\tilde{\lambda}^*$ . Lo mismo acontece con la tasa de crecimiento de la producción,  $\tilde{g}$  y  $\tilde{g}^*$ . Considérese el vector de estado de las variables  $\underline{\phi} = (\tilde{\lambda}, \tilde{\lambda}^*, \tilde{g}, \tilde{g}^*)$ . Este vector sigue un proceso gobernado por una cadena de Markov. A cada elemento del vector se le asigna un valor “alto” o “bajo” acorde con la realización que tenga en cada estado respecto a la media observada del valor a lo largo del período de análisis. Así, si la tasa de crecimiento monetaria nacional en un determinado año está por encima de la media se le asignará el subíndice uno,  $\tilde{\lambda}_1$ ,

---

<sup>9</sup> Un proceso o cadena de Markov consiste en un proceso estocástico  $\{X_t\}_0^\infty$ , donde  $X_t$  representa a una variable aleatoria con una realización determinada para cada momento  $x_t$ , que exhibe la propiedad que la información que incorpora la variable en el momento presente,  $X_t = x_t$ , resume toda la historia pasada del proceso.

mientras que si está por debajo se le asignará el subíndice dos,  $\tilde{\lambda}_2$ . Las otras tres variables recibirían un tratamiento análogo. En consecuencia, habría 16 estados posibles de la naturaleza al asumir la existencia de cuatro variables independientes.

El siguiente paso consiste en clasificar los datos en los dieciséis posibles estados de la naturaleza en función de si las observaciones de las variables se encuentran por encima o debajo de la media. Para ello, se establecerá una matriz de transición de probabilidad entre estados  $\mathbf{P}$ , donde  $p_{jk} = \Pr[\tilde{\phi}_{t+1} = \phi_k | \tilde{\phi}_t = \phi_j]$  es el elemento  $jk$ -ésimo. Esto es, sean  $\xi$  y  $\delta$  las probabilidades de que la tasa de crecimiento monetario y de producción nacional se encuentren en este período en el mismo estado que en el período anterior. Por ejemplo, si actualmente la variable tasa de crecimiento monetario está en el estado uno (alto) se tendría que  $\Pr[\tilde{\lambda}_{t+1} = 1 | \tilde{\lambda}_t = 1] = \xi$ . Idéntico significado es el de  $\xi^*$  y  $\delta^*$  para la economía extranjera. Considérense ahora las matrices:

$$\begin{aligned} \Xi &\equiv \begin{pmatrix} \xi & 1-\xi \\ 1-\xi & \xi \end{pmatrix} & \Omega &\equiv \begin{pmatrix} \delta & 1-\delta \\ 1-\delta & \delta \end{pmatrix} \\ \Xi^* &\equiv \begin{pmatrix} \xi^* & 1-\xi^* \\ 1-\xi^* & \xi^* \end{pmatrix} & \Omega^* &\equiv \begin{pmatrix} \delta^* & 1-\delta^* \\ 1-\delta^* & \delta^* \end{pmatrix}, \end{aligned} \quad [10]$$

para la obtención de la matriz de transición compuesta por dieciséis filas y dieciséis columnas puede emplearse el producto de Kronecker,  $\otimes$ , de  $\Xi \otimes \Omega \otimes \Xi^* \otimes \Omega^*$ , donde la probabilidad de que se dé el estado uno en este período, cuando también se dio en el período pasado es,  $\xi \delta \xi^* \delta^*$ . En el modelo, las probabilidades de transición de cada estado se obtienen de la frecuencia relativa encontrada en los datos de las transiciones del estado  $\phi_j$  al  $\phi_k$ .

A continuación, una vez que se ha dotado a los parámetros del modelo de unos valores plausibles acordes con la teoría previa, se establece una secuencia de  $T$  realizaciones de las variables que se van a analizar. En nuestro caso, la tasa de cambio bruta del tipo de cambio,  $S_{t+1}/S_t$ , el premio a plazo,  $F_t/S_t$  y la prima de riesgo,  $E_t(S_{t+1} - F_t)/S_t$ . Para ello, a partir de un vector que recoge las probabilidades iniciales,  $\underline{y}$ , se materializa el vector del estado inicial de las variables. La regla seguida en la determinación del estado inicial es:

$$\begin{aligned}
\phi_1 & \text{ si } u_t < v_1, \\
\phi_2 & \text{ si } v_1 < u_t < \sum_{j=1}^2 v_j, \\
\phi_3 & \text{ si } \sum_{j=1}^2 v_j < u_t < \sum_{j=1}^3 v_j, \\
& \vdots \\
\phi_{16} & \text{ si } \sum_{j=1}^{15} v_j < u_t < 1.
\end{aligned} \tag{11}$$

donde  $u_t$  es una variable uniforme aleatoria independiente que se distribuye de forma idéntica y que toma valores comprendidos entre cero y uno. Los posteriores estados se determinarán siguiendo un proceso similar.

Una vez concluido este procedimiento, se procede a la generación de diez mil series temporales con las que se calcularán ciertos coeficientes de autocorrelación y volatilidad entre las variables.

### **3. PARÁMETROS TECNOLÓGICOS, PREFERENCIALES, DATOS EMPLEADOS Y HERRAMIENTA DE CÁLCULO**

La asignación de los valores que controlan el modelo es el requisito a satisfacer en la etapa posterior del método de la Calibración. Estos valores pueden consignarse a través de estimaciones propias o bien, establecerse según lo enunciado por la literatura que previamente ha analizado estos parámetros ya sea en estudios similares o en otros ámbitos de la economía. En el caso de este trabajo los parámetros que se deben cuantificar son el factor de descuento subjetivo,  $\beta$ , el coeficiente de aversión relativa al riesgo,  $\gamma$ , y la proporción de bienes nacionales en el consumo final,  $\theta$ . En todos los casos, las fuentes de determinación de sus valores son las investigaciones precedentes efectuadas por diversos autores.

Con respecto al factor de descuento subjetivo,  $\beta$ , existe un amplio consenso en la literatura financiera que su valor se encuentra bastante cercano a uno. Kydland y Prescott (1982), indican 0,99, y Obstfeld (1994), establece un valor de 0,98. Este dato supondría la consideración de un tipo de interés libre de riesgo anual de la economía entre un cero y un ocho por ciento. El valor que se empleará en el análisis es el de 0,99, acorde a los artículos citados previamente. En el presente estudio, también se han

efectuado los cálculos para un valor del factor de descuento subjetivo de 0,98. No obstante, al no provocar cambios significativos en ninguno de los resultados alcanzados por el modelo, éstos sólo se incluyen a modo de comentario.

Sin embargo, respecto al valor del coeficiente de aversión relativo al riesgo que expresa el deseo de los individuos a sustituir consumos entre períodos sucesivos,  $\gamma$ , no existe un consenso amplio. Aunque la mayor parte de autores considera que su valor debe estar comprendido entre cero y diez, Constantinides (1990), Heaton (1993), Obstfeld (1994) son algunos ejemplos, Mehra y Prescott (1985) indican que el grado de aversión al riesgo debe ser alto para lograr unos resultados parejos a los observados en la realidad. Es por ello, que otros autores establecen valores de hasta veinte, Tesar (1995). En el presente estudio se le asignarán valores de cero, cinco, diez, veinte y treinta, teniendo presente que valores excesivamente altos implicarían una aversión al riesgo que no se podría considerar como razonable

Por último, respecto a la participación de los bienes nacionales en el consumo final, siguiendo el supuesto de una cobertura del riesgo perfecta, el valor de  $\theta$  sería de 0,5. Este valor no estaría muy alejado de la realidad puesto que para la mayoría de países industrializados se encuentra entre 0,25 y 0,75, Cole y Obstfeld (1991). Además, conviene resaltar en este punto que la solución obtenida, principalmente en el estudio de la prima de riesgo, si se aplica un valor de 0,25 es distinta a la que se obtiene con un valor de 0,75. Este resultado es lógico, ya que al cambiar el peso del consumo nacional varía el riesgo cambiario. Sin embargo, esta distinta respuesta no es ni mucho menos suficiente para producir primas de riesgo como las reales. Por esta razón se considera una cobertura perfecta ante el riesgo.

Antes de comentar las características técnicas de los datos, es conveniente explicar los motivos de la elección para el análisis de la prima de riesgo cambiaria del tipo de cambio peseta/dólar y yen /dólar.

La elección de la peseta es obvia al tratarse de un estudio que se centra en la investigación del mercado cambiario español. Es esta la razón que justifica que se haya elegido para el análisis el tipo de cambio de la peseta con respecto al dólar, ya que la inmensa mayoría de las transacciones con el extranjero se realizan en dólares y, por ello, la pauta que siga este tipo de cambio es referente de lo que acontece en el mercado cambiario español. Además, la incorporación de la peseta al SME invalida el análisis de

cualquier otro tipo de cambio respecto a otra moneda europea al no existir una pauta libre de comportamiento para estos tipos de cambio.

El uso de la relación del yen con respecto al dólar se debe, a la necesidad de establecer una comparativa entre los resultados obtenidos para el mercado cambiario español y los de otros mercados cambiarios. En este punto, y dada las características del modelo a estudio, la mejor comparativa posible es la del comportamiento seguido por el tipo de cambio de las dos economías más importantes a escala mundial.

Respecto al período temporal, el análisis va a realizarse para un intervalo de tiempo que transcurre desde comienzos de 1980 hasta finales de 1998. La elección de este período ha venido impuesta tanto por hechos históricos como por necesidades de cálculo. En cuanto a los acontecimientos históricos, la incorporación definitiva de la peseta a la moneda única europea en 1999 es la causa de que sea ésta la fecha de finalización del estudio. Por otra parte, la necesidad técnica, al tener que contar con una serie lo suficientemente amplia en el resto de las variables españolas incorporadas en el modelo con el fin de poder realizar la calibración del modelo, es el motivo de que el comienzo del estudio se inicie en 1980. Las variables estadounidenses y japonesas se incorporan en función de las disponibilidades españolas.

Las series de datos usadas para cada uno de los países incluidos en el análisis son el Gasto en Consumo Privado Final en términos reales con relación al Producto Interior Bruto (PIB), la Oferta Monetaria medida por el agregado M1, el tipo de cambio al contado y la Población Total. Esta última serie se utiliza para el cálculo de las series de consumo y dinero per cápita. Las series se han obtenido de OCDE, *Main Economic Indicators*, tienen periodicidad trimestral y están constituidas por setenta y seis observaciones. Para la serie de Población total, que era de periodicidad anual, se ha construido una de periodicidad trimestral.

Además de esta conversión en la serie poblacional, se ha transformado la serie original del Gasto en Consumo Privado Final tanto para España como para Estados Unidos debido a que, en el primer caso, el año base era 1986 y, en el segundo, 1996, mientras que el resto de variables presentaban como año base 1995. Para realizar esta transformación se ha utilizado el Deflactor Implícito del PIB con año base 1995.

Otro aspecto a resaltar es que en el Modelo de Lucas, el consumo iguala al PIB y, en principio, es indiferente qué datos se usen, pero como los tipos de cambio en este

modelo dependen de la utilidad y ésta del consumo, en este trabajo se ha preferido utilizar datos de consumo.

Por último, los cálculos se han llevado a cabo utilizando el programa matemático Gauss.

## 4. CALIBRACIÓN EN EL CASO ESPAÑOL

### 4.1. GENERACIÓN DE LOS TIPOS DE CAMBIO

El proceso de calibración español comienza con el establecimiento de la matriz de transición de la economía. Para ello, es necesario constituir los dieciséis posibles estados de la naturaleza, de acuerdo al valor que tomen las variables del modelo.

En el estudio se considera a España como el país local y a Estados Unidos como el extranjero. En el caso de Japón y Estados Unidos, el último es la nación foránea.

Como se ha indicado anteriormente, los datos de consumo y dinero per cápita de los respectivos países determinan el valor que toma cada una de las variables en su estado favorable o desfavorable. La cuantía que se asigna en el estado favorable es la media de todos los valores de los estados favorables, y viceversa. Los valores medios de los estados favorables y desfavorables para la economía española y estadounidense aparecen en el Cuadro 7.1.

**CUADRO 7.1.** Tasa Media de Crecimiento del Consumo y Dinero Per Cápita en los Estados Favorables y Desfavorables de España y Estados Unidos

	Tasa Media de Crecimiento			
	Consumo		Dinero	
	Favorable	Desfavorable	Favorable	Desfavorable
España	1,012 ( $g_1$ )	0,998 ( $g_2$ )	1,018 ( $\lambda_1$ )	0,982 ( $\lambda_2$ )
EE.UU.	1,010 ( $g_1^*$ )	1,000 ( $g_2^*$ )	1,013 ( $\lambda_1^*$ )	0,988 ( $\lambda_2^*$ )

Los resultados plasmados en el Cuadro 7.1 apuntan dos aspectos interesantes. El primero de ellos es que la tasa de crecimiento del consumo varía más, en términos relativos, en España que en Estados Unidos, quizá debido a la también mayor variabilidad del dinero que se produce en nuestro país. En segundo lugar, en Estados Unidos, como se puede apreciar del valor casi unitario en el estado desfavorable, son

escasos los años en los que se produce una caída en el gasto en el consumo.

Una vez obtenidos los valores medios de las variables, se clasifica las observaciones en cada uno de los posibles estados según sean superiores o inferiores a su media. A continuación, se construyen las probabilidades de transición entre estados, de tal forma, que la probabilidad  $p_{jk}$  sea igual a la frecuencia relativa con la que se produce en los datos el cambio desde el estado  $\phi_j$  al estado  $\phi_k$ .

Ya establecida la Matriz de Transición de la economía, es posible generar los valores para las series simuladas de los tipos de cambio al contado, a plazo y la prima de riesgo. En concreto, se van a comparar los valores medios, las autocorrelaciones y las volatilidades de, la tasa de depreciación bruta del tipo de cambio,  $S_{t+1}/S_t$ , la prima a plazo,  $F_t/S_t$  y de la tasa de retorno por la especulación,  $(F_t - S_{t+1})/S_t$  de las series generadas en el proceso de calibración respecto a los datos reales.

Para efectuar dicha contrastación, se muestran en el Cuadro 7.2 la cuantía que presentan tanto los datos reales como los observados de los valores medios, autocorrelaciones y volatilidades. Como puede apreciarse, aunque la tasa de depreciación y la prima a plazo presentan unos valores medios muy parecidos, la volatilidad de la primera es mucho más alta. Por tanto, el tipo de cambio a plazo no predice correctamente el comportamiento futuro del tipo de cambio en el corto plazo aunque sí en el largo. Por otra parte, aunque las ganancias por especulación, en media, son pequeñas, sin embargo, su valor presenta una gran fluctuación. Éste es otro síntoma de la diferencia en volatilidades entre la predicción que del tipo de cambio al contado futuro realiza el tipo de cambio a plazo y el que, realmente, acontece.

De la comparación de los valores reales a los simulados se puede apreciar como, en términos generales, ambos siguen la misma pauta de comportamiento descrita anteriormente. Es decir, los valores medios de la tasa de depreciación y de la prima de riesgo son muy parejos, presentando la primera una volatilidad mucho mayor. La tasa de retorno por la especulación, en ambos casos, presenta el grado de volatilidad mayor respecto a los otros conceptos. Sin embargo, el signo es el contrario, debido a que el valor medio para la prima a plazo es menor que la tasa bruta de depreciación en el caso de las series simuladas.

Otro aspecto a destacar es que, a pesar de que el comportamiento cualitativo parece



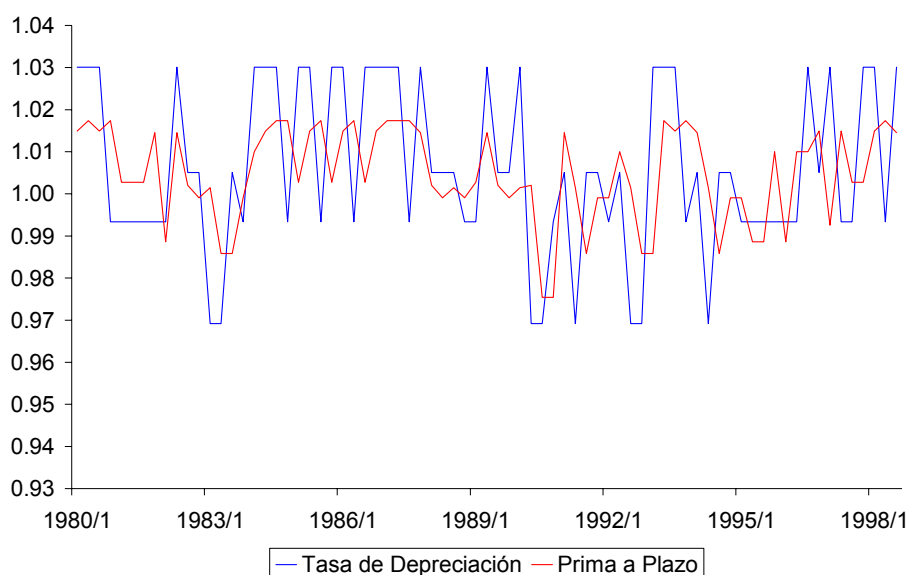
idéntico, no lo es tanto el cuantitativo. Las autocorrelaciones de las series artificiales son mayores que las de las reales mientras que las volatilidades son menores. Ambos aspectos son fácilmente explicables. En principio, el dato de la correlación no debe de extrañar por la forma en que se construyen las series. Recordemos que éstas se generan a partir de las respectivas ofertas monetarias y consumos que, habitualmente, suelen mostrar una escasa fluctuación. Respecto a la diferencia en volatilidades, recordemos que en el Modelo de Lucas no se incorporan las expectativas futuras sobre el tipo de cambio y, sin embargo, sí se incluye la creencia en la paridad cubierta de intereses. Si esto es así, las variaciones importantes en las expectativas sobre los tipos de cambio provocarán volatilidades mayores en las series reales. El grado de similitud de comportamiento de los tipos de cambios simulados respecto a los reales puede también apreciarse en el Gráfico 7.1.

**CUADRO 7.2.** Valor Medio, Autocorrelación y Volatilidad de las Series Reales y Simuladas del Tipo de Cambio Peseta/Dólar

	Tipo de Cambio Trimestral Peseta/Dólar	
	Simulados	Reales
	Tasa bruta de Depreciación, $S_{t+1}/S_t$	
Media	1,002301	1,010691
1ª Autocorrel.	0,377	0,264
Volatilidad	0,021109	0,057236
	Prima a plazo, $F_t/S_t$	
Media	1,001808	1,011817
1ª Autocorrel.	0,374	0,238
Volatilidad	0,0119783	0,021219
	Tasa de retorno por la Especulación, $(F_t - S_{t+1})/S_t$	
Media	-0,001646	0,001401
1ª Autocorrelación	0,679	0,381
Volatilidad	0,045301	0,063992

Nota: El término que mide el grado de volatilidad es la desviación típica.

**GRÁFICO 7.1.** Tasa de Depreciación y Prima a Plazo Simulada para el Caso Español



Del Gráfico 7.1 se pueden extraer varias conclusiones significativas. Primero, observando la figura se puede apreciar que la volatilidad de la tasa de depreciación es mayor que la de la prima a plazo. Además, ambas series presentan un comportamiento bastante similar en cuanto a la tendencia, esto es, el tipo de cambio a plazo sigue la misma tendencia del tipo de cambio al contado futuro. Sin embargo, al igual que ocurre con los datos reales, aparece un retardo en la predicción.

En el análisis del Cuadro 7.2 y Gráfico 7.1, se ha utilizado un coeficiente de aversión al riesgo de diez, un  $\beta = 0,99$  y la participación del consumo nacional en el consumo del individuo es del 50%,  $\theta = 0,5$ . No obstante, observando los Cuadros 7.3, 7.4 y 7.5 es posible apreciar que los valores estadísticos de los tipos de cambio no cambian al variar el coeficiente de aversión al riesgo, el grado de internacionalización de la economía o el factor de descuento subjetivo, manteniendo el resto de parámetros.

Del estudio de los Cuadros 7.3, 7.4 y 7.5 se desprende el resultado de que cambios en los parámetros, tan sólo afectan de forma muy residual a las estimaciones de la prima a plazo. Esta invariabilidad de los valores, ni tan siquiera se produce al cambiar el factor de descuento subjetivo. Por tanto, el resultado conseguido en el análisis del Cuadro 7.2 es extrapolable al resto de parámetros del modelo que pueden determinar el comportamiento de la economía.

**CUADRO 7.3.** Valor Medio, Autocorrelación y Volatilidad de las Series Simuladas del Tipo de Cambio Peseta/Dólar para Distintos Grados de Aversión Relativa al Riesgo

	Grado de Aversión Relativa al Riesgo		
	$\gamma = 0$	$\gamma = 10$	$\gamma = 30$
Tasa bruta de Depreciación, $S_{t+1}/S_t$			
Media	1,002301	1,002301	1,002301
1ª Autocorrel.	0,377272	0,377272	0,377272
Volatilidad	0,021109	0,021109	0,021109
Prima a plazo, $F_t/S_t$			
Media	1,001836	1,001808	1,001753
1ª Autocorrel.	0,373969	0,374303	0,374702
Volatilidad	0,011975	0,011978	0,011991
Tasa de retorno por la Especulación, $(F_t - S_{t+1})/S_t$			
Media	-0,001646	-0,001646	-0,001646
1ª Autocorrelación	0,679463	0,679463	0,679463
Volatilidad	0,045301	0,045301	0,045301

Nota: El término que mide el grado de volatilidad es la desviación típica.

La conclusión final que se alcanza de este primer análisis es que la aplicación de la técnica de la Calibración al Modelo de Lucas logra replicar cualitativamente el comportamiento seguido por el tipo de cambio de la peseta con respecto al dólar.

**CUADRO 7.4.** Valor Medio, Autocorrelación y Volatilidad de las Series Simuladas del Tipo de Cambio Peseta/Dólar para Distintos Grados de Apertura de la Economía

	Grado de Apertura de la Economía		
	$\theta = 0,25$	$\theta = 0,5$	$\theta = 0,75$
Tasa bruta de Depreciación, $S_{t+1}/S_t$			
Media	1,002301	1,002301	1,002301
1ª Autocorrel.	0,377272	0,377272	0,377272
Volatilidad	0,021109	0,021109	0,021109
Prima a plazo, $F_t/S_t$			
Media	1,001788	1,001808	1,001829
1ª Autocorrel.	0,374799	0,374303	0,373788
Volatilidad	0,011980	0,011978	0,011976
Tasa de retorno por la Especulación, $(F_t - S_{t+1})/S_t$			
Media	-0,001646	-0,001646	-0,001646
1ª Autocorrelación	0,679463	0,679463	0,679463
Volatilidad	0,045301	0,045301	0,045301

Nota: El término que mide el grado de volatilidad es la desviación típica.

No obstante, aparecen problemas en el aspecto cuantitativo pero que proceden, en su mayor parte, de los propios fundamentos del Modelo de Lucas. Así, el mayor grado de correlación existente en las series simuladas respecto a las reales se debe a que en este modelo, el tipo de cambio es función de las ofertas monetarias, las preferencias y consumo de los individuos y no olvidemos que todo lo que se produce se consume. Estos tres factores, ofertas monetarias, preferencias y consumo, exhiben una alta permanencia en sus valores a lo largo del tiempo, ya que la política monetaria suele formar parte de una estrategia para el crecimiento económico en el largo plazo. La pauta de consumo y las preferencias de los individuos también constituyen una estrategia de largo plazo. Éstos son los motivos que provocan la mayor correlación en las series simuladas y la menor volatilidad respecto a las series reales.

**CUADRO 7.5.** Valor Medio, Autocorrelación y Volatilidad de las Series Simuladas del Tipo de Cambio Peseta/Dólar para Distintos Factores de Descuento Subjetivo

	Factor de Descuento Subjetivo	
	$\beta = 0,98$	$\beta = 0,99$
	Tasa bruta de Depreciación, $S_{t+1}/S_t$	
Media	1,002301	1,002301
1ª Autocorrel.	0,377272	0,377272
Volatilidad	0,021109	0,021109
	Prima a plazo, $F_t/S_t$	
Media	1,001808	1,001808
1ª Autocorrel.	0,374303	0,374303
Volatilidad	0,011978	0,011978
	Tasa de retorno por la Especulación, $(F_t - S_{t+1})/S_t$	
Media	-0,001646	-0,001646
1ª Autocorrelación	0,679463	0,679463
Volatilidad	0,045301	0,045301

Nota: El término que mide el grado de volatilidad es la desviación típica.

## 4.2. LA PRIMA DE RIESGO POR TIPO DE CAMBIO

Una vez estudiada la norma que siguen los tipos de cambio al contado y plazo simulados, se procede a analizar la evolución de la prima de riesgo cambiaria. Se trata de ampliar la investigación comparando la predicción que de la prima de riesgo realiza el modelo simulado,  $E_t(S_{t+1} - F_t)/S_t$ , con la que verdaderamente acontece según los datos,  $(S_{t+1} - F_t)/S_t$ . Los resultados para el tipo de cambio de la peseta con relación al dólar se muestran en el Cuadro 7.6. La simulación se ha realizado con unos valores de los parámetros de diez para la aversión al riesgo, igual porcentaje de consumo nacional y extranjero y un factor de descuento subjetivo de 0,99.

El Cuadro 7.6 muestra, en cierto sentido, unos resultados bastante desalentadores en cuanto a la predicción que de la prima de riesgo cambiario genera el Modelo de Lucas. Para comenzar, mientras en los datos reales ésta es negativa, los simulados

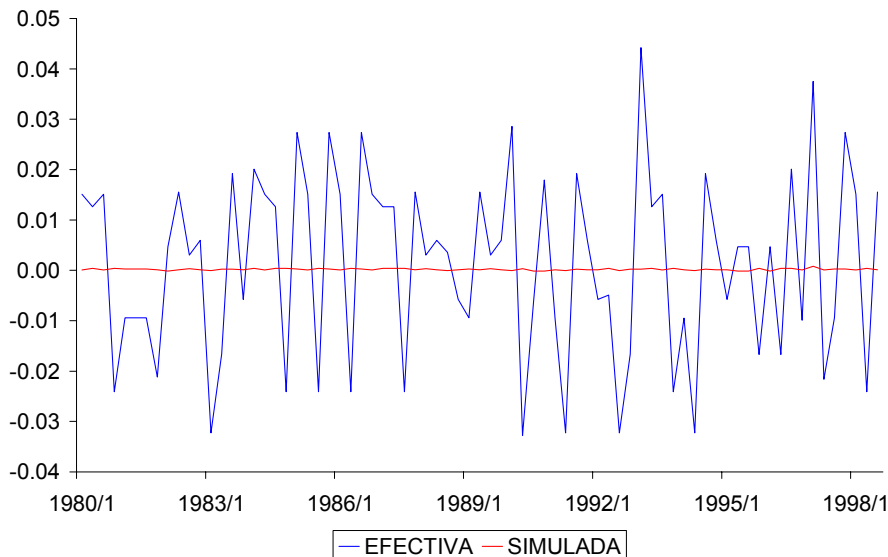
exhiben una prima positiva. Además, la volatilidad que el modelo genera es casi nula si se compara con la existente en los datos reales. Esta diferencia en volatilidades, se puede apreciar, fácilmente, en el Gráfico 7.2.

**CUADRO 7.6.** Valor Medio, Autocorrelación y Volatilidad de las Series Simuladas y Reales de la Prima de Riesgo para el Tipo de Cambio Peseta/Dólar

Prima de Riesgo para el Tipo de Cambio Trimestral Peseta/Dólar		
	Simulada, $E_t(S_{t+1} - F_t)/S_t$	Real, $(S_{t+1} - F_t)/S_t$
Valor Medio	0,000229	-0,001401
1ª Autocorrelación	-0,044	0,381
Volatilidad	0,000284	0,063992

Nota: El término que mide el grado de volatilidad es la desviación típica.

**GRÁFICO 7.2.** Prima de Riesgo Efectiva y Simulada para el Caso Español



Otra diferencia destacable entre el cálculo de la prima de riesgo y el de los tipos de cambio, es que ahora sí se producen variaciones importantes dependiendo del valor que tomen los parámetros que caracterizan el comportamiento del modelo.

**CUADRO 7.7.** Valor Medio, Autocorrelación y Volatilidad de las Series Simuladas de la Prima de Riesgo para Distintos Grados de Aversión Relativa al Riesgo

	Grado de Aversión Relativa al Riesgo		
	$\gamma = 0$	$\gamma = 10$	$\gamma = 30$
	Prima de Riesgo Simulada, $E_t(S_{t+1} - F_t)/S_t$		
Valor Medio	0,000196	0,000229	0,000293
1ª Autocorrelación	-0,339560	-0,044908	0,109369
Volatilidad	0,000144	0,000284	0,000725

Nota: El término que mide el grado de volatilidad es la desviación típica.

**CUADRO 7.8.** Valor Medio, Autocorrelación y Volatilidad de las Series Simuladas de la Prima de Riesgo para Distintos Grados de Apertura de la Economía

	Grado de Apertura de la Economía		
	$\theta = 0,25$	$\theta = 0,5$	$\theta = 0,75$
	Prima de Riesgo Simulada, $E_t(S_{t+1} - F_t)/S_t$		
Valor Medio	0,000251	0,000229	0,000207
1ª Autocorrelación	0,032850	-0,044908	-0,194303
Volatilidad	0,000379	0,000284	0,000201

Nota: El término que mide el grado de volatilidad es la desviación típica.

**CUADRO 7.9.** Valor Medio, Autocorrelación y Volatilidad de las Series Simuladas de la Prima de Riesgo para los Valores Máximos y Mínimos de la Prima

	Valores Máximos y Mínimos de la Prima de Riesgo		
	$\gamma = 0, \theta = 0,75$	$\gamma = 10, \theta = 0,5$	$\gamma = 30, \theta = 0,25$
	Prima de Riesgo Simulada, $E_t(S_{t+1} - F_t)/S_t$		
Valor Medio	0,000190	0,000229	0,000346
1ª Autocorrelación	-0,353822	-0,044908	0,128327
Volatilidad	0,000147	0,000284	0,001060

Nota: El término que mide el grado de volatilidad es la desviación típica.

Los Cuadros 7.7 y 7.8 muestran los valores de los estadísticos relevantes cuando cambia el grado de aversión al riesgo, Cuadro 7.7, o el grado de apertura de la economía, Cuadro 7.8, y se mantienen el resto de parámetros iguales a los utilizados en el Cuadro 7.6. Por su parte, el Cuadro 7.9 recoge los valores mínimos, primera columna, y máximos, tercera columna, alcanzados por la prima de riesgo y los compara con los datos simulados del Cuadro 7.6, columna central.

Del estudio de los Cuadros 7.7, 7.8 y 7.9 se extraen aspectos relevantes. En primer lugar, el grado de apertura de la economía y el grado de aversión al riesgo influyen de forma importante en la generación tanto de riesgo como de su volatilidad. Por el contrario, el factor de descuento subjetivo no provoca cambios significativos en ninguno de los conceptos estudiados. En segundo lugar, de las dos variables relevantes, el grado de aversión al riesgo por parte de los individuos y el grado de apertura de la economía, la primera se constituye como el factor fundamental ya que logra un aumento mucho mayor tanto del valor medio de la prima, se incrementa en un cincuenta por ciento, como de su volatilidad, casi el quinientos por ciento, al cambiar desde el valor más pequeño al más alto, según se muestra en el Cuadro 7.7, comparado con el que consigue el grado de apertura de la economía, como se observa en el Cuadro 7.8.

El crecimiento más espectacular acontece cuando se permite el máximo grado de apertura de la economía y de aversión al riesgo, tal es el caso de la columna de la derecha en el Cuadro 7.9, de donde se puede concluir que la prima sube en más de la mitad de la cuantía respecto al valor mínimo y la volatilidad se multiplica por diez. Este incremento de la prima se aprecia, gráficamente, en la Figura 7.3.

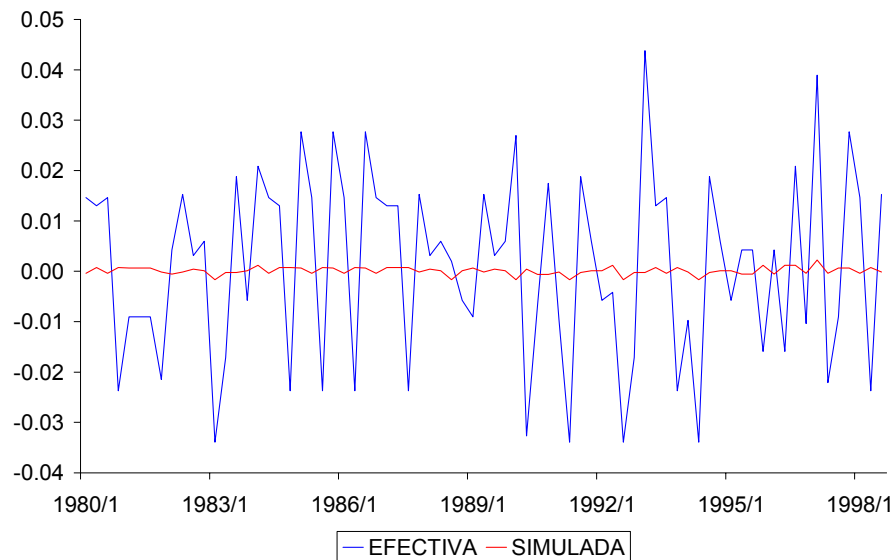
Sin embargo, a pesar del extraordinario aumento en la magnitud de la volatilidad, ésta no llega a representar el uno por ciento de la real. De hecho, el riesgo máximo alcanzado en los dieciséis posibles estados de la naturaleza es del 0,22%.

En definitiva, las mismas causas que provocaban la alta correlación en las series del epígrafe anterior, esto es, la política monetaria y las pautas de consumo y de preferencias de los individuos, parecen ser las causantes de los pobres resultados alcanzados en la generación de la prima de riesgo. Como en el Modelo de Lucas, el tipo de cambio no depende de las expectativas de los individuos, la alta volatilidad que recogen las expectativas a modo de incorporación de la nueva información no aparece en el modelo. Por el contrario, las variables relevantes en la generación del tipo de



cambio adolecen de variabilidad en el tiempo, ya que tanto la política monetaria como las pautas de consumo individuales, para ser efectivas, deben ser estables en el tiempo.

**GRÁFICO 7.3.** Prima de Riesgo Efectiva y Simulada para el Caso Español con  $\gamma = 30$  y  $\theta = 0,25$



Los individuos se caracterizan por presentar una tendencia continuada y sin grandes alteraciones en el gasto en el consumo. En las épocas favorables ahorran, mientras que en las desfavorables pueden gastar parte de los ahorros o acudir a los mercados financieros y traer al presente renta futura, de tal forma que su gasto en el consumo no sufra grandes variaciones. Del mismo modo, los gobiernos para lograr estabilidad en la economía, deben ejercer una labor política lo más constante posible con el fin de no crear incertidumbres que repercutan en el crecimiento. En economías desarrolladas como las de este análisis, éstas características se cumplen.

Para corroborar la veracidad de los resultados alcanzados en este epígrafe, se efectúa a continuación, y de forma somera, el análisis de la prima de riesgo para el tipo de cambio del yen con respecto al dólar.

### 4.3. LA PRIMA DE RIESGO PARA EL TIPO DE CAMBIO YEN/DÓLAR

Los resultados que de la prima de riesgo realiza el modelo simulado,  $E_t(S_{t+1} - F_t)/S_t$ , con la que verdaderamente acontece según los datos,  $(S_{t+1} - F_t)/S_t$ , para el tipo de cambio del yen con relación al dólar se muestran en el Cuadro 7.10. La simulación se ha realizado con unos valores de  $\gamma = 10$ ,  $\theta = 0,5$  y  $\beta = 0,99$ .

El Cuadro 7.10 muestra unos resultados, en cuanto a la predicción que de la prima de riesgo cambiario genera el Modelo de Lucas, acordes con los obtenidos de la volatilidad para el tipo de cambio de la peseta con respecto al dólar. Sin embargo, muy diferentes en lo que respecta al valor medio de la prima. En este caso, la prima de riesgo presenta el signo correcto de acuerdo a estudios anteriores<sup>10</sup>.

**CUADRO 7.10.** Valor Medio, Autocorrelación y Volatilidad de las Series Simuladas y Reales de la Prima de Riesgo para el Tipo de Cambio Yen/Dólar

Prima de Riesgo para el Tipo de Cambio Trimestral Yen/Dólar		
	Simulada, $E_t(S_{t+1} - F_t)/S_t$	Real, $(S_{t+1} - F_t)/S_t$
Valor Medio	0,000105	0,000155
1ª Autocorrelación	0,355	0,141
Volatilidad	0,000150	0,067482

Nota: El término que mide el grado de volatilidad es la desviación típica.

Este hecho, permite pensar que la falta de acierto en el valor medio de la prima para el caso español sea debida a particularidades del propio mercado cambiario español. No obstante, es posible obtener otro tipo de conclusiones. De nuevo, el fenómeno de la alta correlación continúa presente en los datos simulados. Así mismo, la prima y, fundamentalmente la variación que ésta sufre, cambian según los parámetros incorporados en el modelo, Cuadro 7.11.

A pesar de los cambios, e incluso si se considera el caso con mayor grado de volatilidad, el valor de la prima real es mucho más alto que el de la simulada como se

---

<sup>10</sup> Véase entre otros, Fama (1984) o Hodrick y Srivastava (1986).

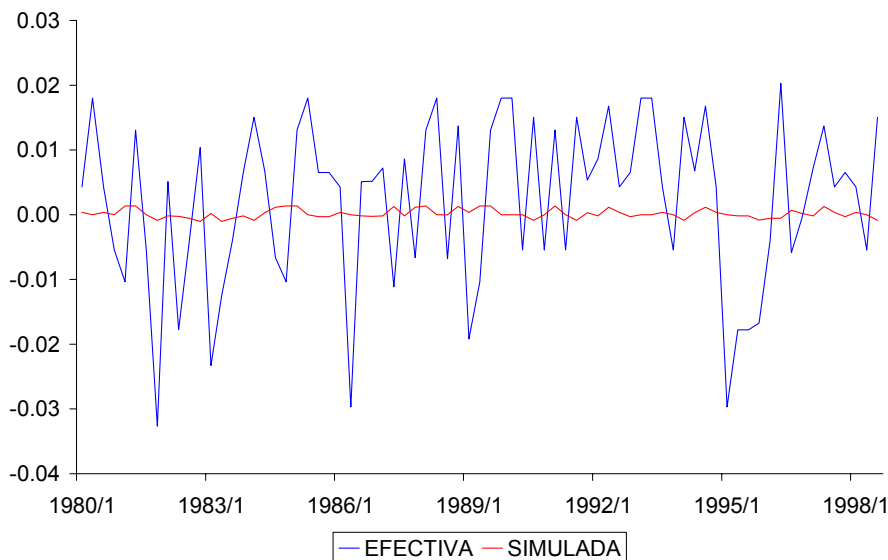
puede apreciar en el Gráfico 7.4.

**CUADRO 7.11.** Valor Medio, Autocorrelación y Volatilidad de las Series Simuladas de la Prima de Riesgo para los Valores Máximos y Mínimos de la Prima

	Valores Máximos y Mínimos de la Prima de Riesgo		
	$\gamma = 0, \theta = 0,75$	$\gamma = 10, \theta = 0,5$	$\gamma = 30, \theta = 0,25$
	Prima de Riesgo Simulada, $E_t(s_{t+1} - f_t)/s_t$		
Valor Medio	0,000113	0,000105	0,000070
1ª Autocorrelación	-0,301068	0,355296	0,032360
Volatilidad	0,000094	0,000150	0,000758

Nota: El término que mide el grado de volatilidad es la desviación típica.

**GRÁFICO 7.4.** Prima de Riesgo Efectiva y Simulada para el Caso Japonés con  $\gamma = 30$  y  $\theta = 0,25$



## CONCLUSIONES

En este estudio se han descrito los supuestos subyacentes en una economía teórica según el Modelo de Lucas (1982) que nos permite analizar el comportamiento de un tipo de cambio, fundamentándose en el consumo de los agentes, mediante la aplicación

de un equilibrio general dinámico con dotaciones y mercados completos y donde las dotaciones de dinero y bienes son introducidas en el modelo aleatoriamente. Este tipo de cambio va a depender de las ofertas monetarias relativas, el producto interior bruto de cada país y las preferencias de los individuos, definidas éstas por su función de utilidad. Sin embargo, las expectativas futuras no están incluidas, explícitamente, en esta ecuación. La existencia de un tipo de cambio al contado teórico junto con la tenencia de contratos sobre tipos de cambios futuros provocan la presencia de una prima de riesgo.

Los resultados obtenidos en la investigación, tras la calibración del modelo, han sido bastante fructíferos. Los valores simulados de los tipos de cambio al contado y a plazo siguen la misma tendencia que los reales. Los valores medios de la tasa de depreciación y de la prima de riesgo son muy parejos, presentando la primera una volatilidad mucho mayor. La tasa de retorno por la especulación, en ambos casos, tiene el mayor grado de volatilidad respecto a los otros conceptos analizados. Además, y como sucede en la realidad, la volatilidad de la tasa de depreciación es mayor que la de la prima a plazo, presentando ambas series un comportamiento bastante similar en cuanto a la tendencia y, apareciendo un retardo en la predicción del tipo de cambio futuro respecto al tipo al contado futuro. Por último, los valores estadísticos de los tipos de cambio no varían significativamente al cambiar los valores del coeficiente de aversión al riesgo, el grado de internacionalización de la economía o el factor de descuento subjetivo.

En lo referente a la prima de riesgo, se logra simular correctamente el comportamiento de este concepto para el tipo de cambio japonés mientras que en el español la falta de precisión en el resultado de su valor medio parece deberse a particularidades del propio mercado cambiario español. Asimismo, se comprueba que tanto el grado de apertura de la economía como el de aversión al riesgo, éste en una cuantía mucho mayor, influyen de forma importante tanto en la generación de riesgo como de su volatilidad, mientras que lo contrario ocurre con el factor de descuento subjetivo. Así, variaciones en el grado de aversión al riesgo individual permiten incrementar el valor medio de la prima en un cincuenta por ciento y la volatilidad casi en un quinientos por ciento.

En el trabajo también se han obtenido unas autocorrelaciones para las variables simuladas que siguen el mismo comportamiento cualitativo que el de las reales. Sin

embargo, debe indicarse que tanto en el caso de las autocorrelaciones como en el del análisis de la volatilidad de la prima de riesgo aparecen distorsiones en el aspecto cuantitativo que proceden en su mayor parte de los propios fundamentos del modelo. Así, el mayor grado de correlación existente en las series simuladas respecto a las reales puede deberse a que en este modelo, el tipo de cambio es función de las ofertas monetarias, las preferencias y el consumo de los individuos y estos tres factores, política monetaria, pautas de consumo y preferencias exhiben una alta tendencia temporal continuada y sin graves alteraciones en las economías de nuestra investigación. La baja volatilidad de los datos simulados respecto a las series reales estaría causada por la omisión, en el modelo, de las expectativas de los individuos.

Como reflexión final, conviene destacar que el Modelo de Lucas es un modelo de equilibrio general y, por su propia naturaleza, presenta la habilidad de predecir el comportamiento seguido por el tipo de cambio en una situación de equilibrio a largo plazo. Acorde con ese objetivo, este modelo logra simular el comportamiento que sigue el tipo de cambio de la peseta con respecto al dólar en el período analizado. La búsqueda de nuevos métodos que permitan capturar, en toda su extensión, los fenómenos que acontecen en el corto plazo posibilita futuras líneas de investigación en este ámbito de estudio.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Backus, D. K., A. W. Gregory y C. I. Telmer. (1993): "Accounting for Forward Rates in Markets for Foreign Currency". *Journal of Finance*, 48, no. 5, pp. 1887-1908.
2. Bekaert, G. (1996): "The Time Variation of Risk and Return in Foreign Exchange Markets: A General Equilibrium Perspective". *Review of Financial Studies*, 9, pp. 427-470.
3. Bekaert, G. (1994): "Exchange Rate Volatility and Deviations from Unbiasedness in a Cash-in-Advance Model". *Journal of International Economics*, 36, pp. 29-52.
4. Cole, H. L. y M. Obstfeld. (1991): "Commodity Trade and International Risk Sharing: How Much Do Financial Markets Matter?" *Journal of Monetary Economics*, 28, pp. 3-24.
5. Constantinides, G. M. (1990): "Habit Formation: A Resolution of the Equity Premium Puzzle". *Journal of Political Economy*, 98, pp. 519-543.

6. Engel, C. M. (1992): "On the Foreign Exchange Risk Premium in a General Equilibrium Model". *Journal of International Economics*, 32, pp. 305-319.
7. Fama, E. F. (1984): "Forward and Spot Exchange Rates". *Journal of Monetary Economics*, 14, pp. 319-338.
8. Heaton, J. (1993): "An Empirical Investigation of Asset Pricing with Temporally Dependent Preference Specifications". *Econometrica*, 61, pp. 353-385.
9. Hodrick, R. J. y S. Srivastava. (1986): "The Covariation of Risk Premiums and Expected Future Spot Exchange Rates". *Journal of International Money and Finance*, 5, (suplemento), pp. 5-21.
10. Johansen, L. (1960): *A Multi-Sectoral Study of Economic Growth*, Amsterdam: North Holland.
11. Kydland, F. E. y E. C. Prescott. (1982): "Time to Build and Aggregate Fluctuations". *Econometrica*, 50, pp. 1345-1370.
12. Lucas, R. E. (1982): "Interest Rates and Currency Prices in a Two-Country World". *Journal of Monetary Economics*, 10, pp. 335-359.
13. Macklem R. T. (1991): "Forward Exchange Rates and Risk Premiums in Artificial Economies". *Journal of International Money and Finance*, 10, pp. 365-391.
14. Mehra, R. y E. C. Prescott. (1985): "The Equity Premium: A Puzzle". *Journal of Monetary Economics*, 15, pp. 145-161.
15. Obstfeld, M. (1994): "Evaluating Risky Consumption Path: The Role of Intertemporal Substitutability". *European Economic Review*, 38, pp. 1471-1486.
16. Sibert, A. (1996): "Unconventional Preferences: Do They Explain Foreign Exchange Risk Premia?" *Journal of International Money and Finance*, 15, no. 1, pp. 149-165.
17. Sul, D. (1999): "Excess Volatility of Realized Excess Profit from Currency Speculation in a Two-Country General Equilibrium Model". *Review of International Economics*, 7, no. 2, 280-296.
18. Tesar, L. L. (1995): "Evaluating the Gains from International Risksharing". *Carnegie-Rochester Conferences Series on Public Policy*, 42, pp. 95-143.