

## Introducción

La estimación de curvas de tipos de interés y su análisis a lo largo de la última década constituyen el núcleo central de esta tesis. Dentro de un proceso de integración económica y monetaria en el seno de la Unión Europea y en un mercado financiero cada vez más globalizado, la variable tipo de interés es especialmente relevante para manifestar ambos acontecimientos. La finalidad del trabajo es la constatación analítica de la convergencia del tipo de interés y la velocidad con la que se ha producido la integración de los países de la Unión Monetaria Europea (UME), así como reflejar el proceso de globalización de los mercados financieros. Para ello se ha trabajado con un período temporal de trece años, desde 1992 hasta 2004, ambos inclusive y se ha analizado la evolución de seis países distintos, dentro y fuera de la UME, tanto en términos nominales como reales.

Las variables tipo de interés y tipo de cambio son básicas en el contexto económico, tanto en el proceso de toma de decisiones como en cuestiones de política monetaria. A través de los precios relativos del tipo de interés y del tipo de cambio tiene lugar la interacción entre la economía real y la economía financiera (Vilaseca y Torrent, 2000).

En los años noventa tuvieron lugar tres crisis monetarias y cambiarias: la crisis del Sistema Monetario Europeo (SME) entre 1992 y 1993, la crisis iniciada en Méjico en 1994 y que se extendió por Latinoamérica en el 1995 (efecto tequila) y, finalmente, la crisis asiática de 1997, que terminó expandiéndose después por mercados emergentes –especialmente Rusia (1998), Brasil (1999), Ecuador (2000) y Argentina (2001)- afectando de forma distinta a los países en función del grado de desarrollo de sus economías y de la dependencia con el exterior.

El marco teórico de la crisis del SME debe buscarse en la incompatibilidad entre el compromiso de estabilidad de tipos de cambio por parte de un gobierno con una propia política económica y

monetaria junto con el libre comercio y movilidad de capitales.<sup>1</sup> La crisis mejicana fue provocada por una interrupción repentina de los flujos de capitales del exterior hacia México, junto con una consecuente devaluación de la moneda nacional y una incapacidad económica del gobierno mexicano para afrontar las deudas contraídas. Y la crisis del 1997 fue originada por unos elevados déficits en las balanzas por cuenta corriente y un sistema financiero con asignación incorrecta de recursos y poca transparencia. El efecto común desencadenante de estas crisis es la especulación por parte de los inversores, que atacan a la moneda del país o países en cuestión provocando fuertes devaluaciones.

El entorno económico-financiero actual se caracteriza por la liberalización del régimen financiero internacional y un mayor grado de apertura de los mercados, una elevada movilidad de los capitales a escala global y consiguientemente, la aparición de nuevos productos financieros que ayudan a reducir el riesgo. Las economías nacionales han sido sustituidas por una economía internacional. Los tipos de interés, los tipos de cambio y las cotizaciones bursátiles en diversos países se relacionan directamente con los mercados financieros globales, ejerciendo una gran influencia sobre las condiciones económicas.

Los cambios de regulación, la liberalización de los mercados y las nuevas tecnologías de la información (TIC) han posibilitado una extraordinaria movilidad de los capitales a escala global, que operan en mercados cada vez menos regulados. Este fenómeno se conoce como globalización financiera y constituye un rasgo fundamental del sistema económico mundial actualmente vigente.

Este nuevo entorno afecta a las decisiones de política monetaria de todos los países. Las variables de los mercados financieros aportan información respecto a la situación económica y permiten anticipar efectos de posibles decisiones económicas. Las autoridades monetarias condicionan sus decisiones a variables como los agregados monetarios, el tipo de interés, el tipo de cambio, etc. y dan especial énfasis a la información contenida en la curva de tipos de interés. Así pues, una de las variables macroeconómicas fundamentales en la política económica de un país es el tipo de interés.

Sin embargo, la variable tipo de interés no puede ser definida sin el calificativo temporal que vincula un tipo de interés a un plazo determinado. En el mercado financiero se realizan operaciones asociadas a un amplio abanico de plazos, por lo que no es posible hablar de un único tipo de interés existente en un momento de tiempo y en un mercado dado, sino de todo un conjunto de tipos

---

<sup>1</sup> Esta inconsistencia es conocida como el principio de la *trilogía imposible* o del *cuarteto inconsistente*, apuntados por primera vez por Padoa-Schioppa (1987).

asociados a distintos plazos. Esto es la denominada estructura temporal de tipos de interés (ETTI), función de argumento temporal cuyas imágenes son los tipos de interés resultantes para operaciones al plazo definido por la variable independiente.

Tal como es sobradamente conocido, la variable tipo de interés no puede observarse directamente en el mercado. Es preciso recurrir a precios de cotización de títulos de renta fija, sin prima por riesgo de insolvencia, para poder deducir el tipo de interés que rige en el mercado. La construcción de la curva de tipos requiere un laborioso método de ajuste, generalmente no lineal. Sin embargo, no hay consenso a nivel académico ni profesional sobre cuál es el mejor modelo matemático que permite ajustar los datos y conseguir una curva continua para todo el plazo.

Por otra parte, el tipo de interés se puede presentar mediante tres funciones diferentes: el tipo de interés al contado, el tipo de interés a plazo y la función de descuento. Cada una de estas formas presenta sus propias restricciones, ya que es necesario respetar sus propiedades de naturaleza financiera. La función de descuento debe ser monótona decreciente y asintótica, inferior a la unidad en todo su dominio. Los tipos a plazo o implícitos matemáticamente se obtienen a partir de la primera derivada de los tipos al contado y han de ser asintóticos para plazos amplios. Estas propiedades excluyen la utilización de algunas formas funcionales.

Han tenido gran aceptación por los profesionales los modelos basados en *splines* de diferentes tipos, cúbicos, exponenciales, *basic splines*. Estos modelos ajustan bien las particularidades a lo largo de la curva, sin embargo suelen presentar colas, es decir, tipos de interés para plazos largos no tan asintóticos como sería deseable.

En particular, los Bancos Centrales de bastantes países han mostrado predilección por los denominados modelos basados en funciones parsimoniosas, propuestos por Nelson y Siegel (1987) y Svensson (1994) (*Bank for International Settlements*, 1999 y 2005). En términos generales, estos modelos suavizan la curva pero respetan las propiedades asintóticas.

El proceso de convergencia de las economías europeas desemboca en la creación de la Unión Monetaria Europea (UME). Por ello, en este trabajo se han escogido cuatro países de la Unión Europea como representantes del proceso de integración monetaria: Alemania, Francia, Italia y España. Alemania, Francia e Italia junto con Bélgica, Holanda y Luxemburgo son los creadores de la Comunidad Económica Europea (CEE) en 1957. Posteriormente, en 1978, estos países junto al

Reino Unido, Irlanda y Dinamarca, crean el Sistema Monetario Europeo (SME), base de partida para lo que posteriormente configurará una unión monetaria. Alemania es importante por su liderazgo y por ser una referencia en los mercados financieros, ya desde la crisis del sistema de *Bretton Woods*. Este liderazgo lo obtiene gracias a la credibilidad en sus fundamentos económicos y por sus bajas tasas de inflación a lo largo de los años setenta y, sobre todo, ochenta. Paralelamente, Francia e Italia han compartido también un papel destacado en el proceso de creación de la UME. Francia desempeña un papel esencial, junto con Alemania, en el proceso de creación del SME y también destaca su posición como miembro del Benelux. Además, se incluye España como otro país más de la unión monetaria. Aunque no se adhiere a la CEE hasta 1986, es interesante ver, al igual que Italia, como partiendo de una situación económica muy distinta a la de Francia y Alemania, consigue alcanzar los criterios establecidos por Maastricht para terminar formando parte de una Unión Económica y Monetaria el 1 de enero de 1999. A partir de esta fecha, los países integrantes operan en los mercados financieros con una única moneda, que desplaza sus monedas nacionales.

No obstante, para disponer de una medida de la evolución y magnitud del proceso de convergencia es necesario disponer de datos comparativos. Por dicho motivo, se han incorporado en el estudio dos países adicionales y externos a la moneda única: Reino Unido y Estados Unidos. Ambos permiten, por tanto, establecer diferencias respecto el grupo de países que constituyen la UME y determinar el grado de convergencia de los mercados financieros internacionales. El Reino Unido se caracteriza por pertenecer a la Unión Europea pero no se integra en la UME y, consiguientemente, mantiene su moneda nacional. También, se ha incorporado Estados Unidos en el análisis por su importancia indiscutible en los mercados financieros internacionales y como potencia económica mundial. La evolución del tipo de interés y la relación del conjunto de países que constituyen la unión monetaria frente al Reino Unido y Estados Unidos componen uno de los objetivos principales del presente trabajo.

Para estimar las curvas de tipos de interés nominales ha sido necesario elegir una determinada forma de la curva y seleccionar un modelo que permita realizar el ajuste econométrico. Por sus propiedades y por su aceptación a nivel internacional se ha aplicado el modelo propuesto por Nelson y Siegel (1987). Este modelo se caracteriza por recoger los componentes de la estructura temporal de tipos de interés a través de tres parámetros que definen el nivel, la pendiente y la curvatura de la curva. Una de las particularidades del modelo es que calculando los límites de la

función, se obtienen directamente el valor del tipo de interés a muy corto plazo, representativo del precio del dinero, y el tipo de interés para plazos muy largos.

El ajuste se ha realizado minimizando el error en precio ponderado por un factor equivalente a la inversa de la duración. En el largo plazo la función es asintótica y los cambios de curvatura y de pendiente se producen básicamente en el corto y medio plazo. La inclusión de este peso o factor precisamente permite ajustar mejor este tramo, donde tiene lugar la pendiente y curvatura (Ricart y Sicsic, 1995; Bolder y Stréliski, 1999). En general, el ajuste en el largo plazo es bastante bueno, donde la función es asintótica. Se consigue dar mayor ponderación al error generado en el tramo de la curva del corto y medio plazo, introduciendo la inversa de la duración como factor de ponderación, ya que, por definición, es inversamente proporcional al plazo.

La base de datos utilizada para estimar la estructura temporal de tipos de interés de cada uno de los países se elabora a partir de precios medios diarios de cotización en el mercado secundario de títulos de deuda pública y las características de dichos títulos. Los títulos de deuda pública incorporados son títulos emitidos al descuento y a la par, con pago del nominal al vencimiento, o bien, títulos con pago de cupón a un interés fijo y con un vencimiento único. Se excluyen todos aquellos títulos que presentan características adicionales o cupones variables indexados.

A priori, se solicita esta información a entidades oficiales de cada país pero solamente España dispone de datos diarios de cotización publicados en la *web* de su Banco Central. La información de cada uno de los países restantes ha sido proporcionada por Bloomberg. No obstante, esta agencia tampoco dispone de datos para todo el plazo analizado. En concreto, no dispone de datos diarios de cotización de títulos a corto plazo para años anteriores al 1996, aunque para determinados países sí hay información en algún año anterior.

Dado que la pendiente y curvatura de la ETTI se produce en el corto y medio plazo, es esencial disponer de información para este tramo de la curva. Por dicho motivo se ha completado la base con datos diarios procedentes del *benchmark* que elabora la misma agencia u otras fuentes de información. Añadir valores alternativos para cubrir el tramo del corto y medio plazo es habitual en los estudios de algunos Bancos Centrales, principalmente aquellos que han iniciado el cálculo de sus curvas de tipos de interés recientemente y no disponen de información histórica completa (Meier, 1999).

La información requerida para poder estimar correctamente las curvas de tipos de interés nominales de cada país, debe incluir la fecha de cotización del título, su precio medio más el cupón corrido, el cupón del título y su nominal, el vencimiento y los distintos períodos en que el título paga cupón. Es necesario un proceso de revisión para poder elaborar así una base de datos utilizada como *input* directo en la estimación de las curvas de tipos de interés.

Respecto a la frecuencia de estimación, se considera la posibilidad de realizar estimaciones diarias, no obstante la escasez de datos en algunos años y en determinados países lo desaconseja. Finalmente se aplica una frecuencia semanal, estimándose un total de 679 curvas para cada uno de los seis países analizados.

El modelo de Nelson y Siegel (1987) utilizado para estimar las curvas es un modelo paramétrico no lineal. Se aplican mínimos cuadrados generalizados y se minimiza la suma de cuadrados de los errores entre precios reales y ajustados, ponderada por la inversa de la duración. Este procedimiento se lleva a cabo mediante la programación de una rutina en SAS específica para este caso.

La extrema sensibilidad del modelo respecto a sus valores iniciales conlleva una gran dificultad para hallar los parámetros óptimos de cada semana. Por ello, antes de proceder a la estimación de las curvas de un determinado año, se eliminan todos los datos que se consideran anómalos. No obstante, la eliminación previa de los datos anómalos no es suficiente para evitar la sensibilidad de los parámetros. En los años en que el mercado financiero es inestable, el cambio de los parámetros entre una semana y la siguiente es considerable. Esta situación se produce, sobre todo, en los años anteriores a la creación de la unión monetaria. También se repite en Estados Unidos en el momento en que se producen los atentados terroristas. Ante situaciones de inestabilidad, el vector óptimo de parámetros de la semana anterior no es adecuado como valor inicial para estimar los parámetros de la semana siguiente. Como alternativa, se recurre a probar como valores iniciales un conjunto de vectores suficientemente amplio para hallar aquel vector que minimiza el error en precio.

El proceso de estimación del conjunto de curvas temporales de tipos de interés permite construir una serie temporal compuesta por 679 datos en cada uno los países de estudio. La ventaja del modelo es que una vez obtenidos los parámetros óptimos, es posible analizar la evolución de la variable tipo de interés para cualquier vencimiento. En la dirección *web* [www.ub.edu/cer](http://www.ub.edu/cer), dentro de “Grup de Recerca del Risc en Finances i Assegurances”, puede consultarse la serie temporal de cualquier tipo de interés para España, Alemania, Francia, Italia, el Reino Unido y Estados Unidos.

Aunque se estudia el tipo de interés para distintos vencimientos (tipo de interés instantáneo, a tres meses, a un año, a cinco años, a diez años, a quince años y a plazo infinito), a lo largo de esta tesis doctoral se desarrollan principalmente el tipo de interés instantáneo, representativo del corto plazo y próximo al precio oficial del dinero, y el tipo de interés a 15 años, como referente del largo plazo y como media del vencimiento de la deuda pública a largo plazo. Ambos tipos de interés son esenciales para llevar a cabo el objetivo de análisis del proceso de integración de la Unión Monetaria Europea y, paralelamente, evaluar el grado de convergencia de los mercados financieros.

La serie temporal que describe el tipo de interés nominal a corto plazo pone de relieve la capacidad de Alemania, Francia, España e Italia para conseguir un mismo nivel de tipos a partir de enero de 1999. También destaca la posición del Reino Unido, que como consecuencia de su decisión de no adoptar la moneda única, se le exige una mayor prima por riesgo. Estados Unidos se caracteriza por un crecimiento económico con tipos de interés estables hasta el principio de 2001, momento en que se inicia una crisis que se agudiza con los atentados terroristas del 11-S. El efecto inmediato es una continua bajada de tasas de interés alcanzando niveles inferiores al 2% en el muy corto plazo.

Respecto a la serie temporal que conforma el tipo de interés nominal a 15 años, se observa un mismo nivel de tipos ya a partir de 1997. Esta situación se origina no tan sólo en los países que conforman la UME, sino también en el Reino Unido y Estados Unidos. Aunque las condiciones económicas de cada uno de los países del estudio son muy distintas, sus tipos de interés a largo plazo, obtenidos a partir de la deuda pública de cada país, son prácticamente los mismos.

Los datos obtenidos permiten, además, comparar el tipo de interés a corto y largo plazo. Esta relación determina en qué momentos y en qué países, la estructura temporal se mantiene invertida. Esta singularidad es interesante ya que contradice la teoría de la preferencia por la liquidez.

Una vez analizada la serie temporal del tipo a corto plazo y a 15 años se procede a la contrastación empírica de los resultados mediante un cálculo de distancias entre curvas para un determinado tipo de interés.

Para valorar la evolución de los países a lo largo del período 1992-2004, es necesario establecer distintas etapas temporales que permitan realizar una comparativa de la posición de los países en cada período o etapa. Los momentos temporales elegidos, que marcan las distintas etapas, están relacionados con procesos económicos que afectan a las políticas monetarias de los países. Se

determinan dos acontecimientos importantes que dan lugar a tres etapas distintas. El primer momento se sitúa cuando tiene lugar la última devaluación del Sistema Monetario Europeo, concretamente, el 6 de marzo de 1995. Esta fecha marca el final e inicio de la primera y segunda etapa, respectivamente. El segundo acontecimiento viene determinado por el momento de creación de la Unión Monetaria Europea, es decir, el 1 de enero de 1999. Ésta es la fecha que divide la segunda etapa de la tercera.

Mediante una metodología no paramétrica, concretamente, la estimación núcleo de la regresión de Nadaraya-Watson, se ajusta la forma de la curva que define la tendencia de la serie de tipos de interés para distintos países. La comparación de estas funciones continuas permite calcular la distancia entre países en cada etapa. A través del análisis de coordenadas principales se proyecta la posición de los países en un gráfico de dos dimensiones. Los resultados del corto plazo manifiestan el proceso de integración de los países de la Unión Monetaria. Asimismo, los gráficos de posicionamiento de los países para el tipo a largo plazo revelan la convergencia de los mercados financieros.

Finalmente, se concluye esta tesis doctoral con un análisis similar al desarrollado pero para el tipo de interés real. La consideración de los tipos reales se lleva a cabo con la finalidad de contrastar si los procesos de integración y globalización se dan también en términos reales.

Los resultados demuestran que, si bien en el corto plazo los países de la UME presentan iguales niveles de tipos de interés en términos nominales a partir de 1999, esta característica no se manifiesta en los tipos reales. Esto es consecuencia de una única política monetaria con tasas de inflación nacionales distintas. Destaca que los tipos reales a corto plazo a lo largo del año 2003 y 2004 se sitúan alrededor del 0%, mientras que en términos nominales son siempre positivos. A pesar de todo, puede considerarse cierta convergencia del nivel de tipos de interés real a corto plazo a partir de los últimos años.

Los resultados hallados para el largo plazo muestran el grado de globalización de los mercados financieros. Los diferenciales entre tipos de interés nominal a largo plazo reflejan los diferenciales en la inflación esperada (Fisher, 1930). Dado que las diferencias entre países del tipo nominal a 15 años son prácticamente inexistentes, se concluye que se igualan las expectativas de los inversores sobre los niveles de inflación. Esta situación es producto del efecto globalizador de los mercados

financieros. Esta situación no se reproduce en términos reales, aunque, al igual que el corto plazo, parece darse cierta convergencia entre los seis países en los últimos años de estudio.

Esta tesis doctoral se compone de nueve capítulos. En el primer capítulo se definen los conceptos básicos relacionados con las curvas de tipos de interés y su aplicación en el ámbito de política monetaria. Asimismo, se exponen las distintas metodologías y los principales modelos de estimación.

El segundo capítulo se destina al estudio específico de los modelos con formas funcionales parsimoniosas, ya que son los más usados en el ámbito de la política monetaria. En particular, se detalla el modelo de Nelson y Siegel (1987), utilizado en este trabajo, y el modelo de Svensson (1994).

El proceso seguido para elaborar la base de datos, se detalla en el capítulo tres. En este capítulo se describe como se ha obtenido la información necesaria sobre precios diarios de cotización de deuda pública y las características de ésta. También se especifica el desarrollo que permite crear la base de datos requerida en la estimación semanal de curvas de tipo de interés. El capítulo concluye con una descripción estadística de los datos de cada país.

En el capítulo cuatro se presentan las especificaciones del modelo de Nelson y Siegel (1987) y las estimaciones obtenidas. Se detalla el tratamiento previo que se aplica a los datos y la obtención de los valores iniciales. Además, se presentan los resultados de estimación, concretamente se muestra su análisis descriptivo, el error cometido en el ajuste y las formas que adopta la ETTI a lo largo del período estudiado en cada uno de los países.

Los datos obtenidos de la estimación permiten construir una serie temporal del tipo de interés nominal para distintos plazos. En el capítulo cinco, previa a una contextualización económica, se expone la evolución del tipo de interés a muy corto plazo y el tipo a 15 años y se justifica su evolución desde un punto de vista macroeconómico. Se analiza también la relación entre ambos tipos de interés y el *spread*, como valor proporcionado directamente por la definición del modelo.

En el sexto capítulo se desarrolla la metodología no paramétrica utilizada para el ajuste de las curvas de tendencia, el cálculo de las distancias entre curvas y finalmente, se describe en que consiste el análisis de coordenadas principales, que permite posicionar los países en un plano.

En el capítulo séptimo se muestran los resultados de aplicar dicha metodología a la base de datos objeto de estudio. En este capítulo se contrasta empíricamente el proceso de integración de los países de la Unión Monetaria y se evalúa el efecto globalizador de los mercados financieros a través de los gráficos de posicionamientos obtenidos de la proyección de las dos primeras coordenadas principales.

El análisis de la serie temporal de tipos de interés reales para el corto y largo plazo se desarrolla en el capítulo ocho. Los cálculos son similares a los aplicados en el tipo de interés nominal aunque a nivel más general, ya que el análisis del tipo de interés real no conforma el núcleo central de estudio de este trabajo. Sin embargo, se considera relevante contrastar si las características detectadas en los tipos de interés nominales se manifiestan también en términos de tipos de interés real.

Este trabajo finaliza con el capítulo nueve dedicado a las conclusiones y futuras líneas de investigación. Se adjuntan, también, los anexos que complementan aspectos que no se considera necesario incluir en el desarrollo principal y, finalmente, la relación de referencias bibliográficas citadas en el trabajo.

Además, se proporciona una dirección *web* ([www.ub.edu/cer](http://www.ub.edu/cer), “Grup de Recerca del Risc en Finances i Assegurances”) donde puede consultarse la estructura temporal de tipos de interés de los seis países analizados en cualquier fecha comprendida entre 1992 y 2004 o la dinámica semanal de la ETTI para un determinado año. En esta misma dirección *web* también se halla la serie temporal de los países para cualquier plazo de interés deseado.

Para concluir esta introducción, quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que han colaborado en mi formación de investigadora y en el desarrollo del contenido de esta tesis doctoral. Quiero agradecer de forma muy especial a mis directoras de tesis, la Dra. Hortensia Fontanal Albiol y la Dra. Catalina Bolancé Losilla, por animarme a realizar este trabajo y preocuparse constantemente, así como agradecer su tiempo, dedicación, disponibilidad y apoyo incondicional, que ha sido imprescindible para la elaboración de esta tesis. Agradecer también las aportaciones desinteresadas del Dr. Josep Lladós Masllorens, Director del Programa en Ciencias Empresariales y profesor de los Estudios en Economía y Empresa de la Universitat Oberta de Catalunya; a los miembros del Departamento de Matemática Económica, Financiera y Actuarial de la Universidad de Barcelona; a los Estudios de Economía y Empresa de la Universitat Oberta de

Catalunya y en especial a su director, quien me ha permitido dedicar gran parte de mi vida profesional a la realización de este trabajo de investigación.

Finalmente, agradezco también a Lluís Sust Híjar, director de mercados financieros de Caixa d'Enginyers, a Pedro Gómez Gandia, jefe de inversiones de Ascat Vida, a Antoni Vidiella Anguera, consultor de Mercer Oliver Wyman, Alessandro Caprioli y a Antonio Di Cesare, de la Banca de Italia y a los departamentos de Estadísticas de los Bancos de Inglaterra, Alemania y Francia, su disponibilidad para facilitarme la información requerida para la elaboración de la base de datos.

