

Valoración de BTH a tipo fijo con diferentes metodologías

Cristóbal González* **

M^a Paz Jordá

Departamento de Economía Financiera
Universidad de Valencia

Resumen. Los bonos de titulización hipotecaria (BTH) constituyen títulos de renta fija cuyo principal rasgo distintivo reside en el traslado del riesgo de cancelación anticipada de los préstamos hipotecarios que les sirven de garantía. En la medida en que los tipos de interés afectan a los niveles de cancelación de aquellos préstamos, los flujos que generan los títulos van a depender de los movimientos de los tipos de interés, dificultando así su valoración. Este hecho es, sin embargo, obviado en la práctica por las entidades, que emplean métodos de valoración simples en los que se presupone que los flujos de caja resultan independientes de los tipos de interés. En este trabajo se valora un BTH emitido a tipo fijo mediante diferentes métodos, los denominados enfoques estático y dinámico, con el fin de comprobar si los resultados obtenidos con la utilización de procedimientos que sí tienen en cuenta la dependencia de los flujos de caja de los títulos a los tipos de interés justifican las mayores dificultades inherentes a su empleo. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que las diferencias existentes en el valor obtenido en cada caso pueden ser de cierta importancia, si bien éstas dependen más de las hipótesis asumidas en el procedimiento de simulación concreto utilizado dentro del enfoque dinámico que de la propia metodología empleada.

Palabras clave: titulización hipotecaria, valoración BTH a tipo fijo, títulos de renta fija, riesgo de cancelación anticipada.

Código J.E.L.: G21, G10.

Abstract. The interest-driven prepayment risk in the so-called Bonos de Titulización Hipotecaria (BTH or Spanish mortgage-backed securities) is usually obviated in their valuation by the Spanish firms. These firms generally work as if the securities' cash flows were independent of the interest rates. In this paper a fixed rate BTH is valued by using two different approaches with the purpose of checking whether the obtained results with the method that keeps in mind the dependence of the cash flows to the interest rates justifies the biggest inherent difficulties to its employment. The results show that the obtained differences between static and dynamic approaches can be of certain importance, although they are more dependent on the hypotheses assumed in the concrete simulation procedure used in the dynamic approach than the fact of working with one approach or another.

Keywords: Mortgage securitization, fixed-rate MBS valuation, fixed-income securities, prepayment risk.

J.E.L. Classification: G21, G10.

* Cristóbal González agradece la ayuda y colaboración proporcionada por la Fundación Caja de Madrid.

** Autor de contacto. E-mail: Cristobal.Gonzalez@uv.es Tfno: 96 382 83 69 Fax: 96 382 83 70

1. INTRODUCCIÓN

La titulización de una cartera de activos consiste en la utilización de estos activos como respaldo en la emisión de otros de características más favorables para su negociación en los mercados. El proceso se articula a través de una entidad vehículo especialmente creada al efecto que financia la compra de los activos originales mediante la emisión de títulos de renta fija y atiende a los compromisos de pago que dicha emisión conlleva empleando el flujo de ingresos asociado a los activos adquiridos, los cuales se suprimen del balance de la entidad originadora.

En el caso particular de la titulización hipotecaria, los activos cedidos a la entidad vehículo son los préstamos hipotecarios que poseen en cartera las entidades de crédito¹ y los títulos emitidos, cuyos flujos de caja dependen de los proporcionados por los préstamos, son conocidos en la literatura anglosajona como mortgage-backed securities (MBS) y en el mercado español como bonos de titulización hipotecaria (BTH).

La valoración de los títulos surgidos a partir de un proceso de titulización hipotecaria ha sido una cuestión tratada en la literatura en referencia casi exclusiva a los negociados en el mercado norteamericano y, dentro de éstos, haciendo alusión generalmente a los títulos GNMA pass-through emitidos a tipo de interés fijo. Estos títulos se caracterizan no sólo por su elevada calidad crediticia –equiparable, en la práctica, a la de los títulos emitidos por el Tesoro debido a la garantía proporcionada por la agencia estatal GNMA– sino también por los estándares de homogeneidad de los préstamos que los respaldan, aspecto éste que facilita su valoración.

En nuestro país, sin embargo, los bonos de titulización hipotecaria no presentan las mismas características que sus análogos norteamericanos. En la mayoría de los casos estos títulos no proporcionan un tipo de interés fijo sino indexado y, aún centrándonos en los que se emiten a tipo fijo, los riesgos de insolvencia y liquidez son superiores a los estándares habituales en aquéllos. Junto a ello, también debe considerarse que a priori el riesgo de amortización anticipada resulta más difícil de estimar en nuestro mercado por la menor homogeneidad en las características de los préstamos que respaldan las emisiones de BTH.

En cualquier caso, y a pesar de las diferencias señaladas, el problema central en la valoración –la incidencia en los flujos de caja de los títulos de las posibilidades de amortización anticipada de los préstamos de respaldo– es común en ambos mercados, siendo éste un aspecto clave en la metodología de valoración empleada. De hecho, el diferente tratamiento de esta cuestión entre los distintos métodos de valoración es lo que permite un análisis comparativo de los resultados obtenidos con cada uno de ellos.

En los métodos más simples de valoración, englobados dentro del denominado enfoque estático, se utiliza el tradicional descuento de flujos de caja trabajando como si el entorno fuese determinista. En estos modelos, calificados como “modelos tradicionales” [Murphy (1991)] o “modelos actuariales” [Frachot y Gourieroux (1995)], se asumen porcentajes de amortización anticipada futuros determinados mediante simples hipótesis más o menos arbitrarias² o median-

¹ En el caso español, los activos cedidos son las participaciones hipotecarias vinculadas a dichos préstamos, lo que no representa ningún problema añadido respecto al análisis aquí realizado.

² En el caso del mercado norteamericano es habitual el empleo de diferentes “reglas de mercado” como el criterio de la vida media, la regla de la PSA, o la adopción de un porcentaje constante de cancelación para todos los períodos [véase Martin (1994:25)]. Este último es el que suelen utilizar las Sociedades Gestoras de los Fondos de Titulización en nuestro país para determinar, a efectos meramente ilustrativos, el valor de variables tales como la vida media y la duración de los títulos en sus folletos de emisión.

te el empleo de modelos de cancelación anticipada y deben ser vistos como meras aproximaciones a los métodos más complejos. De esta forma, el enfoque estático enfatiza la importancia de la función de cancelación anticipada, suponiendo que el mercado es estático en el sentido de que ignora los cambios estocásticos en los tipos de interés.

En líneas generales, los modelos incluidos en esta categoría parten de un determinado modelo de cancelación anticipada obtenido empíricamente con el fin de establecer la proyección de los flujos de caja futuros del título.³ Una vez adoptado un modelo de cancelación específico, se supone que los flujos de caja que proporciona el título en base a aquel modelo son ciertos y, en consecuencia, su valor se obtiene descontando dichos flujos de caja. Como tipo de descuento se emplea el del cupón correspondiente a un título de idéntica calidad crediticia, emitido a la par y de reciente aparición en el mercado. El valor así obtenido se compara entonces con el que presenta el título en el mercado con el fin de analizar si el mismo está infra o sobrevalorado. Esto representa lo que Zipkin (1993:687) califica como “enfoque tradicional de valoración”, señalando que el mismo es el que permanece como método estándar en el mercado, si bien “puede producir valores distorsionados”.

De forma alternativa, la valoración en términos relativos también puede plantearse en relación al tanto interno de rendimiento del título, caso éste que resulta más habitual. Para ello, se toma como dado el precio del título en el mercado y se calcula el rendimiento que proporcionaría el título asumiendo como ciertos los flujos de caja determinados con el modelo de cancelación anticipada. Ese tanto interno de rendimiento se compara con el de un título del Tesoro de vida media o duración similar con el fin de obtener el margen entre ellos.

Junto a los clásicos problemas asociados al empleo de un rendimiento ex-ante como la implícita reinversión a dicho tipo de los flujos de caja obtenidos, el análisis convencional de los MBS presenta una serie de inconvenientes. El primero de ellos es que la diferente distribución temporal de sus flujos de caja con respecto a la de los títulos del Tesoro dificulta su comparabilidad en términos de tantos internos de rendimiento. En efecto, en el caso del MBS el nominal del título no se devuelve íntegramente al final de la operación sino que se va amortizando de forma paulatina junto al pago de intereses. A este respecto, conviene recordar que, dependiendo de la forma de la estructura temporal de tipos de interés es posible encontrar diferencias en los tantos internos de rendimiento de títulos con el mismo riesgo pero con diferente distribución temporal de los flujos de caja sin que ello represente ineficiencias en el mercado. El segundo inconveniente hace referencia al hecho de que mientras el título del Tesoro no lleva ninguna opción incorporada, el MBS lleva opciones implícitas que deben reflejarse en su precio. En este enfoque se presupone que los tipos de interés no varían y, consecuentemente, tampoco los flujos de caja por lo que al tanto interno de rendimiento obtenido se le denomina *static cash-flow yield*. Sin embargo, resulta obvio que al menos una parte de esos flujos futuros va a depender de los niveles en que se sitúen los tipos de interés debido al riesgo de cancelación anticipada de los préstamos de respaldo, de forma que la volatilidad de los tipos de interés es un determinante de su valor.

³ Los modelos que valoran los títulos estimando previamente la función de cancelación anticipada están sujetos a todas las críticas que pueden establecerse sobre la determinación de esa función de cancelación empírica. En este sentido, tal y como señalan Archer y Ling (1993:374) y Stanton (1995:678) aunque este tipo de modelos es capaz de recoger la conducta de cancelación financieramente no óptima, su vulnerabilidad recae en la dependencia respecto a los datos utilizados además de aceptar la conducta de cancelación sin motivación racional desde un punto de vista económico.

A pesar de estos inconvenientes, autores como Murphy (1991:38) indican que, a finales de la década de los ochenta, estos modelos eran “los más frecuentemente utilizados en la práctica”. Sin embargo, como respuesta a los inconvenientes señalados surgieron en la literatura modelos en tiempo continuo basados en la teoría de valoración de los derechos contingentes en los cuales sí se tenía en cuenta el comportamiento estocástico de los tipos de interés. Estos modelos, correspondientes al denominado enfoque dinámico, incorporan la consideración de variables de estado estocásticas que influyen en la valoración de los activos. La idea subyacente es que, al considerar las opciones implícitas en los préstamos de respaldo de los títulos, ambos tipos de activos pueden ser tratados como derechos contingentes cuyo valor depende del que adopten determinadas variables de estado por lo que puede aplicarse la teoría de valoración de los derechos contingentes.⁴ Para ello se parte de la modelización previa de esas variables de estado con el fin de llegar a una ecuación diferencial en derivadas parciales que permita valorar los títulos exigiendo el cumplimiento de la tradicional condición de no arbitraje. Hay que tener en cuenta, no obstante, que las características de estos títulos provocan que la resolución de la ecuación sea más complicada para ellos que para otros activos ya que, como señalan Buser y Hendershott (1984), el valor de la opción del prestatario de cancelación del préstamo es sensible a múltiples factores como la trayectoria de tipos de interés esperada, la variación alrededor de dicha trayectoria, la aversión al riesgo y los costes de refinanciación entre otros. Así, la aplicación de la metodología de valoración de los derechos contingentes para opciones sobre bonos de este tipo es conceptualmente más difícil y operativamente menos fidedigna que la aplicación análoga para opciones sobre acciones.

Generalmente dicha ecuación no puede resolverse de forma analítica sino que deben emplearse procedimientos numéricos. A este respecto, los métodos numéricos de resolución para este tipo de ecuaciones –forward y backward– presentan problemas cuando el activo que se pretende valorar es un MBS, en el que, junto al hecho de incorporar opciones implícitas de tipo compuesto, la trayectoria pasada de los tipos de interés es relevante en la valoración al condicionar la cuantía cancelada en los períodos anteriores. Cada uno de estos dos aspectos dificulta el procedimiento de resolución de la ecuación según sea el método empleado.

En una estructura de valoración forward se generan trayectorias para las variables de estado que permiten determinar los flujos de caja en cada uno de los períodos futuros por lo que debe partirse de la estimación previa de los parámetros que permiten caracterizar la distribución de dichas variables. El valor del derecho contingente se obtiene como la media de los valores obtenidos en cada una de las trayectorias.

El procedimiento forward permite tratar el problema de la dependencia del valor de la trayectoria de las variables de estado pero en cambio no puede manejar la problemática de la terminación endógena derivada de la opción compuesta. En contraposición, los métodos backward sí permiten tratar la terminación endógena al partir de la condición terminal en la medida en que el valor del activo en dicha fecha es conocido, por lo que con las adecuadas condiciones de contorno también puede serlo en el período previo. Trabajando de forma recursiva, se obtiene el valor en el momento actual partiendo del valor conocido en la fecha futura. Sin embargo, aquí la depen-

⁴ Al hablar en términos de más de una opción se está haciendo referencia tanto a la opción call de cancelación anticipada de los préstamos subyacentes como a la opción put correspondiente a su fallido, la cual tiene para los inversores las mismas implicaciones que la opción call anterior si se han dotado garantías suficientes en el proceso de titulación.

dencia de la trayectoria pasada de las variables de estado representa un problema pues con este método la determinación del valor del activo en cada momento se realiza desconociendo ésta ya que los métodos backward descansan en la hipótesis de que el valor del activo no depende de la trayectoria previa de la variable de estado, sino que sigue un proceso Markov y esta condición no la verifica el activo que se pretende valorar aquí. De hecho, como indican Fong *et al.* (1997:176) esa dependencia complica extraordinariamente el empleo del método de diferencias finitas por lo que, según ellos, debe confiarse en la simulación por Monte Carlo mediante la generación de múltiples trayectorias en las que se asume que los tipos de interés siguen un proceso de Itô. Este es precisamente uno de los métodos que se empleará en este trabajo.

La proliferación de los modelos de valoración de derechos contingentes hipotecarios en la literatura ha ido acompañada de la lógica complicación en su formulación debido al intento de cubrir el mayor número posible de características de los activos a valorar. Así, se ha pasado de modelos con una sola variable de estado —el tipo de interés instantáneo— a modelos que incorporan dos o más variables de estado entre las que se incluyen tanto tipos de interés a largo plazo como el propio valor de la vivienda hipotecada con el fin de modelizar también los fallidos. No obstante, no existe una postura unánime en la literatura sobre la idoneidad de emplear un modelo u otro ya que cuantas más variables se incluyan más realista será el modelo pero también menos tratable. Así, a pesar de que existen autores [Chatterjee (1992:4)] que indican que el modelo más general debe considerar las tres variables de estado señaladas, este tipo de modelos es poco habitual. De hecho, Kariya y Kobayashi (2000:190) afirman que “la cancelación anticipada debida a los fallidos suele ignorarse por parte de la literatura, debido a su reducido volumen en préstamos hipotecarios”.⁵

La mayoría de estos modelos hace referencia a la valoración de activos a tipo fijo considerando una conducta de cancelación anticipada óptima ya que, si bien existen razones para justificar la que sería conducta de cancelación no óptima, como indican Kau y Keenan (1995:203–231) “todavía no existen trabajos en la literatura que hayan modelizado estos aspectos de una forma satisfactoria, aunque exista un grueso de la literatura empírica que sugiere los factores relevantes”.

Sin embargo, el hecho de que en estos modelos se requiera la estimación previa de los parámetros que determinan los procesos de difusión de las variables de estado así como la prima de riesgo de interés del mercado, unido al deseo de los participantes en el mercado de valorar los activos en términos de sus tantos de rendimiento ha llevado al empleo generalizado por parte de éstos de la metodología del margen ajustado a la opción (Option Adjusted Spread u OAS) para valorar MBS, en la que sí se tiene en cuenta la dependencia de los flujos de caja de los tipos de interés. Este hecho ha motivado que dicho procedimiento constituya una de las propuestas con mayor atención por parte de la literatura, lo que justifica su análisis en la siguiente sección. Tras ella, la sección tercera constituye la parte central de este trabajo ya que en la misma se emplean

⁵ Según Kau y Keenan (1995:232) una motivación para ignorar el riesgo de fallido “es el de liberar poder computacional para simular estructuras temporales de tipos de interés con mayor riqueza”. Por otra parte, tal y como indican Kau *et al.* (1992:280), “la contribución marginal al fallido es pequeña siempre que la volatilidad del valor de la vivienda y el ratio préstamo/valor vivienda no sea elevado por lo que un modelo sin la opción de fallido explícita no necesariamente representa una infravaloración en el valor del préstamo”. En el caso español, al menos por lo que hace referencia a la segunda condición puede indicarse que generalmente dicho ratio presenta valores reducidos en los préstamos titulizados.

procedimientos en los que no y sí se tiene en cuenta la estocasticidad de los tipos de interés con el fin de comprobar si se ponen de manifiesto diferencias sustanciales al emplearlos para valorar un BTH emitido a tipo fijo. La cuarta y última sección resume las principales conclusiones obtenidas.

2. VALORACIÓN DE LOS MBS EN EL MERCADO. METODOLOGÍA OAS

Con la metodología OAS se realiza una valoración en términos relativos, con el fin de obtener no el precio del título en el mercado sino el margen existente frente a los títulos libres de riesgo. Para ello, y a diferencia de los modelos de valoración de derechos contingentes, no presupone que la opción de cancelación anticipada siempre se ejercita de forma óptima por los prestatarios sino que emplea modelos de cancelación anticipada empíricos, teniendo así también en cuenta la conducta de cancelación financieramente no racional.⁶ Por su parte, la diferencia con los modelos deterministas representativos del enfoque estático estriba en el hecho de que la metodología OAS sí tiene en cuenta la variabilidad de los tipos de interés y cómo ésta afecta al valor de las opciones de cancelación implícitas en el título.

Esta metodología goza de una amplia utilización en el mercado hipotecario estadounidense, siendo considerada por Huang y Xia (1996:31) como la medida de valoración relativa estándar en un entorno de tipos de interés volátiles. De igual forma, Breeden (1997:66) indica que “aunque en años recientes ha habido críticas a los modelos OAS [...], los modelos OAS siguen prevaleciendo”.

Específicamente, con este procedimiento se mide el margen en puntos básicos del título en relación al rendimiento del activo libre de riesgo después de ajustar por los efectos de las opciones implícitas. Con el fin de solventar la incoherencia que representaba en el enfoque estático el hecho de que un mismo título del Tesoro pudiese servir para la comparación de dos MBS completamente distintos en cuanto a sus previsiones de flujos de caja pero de idéntica duración o vida media, se utiliza la estructura temporal de los tipos de interés (ETTI, en adelante) observada para los títulos del Tesoro en la fecha de valoración en lugar de emplear un único título como referente comparativo. A partir de ahí, y asumiendo una determinada hipótesis sobre la volatilidad de los tipos de interés, se calculan los flujos de caja futuros del título empleando un modelo de cancelación anticipada. El objetivo último radica en la cuantificación no del incremento de rendimiento del MBS sobre el de un título del Tesoro comparable sino de aquella cuantía en la que habría que incrementar todos los tipos de la curva que define la ETTI con el fin de poder hallar el precio de mercado del MBS mediante el descuento, con la nueva curva, de los flujos de caja que éste genera.

De esta forma, si el MBS no tuviese ningún riesgo adicional al de los títulos emitidos por el Tesoro, el valor descontado de sus flujos de caja debería coincidir con su valor de mercado; esto es, su margen debería ser nulo. No obstante, debido a los riesgos inherentes al título su valor de

⁶ En palabras de Hayre (1991:79): “en el mercado hipotecario, donde los modelos OAS prevalecen, prácticamente siempre se emplean métodos de simulación y las reglas de cancelación anticipada (modelos de cancelación) presentan poca relación con los tradicionales métodos de valoración de opciones [...] Son modelos que representan un enfoque de comportamiento o estadístico más que un enfoque de valoración de opciones”.

mercado será inferior al de los flujos descontados por lo que deberá existir un margen que, añadido a la ETTI, genere una nueva curva que permita obtener el valor del MBS como la suma de sus flujos descontados. A este margen se le conoce como margen estático.

Dado que en el cálculo del margen estático no se está teniendo en cuenta la posible volatilidad de los tipos de interés –se asume que los niveles de amortización anticipada serán los esperados porque no se producirán variaciones no anticipadas en los tipos de interés–, el siguiente paso consiste en incorporar en el análisis dicha volatilidad, lo que implica que los modelos OAS no suponen que los tipos futuros vayan a coincidir con los tipos forward. A este respecto, y como indican Fabozzi y Yueng (1998:176), existen básicamente dos metodologías para el tratamiento de la volatilidad en la valoración de títulos con opciones implícitas: los árboles binomiales y las simulaciones estadísticas mediante números aleatorios (Monte Carlo). Si bien el primer procedimiento resulta especialmente intuitivo, aquí se hará alusión únicamente al último porque, como indican Hayre y Lauterbach (1995:636): «parece proporcionar mayor flexibilidad para tratar con títulos complejos como los MBS...».

El procedimiento de Monte Carlo consiste en generar un número arbitrario K de trayectorias que los tipos de interés cupón cero pueden seguir aleatoriamente en el futuro a partir de la ETTI existente y una determinada hipótesis sobre su volatilidad, cuidando de no posibilitar situaciones de arbitraje. Lógicamente también deben generarse los flujos de caja asociados a cada una de las trayectorias de los tipos de interés. Esto implica simular no sólo trayectorias de tipos de interés de activos libres de riesgo para el descuento de los flujos de caja sino también trayectorias de tipos hipotecarios representativos de los tipos de refinanciación necesarios para calcular los flujos de caja de los títulos mediante el empleo de un modelo de cancelación anticipada. Según Sundaresan (1997:402), los tipos de refinanciación hipotecaria se computan en cada nudo a partir de una relación lineal con los tantos internos de rendimiento de los títulos de deuda pública con una duración similar a la de los préstamos -lo habitual es emplear títulos de deuda pública con duraciones comprendidas entre cinco y siete años-, suponiéndose así implícitamente que existe integración entre el mercado de deuda pública y el mercado hipotecario.

A partir de la generación de K trayectorias, el procedimiento para determinar el margen existente entre el título y la ETTI es el mismo que el seguido para hallar el margen estático. En esta ocasión, sin embargo, deberá aplicarse ese margen único a cada una de las K estructuras temporales que se derivan de las correspondientes trayectorias por lo que habrán K valores teóricos para el título. El margen buscado es el que consigue que el promedio de esos valores teóricos coincida con el precio del título en el mercado. Dicho margen es el que da nombre a esta metodología (*option adjusted spread* u *OAS*).

Matemáticamente, lo anterior se resume en la búsqueda de aquel margen ajustado a la opción (OAS) que permite resolver el siguiente sistema de ecuaciones:

$$V_k = \frac{FC_{1k}}{(1+R_{1k}+OAS)^1} + \frac{FC_{2k}}{(1+R_{2k}+OAS)^2} + \dots + \frac{FC_{nk}}{(1+R_{nk}+OAS)^n} = \sum_{t=1}^n \frac{FC_{tk}}{(1+R_{tk}+OAS)^t} \quad (1)$$

$$V = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K V_k \quad (2)$$

siendo:

FC_{tk} el flujo de caja esperado para el período t si los tipos de interés siguen la trayectoria k ;
 $\forall t = 1, 2, \dots, n. \quad \forall k = 1, 2, \dots, K.$

R_{tk} el tipo spot correspondiente al período t asociado a la trayectoria k ;

V_k el valor actual del título si los tipos de interés siguen la trayectoria k ;

V el precio del título en el mercado.

De esta forma, el OAS representa la prima por riesgo exigida por los inversores, la cual refleja no sólo la incertidumbre respecto a la cuantía y vencimiento de los flujos de caja por el riesgo de cancelación anticipada sino también aspectos relacionados con el riesgo de insolvencia y de liquidez, aspectos que, en referencia a nuestro mercado, no son en absoluto desdeñables.

La idea subyacente en esta metodología hace referencia al error que podría cometerse al elegir entre los títulos en el mercado tomando como único parámetro comparativo el margen que éstos presentan frente a títulos del Tesoro de similares características sin considerar la volatilidad de los tipos de interés. Obsérvese que títulos con un mayor margen estático pueden ser cancelados a la par por resultar el ejercicio de la opción atractivo para los deudores hipotecarios por lo que el rendimiento obtenido distaría considerablemente del esperado. Así, el margen ajustado a la opción se revela como el parámetro más adecuado para realizar la comparación entre títulos, razón por la que goza de un amplio uso en el mercado estadounidense.⁷ No obstante, el método OAS presenta también limitaciones en su aplicación. Entre ellas puede destacarse las siguientes:⁸

- a) Se sigue asumiendo implícitamente la hipótesis de que la reinversión de los flujos de caja se realizará a un tipo de interés igual al que se deriva de la ETTI más el margen (OAS) calculado ya que el OAS no es más que una generalización del tanto interno de rendimiento.
- b) La ineludible utilización de un modelo de cancelación anticipada para estimar los flujos de caja en cada trayectoria implica que los errores del modelo se trasladarán a los resultados obtenidos.⁹
- c) El resultado depende de forma crítica de los valores de los parámetros adoptados en la simulación, especialmente de la volatilidad de los tipos.¹⁰

⁷ En este sentido, Brown (1999:8) afirma que su elevado empleo junto con la demostración en la literatura de que las estimaciones de los OAS realizadas por los brokers están relacionadas con los rendimientos reales de los MBS permite suponer que dichas estimaciones son proxies razonables de los puntos de vista de los agentes respecto del exceso de rendimiento esperado sobre los títulos del Tesoro.

⁸ Además de los inconvenientes aquí señalados existen otros ligados a la forma de implementar la metodología. Un análisis de estas limitaciones puede consultarse en Babbel y Zenios (1992).

⁹ Sobre esta cuestión cabe destacar el desarrollo de modelos propios por las sociedades de inversión en el mercado norteamericano. En relación a ellos, existen autores como Fabozzi y Modigliani (1992:299) que opinan que «sus semejanzas parecen ser mayores que sus diferencias», mientras que otros como Carron y Hogan (1988:137), Finnerty y Rose (1991:77), Cheyette (1994:54) o Frachot y Gourieroux (1995:180) contradicen la anterior afirmación, indicando que la mayor parte de las diferencias en los resultados obtenidos por las distintas firmas se debe al empleo de diferentes modelos de cancelación anticipada.

¹⁰ Herskovitz (1989:50) amplía este aspecto al señalar que los modelos OAS muestran dos tipos de sensibilidad: frente a los parámetros –como la volatilidad o los del modelo de cancelación asumido– y frente “a los factores clave introducidos por tecnología de simulación”, la cual se refiere a los errores cometidos al agregar los resultados de las distintas trayectorias dada la distribución no simétrica de los precios de los títulos debido a la convexidad negativa que estos presentan.

- d) Debido a que esta metodología se centra en la búsqueda de un margen único sobre la curva de tipos, no puede incorporar la forma en que los márgenes de crédito varían con el vencimiento de los activos.

A pesar de todas las críticas y del hecho de que en este enfoque se realiza una valoración en términos relativos mientras que en los modelos teóricos de valoración de derechos contingentes se modeliza el valor teórico del título, no pueden deslindarse. Debe tenerse en cuenta que, como señalan Hendershott y Van Order (1987:21) en los modelos de valoración de derechos contingentes el valor del título es “el valor actual esperado de los flujos de caja, incluyendo cancelación anticipada y fallido, del préstamo, descontados al tipo de interés libre de riesgo, pero donde el valor esperado de ese tipo de interés, del cual dependen los futuros flujos de caja (debido a las cancelaciones anticipadas), se altera por un factor de ajuste del riesgo”. De esta forma, en base a la interpretación que tiene la solución de la ecuación diferencial de los modelos teóricos en términos de valor presente esperado, la analogía con la metodología OAS resulta evidente.

3. VALORACIÓN DE LOS BTH EN EL MERCADO ESPAÑOL

Normalmente, el valor de un título en el mercado, resultante de la intersección de los precios de oferta y demanda, se utiliza para contrastar la validez de los modelos teóricos de valoración. Sin embargo, en el mercado español de BTH la ausencia de negociación impide disponer de valores cotizados con los que contrastar si los mecanismos de formación de precios por parte de los agentes responden o no a la adopción de determinados modelos de valoración.

En cualquier caso, la presencia de estos títulos en las carteras de inversores institucionales como fondos de inversión obliga a las gestoras de éstos a valorarlos con el fin de determinar en cada fecha el valor liquidativo de las participaciones. El marco de referencia en este caso es la norma novena de la Circular 7/1990 de la Comisión Nacional del Mercado de Valores, relativa a los criterios generales de valoración, la cual indica que “los valores no cotizados se valorarán [...] aplicando criterios valorativos racionales admitidos en la práctica. En el caso de valores de renta fija no cotizada cuyo plazo de vencimiento sea superior a un año, y sin perjuicio de otras consideraciones, se tomará como valor de referencia el precio que iguale el rendimiento interno de la inversión a los tipos de mercado vigentes en cada momento”.¹¹

Ante la falta de cotización para estos valores, algunas sociedades gestoras han venido aplicando la norma anterior asumiendo para ello una determinada hipótesis sobre el nivel futuro de cancelación anticipada a partir de la cual se determinan los flujos de caja a descontar con el tanto interno de rendimiento vigente en el mercado para activos de similar riesgo. Esto es, definida la hipótesis sobre cancelación –que puede ser la prevista en el folleto de emisión de los títulos o la histórica si, habiendo transcurrido un número suficiente de períodos desde la emisión, ambas difieren–, se cuantifica la duración del título con el fin de determinar cuál es el título de renta fija con un riesgo crediticio y duración más cercanos a los del BTH para emplear su tanto de rendimiento en el descuento de los flujos de caja y determinar así su valor teórico.¹²

¹¹ Circular 7/1990, de 27 de diciembre, de la CNMV, sobre normas contables y estados financieros reservados de instituciones de inversión colectiva (BOE de 5 de enero de 1991).

¹² El artículo 5.8 de la Ley 19/1992 obliga a que los BTH tengan calificación crediticia, de forma que ésta sirve para encontrar su referente comparativo en cuanto al riesgo de insolvencia.

Una posibilidad alternativa para descontar los flujos de caja consiste en el empleo no del TIR de un título equivalente sino de la totalidad de la estructura temporal incrementada en la misma prima de riesgo que la necesaria en el título equivalente para obtener su valor de mercado. Nótese, sin embargo, que en cualquiera de los dos casos además de no vincular el nivel de cancelación anticipada a los tipos de interés futuros no se está contemplando la volatilidad de éstos, volatilidad que puede provocar que ese nivel de cancelación difiera del esperado. Es decir, en ambos casos se está trabajando dentro del enfoque estático, aspecto que, aunque pueda parecer sorprendente, no lo es tanto a la luz de la importancia menor que pueden tener estos títulos en sus carteras junto a las mayores dificultades inherentes al empleo de métodos en los que sí se tiene en cuenta el valor de la opción de cancelación.¹³

En el intento de corroborar la validez del procedimiento señalado o, por el contrario, poner de manifiesto que la utilización de metodologías más sofisticadas proporcionan resultados sensiblemente mejores que compensan las dificultades de su empleo, a continuación se obtendrá el valor de uno de los BTH emitidos en el mercado español utilizando diferentes procedimientos. En concreto, se intentará distinguir entre metodologías de valoración en las que no y sí se tiene en cuenta la volatilidad de los tipos de interés con la finalidad de observar si existen diferencias significativas entre los valores alcanzados con cada procedimiento.

Para ello se trabajará inicialmente siguiendo un enfoque estático utilizando tanto porcentajes de cancelación anticipada constantes como una función de cancelación anticipada. En cualquier caso, en esta primera fase del análisis la estructura temporal de tipos de interés se considerará únicamente a efectos del descuento de los flujos de caja, pero sin introducir volatilidad en dichos tipos, asumiendo de esta forma un universo de certidumbre donde los tipos forward coinciden con los tipos futuros. Así pues, dentro de esta primera etapa los flujos de caja se consideran pre-determinados en todos los casos, si bien serán distintos en función de la hipótesis concreta empleada. En una segunda etapa se introducirá la volatilidad en los tipos de interés rompiendo así la anterior identificación entre los tipos forward y los tipos futuros.

En relación al título que se va a emplear para comparar los resultados obtenidos con los distintos procedimientos, éste será el bono de titulización hipotecaria TDA1. A este respecto, conviene señalar que en el mercado español se han realizado únicamente tres emisiones de BTH a tipo fijo, cuyas denominaciones se corresponden con las de los fondos de titulización correspondientes (Hipotebansa I, TDA1 y TDA4). De entre éstos se ha escogido el bono TDA1 dado que el mismo es en el que en mayor medida se manifiesta la problemática del riesgo de cancelación anticipada pues mientras los bonos TDA4 constituyen un tramo protegido dentro de una emisión multiclasa –y, por tanto, con una cobertura parcial frente al riesgo de amortización anticipada–, en el caso de los bonos Hipotebansa I la protección frente al riesgo de cancelación anticipada es total ya que éste no se traslada a los inversores.

El título seleccionado pertenece a una emisión lanzada al mercado en diciembre de 1993 por parte de la sociedad gestora “Titulización de Activos (S.G.F.T.H.)”. La emisión, que tenía como valores de respaldo participaciones hipotecarias emitidas por diferentes Cajas de Ahorro¹⁴, estaba

¹³ Este hecho no parece ser privativo de las entidades participantes en nuestro mercado. Así por ejemplo, Murphy (2000:65), parafraseando a Dickerson (1997) y a Gonçalves y Barros (1998) indica que “debido a su complejidad, la mayoría de instituciones financieras originadoras de préstamos continúan utilizando modelos simples” y que los modelos dinámicos “no siempre están disponibles en las mesas de negociación de las entidades inversoras”.

constituida por 480 BTH con un nominal de 25 millones de pesetas cada uno calificados inicialmente por parte de Moody's como Aaa. Los títulos proporcionaban un interés fijo nominal del 8,55 % pagadero semestralmente en los meses de junio y diciembre durante un periodo no predeterminado, aunque estimado a priori en nueve años supuesta una tasa de cancelación anticipada constante del 7,5% anual durante toda la vida del FTH. Explícitamente aparecía en el folleto de emisión la mención al riesgo de cancelación anticipada que asumían los suscriptores y que ocasionaba la incertidumbre en cuanto a la duración de la emisión que como máximo alcanzaría la fecha de diciembre de 2015, momento en que serían amortizadas las participaciones hipotecarias más longevas.¹⁵

3.1. Enfoque estático

Dentro de este enfoque se han considerado tres posibles situaciones. En dos de ellas se supone un porcentaje de cancelación anticipada constante, bien el que aparece como previsión en las condiciones de emisión del título o bien el histórico obtenido desde la emisión hasta la fecha de valoración. En la tercera situación se trabaja con una función de cancelación previamente estimada que determina los porcentajes de amortización anticipada futuros en base a la estructura temporal de tipos de interés existente en la fecha de valoración, asumiendo implícitamente que los tipos futuros coincidirán con los forward derivados de dicha estructura. Así, en este último caso, el procedimiento utilizado es análogo al basado en el margen estático con la salvedad de que aquí se calcula no dicho margen sino el valor teórico del título bajo un margen nulo, lo que implícitamente significa asumir que el título no presenta riesgo alguno.

Las tres hipótesis corresponden, en líneas generales, a las prácticas habituales de los operadores de mercado y son las siguientes:

- Porcentaje constante que aparece en el folleto de emisión (7,5%);
- Porcentaje constante e igual al histórico en la fecha en que se valoran los títulos (18,03%)¹⁶;
- Porcentaje anual para cada período t (TAP_t) determinado en base a la función de cancelación señalada mediante (3), la cual constituye un modelo simplificado de la función de cancelación anticipada no lineal para los FTH a tipo fijo estimada en González (2001) .

$$TAP_t = \frac{0,02048642 t^{0,433534}}{1 + (0,051643 t)^{1,433534}} \cdot e^{31,54403(0,1428 - im_t)} \quad (3)$$

donde t define cada uno de los periodos semestrales considerados a partir de la fecha de valoración e im_t indica el tipo de interés hipotecario que teóricamente estará vigente en el mercado en el período t , el cual, restado al tipo de interés medio de los préstamos del pool TDA1 (14,28%), sirve para obtener el incentivo de refinanciación de cada periodo.

14 En concreto el 50% correspondía a participaciones hipotecarias emitidas por Ibercaja mientras que el 50% restante quedaba repartido a partes iguales entre participaciones emitidas por la Caja de Ahorros del Mediterráneo y la Caja de Ahorros Municipal de Burgos.

15 En realidad, niveles de cancelación anticipada superiores a los esperados provocaron la amortización total de la emisión un año antes de lo previsto.

16 Este es el porcentaje medio de cancelación anual suministrado por la Sociedad Gestora del FTH TDA1 correspondiente a junio de 1994.

Para determinar ese incentivo de refinanciación periodal, como proxies de los tipos hipotecarios (im_t) se ha tomado los tipos forward vigentes el 22 de junio de 1994 y correspondientes a los plazos $[1/2; 7+1/2]$, $[1; 8]$, ..., $[8+1/2; 15+1/2]$, derivados de la estimación de la ETTI del mercado español para efectuada por Díaz (1999) siguiendo la metodología de Contreras *et al.* (1996).¹⁷ Debe señalarse, no obstante, que los tipos spot superiores a diez años empleados para la obtención de tipos forward han sido calculados a partir de extrapolaciones de la estructura temporal ya que en la fecha de valoración los bonos a mayor plazo empleados en la estimación de la ETTI eran los correspondientes a diez años de plazo.

El hecho de tomar los tipos de interés de la deuda pública como proxies de los tipos hipotecarios resulta habitual en la literatura, asumiendo que existe una relación entre los tipos hipotecarios y los tipos de la deuda pública a largo plazo.¹⁸ En lo que hace referencia a nuestro país, dicha relación se ha constatado en Ferrer *et al.* (2001). Por otra parte, tal y como comprueban Navarro y Nave (1995), en el mercado español el tipo spot a siete años es el que permite recoger en mayor medida los movimientos del tramo a largo plazo de la curva, razón por la que se ha empleado aquí como sustituto del tipo hipotecario.

La cuantificación de los flujos de caja correspondientes a cada situación se ha realizado aplicando al cuadro de amortización que presentarían los bonos TDA1 en ausencia de cancelaciones anticipadas la hipótesis de cancelación concreta asumida.¹⁹ El procedimiento señalado permite obtener los valores que aparecen en la Tabla 1 para cada una de las tres hipótesis consideradas. En el mismo puede observarse que, al emplear la posibilidad que otorga la Ley 19/1992 sobre la cancelación total del pool cuando el saldo vivo sea inferior a un 10% del inicial, la cancelación total del título se produce con anterioridad al trabajar con la segunda hipótesis debido a lo elevado que es dicho porcentaje de cancelación.²⁰

Junto a los flujos de caja en cada uno de los períodos, la Tabla 1 recoge también el que sería el valor del título si pudiese asumirse que éste no está sujeto a ningún riesgo adicional al de cancelación anticipada.²¹ Dicho valor se obtiene descontando los flujos de caja mediante la ETTI correspondiente a la fecha de valoración, la cual aparece reflejada en el Gráfico 1. Nótese que en todos los casos el descuento de los flujos genera un valor financiero inferior a la par debido a que en dicha fecha todos los tipos spot de la curva superaban al tipo correspondiente al cupón del título. Si se hubiese utilizado una estructura temporal plana al 8,73% (tipo efectivo equivalente al 8,55% nominal pagadero semestralmente correspondiente a los cupones) el valor obtenido siempre hubiese sido el facial, inde-

17 Los autores desean agradecer a los profesores Díaz, Navarro y Nave, de la Universidad de Castilla-La Mancha, la disponibilidad de las estimaciones de la ETTI empleadas como datos en este trabajo.

18 Véase, por ejemplo, el trabajo de Schwartz y Torous (1989).

19 Debe puntualizarse que el cuadro de amortización que aparece en el folleto de emisión de los títulos se asume una hipótesis de cancelación constante del 7,5% anual, por lo que ha sido necesario construir el cuadro de flujos de caja en ausencia de amortizaciones anticipadas a partir de aquél.

20 El porcentaje anual constante utilizado en la hipótesis (b) es el 18,03%, muy superior al 7,5% contemplado en la hipótesis (a) y al 7,82%, que es el porcentaje anual medio resultante de utilizar la hipótesis (c).

21 Obviamente esto no es cierto para estos títulos, requiriéndose a este respecto la inclusión de una prima de riesgo con el fin de generar un menor valor descontado. No obstante, dado que aquí el objetivo radica en poner de manifiesto las diferencias obtenidas al asumir una u otra hipótesis de cancelación, al trabajar en ambos casos con la ETTI de los activos libres de riesgo la comparación sigue siendo válida.

Tabla 1
Flujos de caja TDA 1

En esta tabla se muestran los flujos de caja que proporcionará el título TDA 1 a cada uno de sus poseedores si se cumplen las siguientes hipótesis sobre el porcentaje de cancelación en cada uno de los períodos semestrales:

Hipótesis (a): porcentaje constante e igual al 7,5% (folleto emisión)

Hipótesis (b): porcentaje constante e igual al 18,03% (histórico)

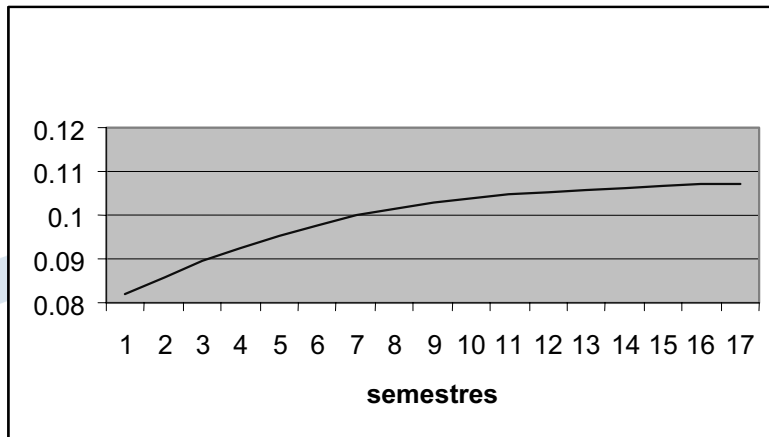
Hipótesis (c): porcentaje variable obtenido con la función de cancelación reflejada en el texto mediante (3)

Fecha	Hipótesis (a)	Hipótesis (b)	Hipótesis (c)
22.06.94	4253171	4253171	4253171
22.12.94	2543679	3733089	2354748
22.06.95	2541467	3419682	2460970
22.12.95	2408667	3017655	2392888
22.06.96	2270086	2649600	2293304
22.12.96	2139207	2323370	2185264
22.06.97	2014562	2033560	2072492
22.12.97	1887507	1770784	1949273
22.06.98	1752559	1529628	1812094
22.12.98	1626148	1318533	1679220
22.06.99	1484630	1121233	1528626
22.12.99	1351996	950121	1386061
22.06.00	1234533	805246	1258706
22.12.00	1122274	2848658	1137175
22.06.01	998065	0	1004997
22.12.01	888488	0	888739
22.06.02	787179	0	782104
22.12.02	2709387	0	2641909
Valor título	20970047	21314408	20959680
Par del título	21891709	21891709	21891709

Fuente: Elaboración propia.

pendientemente de la hipótesis asumida sobre el nivel de cancelación anticipada. La pendiente positiva de la estructura temporal de tipos provoca asimismo que cuanto mayor sea el porcentaje de cancelación anticipada en los primeros períodos mayor sea el valor del título pues el descuento de los flujos de caja a tipos elevados se produce cuando el saldo vivo –y con ello los flujos de caja– es ya reducido por haberse producido previamente dichas cancelaciones.

Gráfico 1
Estructura temporal tipos de interés 22.06.94



Fuente: Estimación realizada por Díaz (1999) siguiendo la metodología de Contreras et al. (1996).

3.2. Enfoque dinámico

En esta segunda etapa se incluye la volatilidad de los tipos de interés en la cuantificación de los flujos de caja en cada uno de los períodos. Para ello se utilizan dos procedimientos: la construcción de un árbol binomial a partir de la estructura temporal correspondiente al día de valoración (22 de junio de 1994) y la simulación de múltiples trayectorias para los tipos de interés en base a la previa estimación del modelo unifactorial de Cox, Ingersoll y Ross (1985) para el mercado español.

En ambos casos, para determinar el porcentaje de cancelación anticipada en cada uno de los períodos bajo la rama o trayectoria concreta asumida para los tipos de interés se empleará la función de cancelación señalada en la sección anterior como (3). De esta forma se trabaja en un marco en el que los flujos de caja dependen de los tipos de interés, lo que no ocurriría si se asumiese el mismo porcentaje de cancelación constante para cada uno de los períodos.

3.2.1. Simulación mediante un árbol binomial

Siguiendo a Windas (1996), en este trabajo se ha empleado un árbol recombinante en el que se modeliza el comportamiento del tipo de refinanciación vigente en el mercado hipotecario para cada una de las fechas t , que en nuestro caso son semestres. En particular, la determinación del tipo de interés correspondiente a cada nudo (im_{tj}) se realiza exigiendo el cumplimiento de la doble condición siguiente:

$$\sum_{j=0}^t p_{tj} \cdot im_{tj} = F_t \quad (4)$$

$$\frac{im_{tj}}{im_{tj-1}} = e^{2\sigma_t \sqrt{\Delta t}} \quad (5)$$

donde el subíndice t indica el período correspondiente mientras que el subíndice j hace referencia al nudo concreto dentro del período t en el que está situado ese tipo de interés en el árbol, de manera que al trabajar con un árbol recombinante para cada período t existen $t+1$ nudos.

Las condiciones anteriores indican que (4) la esperanza del tipo de interés para cada período –esto es, la suma aritmética de los valores del tipo de interés en cada nudo (im_{tj}) por la probabilidad de que se alcance dicho nudo (p_{tj})– debe coincidir con el tipo forward $[t, t+7]$ para dicho período calculado a partir de la ETTI vigente en la fecha inicial (F_t) y (5) que la relación entre los dos tipos de interés superior (im_{tj}) e inferior (im_{tj-1}) en el período t que surgen a partir de cada nudo en el período $t-1$ depende de la volatilidad correspondiente a dicho período (σ_t).²² En este caso dicha volatilidad se asume constante para todos los períodos ($\sigma_t = \sigma$).

Por las razones expuestas al incluir la hipótesis (c) en la etapa anterior, se emplea de nuevo la estructura temporal correspondiente a los tipos forward a un plazo de siete años si bien considerando ahora también la volatilidad histórica de los tipos correspondientes a dicho plazo (0,7863%). Análogamente al caso anterior, la determinación del tipo hipotecario –diferente en cada nudo– permite cuantificar el margen con el tipo fijo contractual.

De esta forma, el empleo de la función de cancelación anticipada señalada en la sección anterior permite determinar el porcentaje de cancelación correspondiente a cada nudo. Obsérvese, sin embargo, que a partir del segundo período no se obtiene un único flujo de caja para cada nudo ya que la cuantía de dicho flujo de caja dependerá de la trayectoria seguida por el tipo hipotecario hasta llegar a ese nudo pues la deuda viva sobre la que aplicar el porcentaje de cancelación será distinta según haya sido la trayectoria previa del tipo de interés.

El hecho de que el flujo de caja correspondiente a cada nudo dependa de la trayectoria previa seguida por los tipos de interés provoca que sea bastante costoso determinar todos los flujos de caja posibles cuando el número de nudos es muy elevado.²³ A título ilustrativo, aquí se han determinado los valores generados con las dos trayectorias más alejadas entre sí que permiten llegar a cada uno de los nudos del último período, esto es, las trayectorias en las que los tipos de interés toman los valores más altos y más bajos posibles para llegar a cada nudo final. El descuento de los flujos de caja se realiza de nuevo mediante la estructura temporal vigente en la fecha de valoración; es decir, se considera la volatilidad para determinar los tipos hipotecarios pero no para obtener los empleados en el descuento de flujos de caja.

²² La conjunción de estas dos condiciones provoca que para cada período t deba resolverse un sistema compatible determinado de $t+1$ ecuaciones con $t+1$ incógnitas. Nótese que al trabajar con un árbol recombinante, el número de nudos en el período t será $t+1$.

²³ De forma teórica, en este caso habría que considerar 2^{19} trayectorias. No obstante, debido a la aplicación de la hipótesis de cancelación total cuando el saldo vivo del pool sea inferior al 10% de su valor inicial, en muchas trayectorias los últimos períodos presentan flujos de caja nulos, reduciéndose así el número de valores posibles.

Tabla 2
Porcentajes de cancelación y flujos de caja de las trayectorias extremas en el árbol binomial

En esta tabla se muestran los porcentajes de cancelación y los flujos de caja asociados a cada una de las fechas de pago para el título si los tipos de interés siguen las dos trayectorias extremas, definidas por la rama superior del árbol, en la que los tipos siempre sufren un incremento al pasar de un período al siguiente, y por la rama inferior, en la que siempre disminuyen. Al trabajar con la función de cancelación empírica, los porcentajes de cancelación actúan de forma opuesta a las variaciones de los tipos.

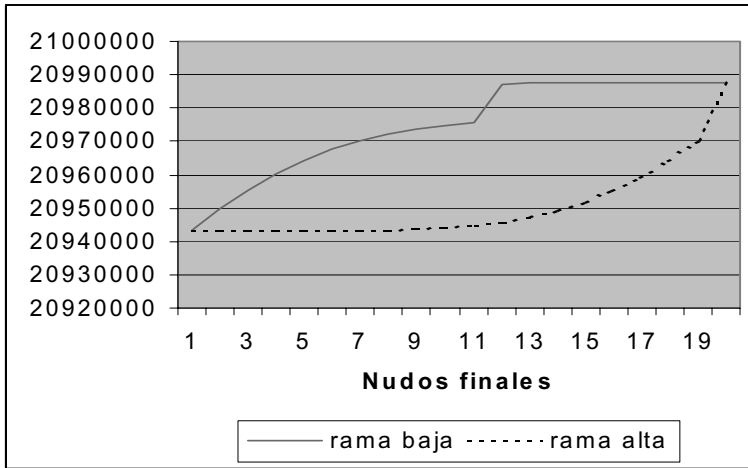
Fecha	Nudo 1 (extremo superior del árbol)		Nudo 20 (extremo inferior del árbol)	
	Porcentaje de cancelación anual	Flujo de caja	Porcentaje de cancelación anual	Flujo de caja
22.06.94	0,1803	4253171	0,1803	4253171
22.12.94	0,0570	2346991	0,0584	2362606
22.06.95	0,0631	2445553	0,0664	2476703
22.12.95	0,0668	2371479	0,0721	2414888
22.06.96	0,0693	2268101	0,0767	2319365
22.12.96	0,0709	2158604	0,0806	2212978
22.06.97	0,0721	2046642	0,0841	2099474
22.12.97	0,0728	1926217	0,0871	1973399
22.06.98	0,0732	1793363	0,0898	1831703
22.12.98	0,0732	1666198	0,0921	1692811
22.06.99	0,0729	1521721	0,0940	1535730
22.12.99	0,0724	1385701	0,0956	1386214
22.06.00	0,0716	1265317	0,0970	1251476
22.12.00	0,0707	1150669	0,0981	1122693
22.06.01	0,0697	1024079	0,0991	984661
22.12.01	0,0687	913091	0,0999	862954
22.06.02	0,0675	811065	0,1006	3090654
22.12.02	0,0663	2840730		
Valor TDA 1	20.943.214		20.987.686	

Fuente: Elaboración propia.

La representación gráfica de los valores del título bajo cada una de las trayectorias *superior* e *inferior* que permiten llegar a cada uno de los 20 nudos finales²⁴ aparece en el Gráfico 2 mientras que los porcentajes de cancelación, flujos de caja y valor del título únicamente en las dos trayectorias extremas se plasman en la Tabla 2. En el Gráfico 2 puede observarse como, debido

²⁴ Designarían las trayectorias seguidas por el tipo a largo plazo en las que éste toma mayores y menores valores, respectivamente, hasta llegar a dicho nudo.

Gráfico 2
Valores tda 1 bajo trayectorias superior e inferior para cada nudo final



Fuente: Elaboración propia.

a que todos los tipos de la ETTI en la fecha contemplada están por encima del tipo de interés equivalente al cupón del título, los valores financieros obtenidos trabajando con las trayectorias superiores (rama alta del árbol) son menores a los obtenidos al considerar las trayectorias inferiores (rama baja del árbol). Esto se debe a que las trayectorias elevadas de tipos de mercado representan menores incentivos de refinanciación en cada uno de los nudos intermedios hasta llegar al nudo final, de manera que, al presentar bajos porcentajes de cancelación anticipada, los flujos de caja serán menores en los nudos previos y mayores en los nudos del tramo final. Al estar la ETTI por encima del tanto del cupón y ser además creciente, los factores de descuento asociados a los últimos períodos son menores y por lo tanto, menor es el valor del título en aquellos casos en que los flujos de caja están más concentrados en el final.

En lo referente a los valores del título en los nudos extremos, lógicamente éstos son idénticos bajo ambas ramas ya que, de hecho, sólo existe una trayectoria posible para llegar hasta ellos. Por otra parte, el hecho de que en varios nudos se obtenga idéntico valor se debe al empleo de la hipótesis que recoge el artículo 5.3 de la Ley 19/1992, al considerar que a partir de un saldo vivo del pool inferior a un 10% de su valor inicial, éste se cancelará en su totalidad de forma anticipada. Si dicha cancelación total se produce con anterioridad al que sería el último período en ausencia de cancelaciones, los nudos posteriores a ése presentarán flujos de caja nulos, existiendo así trayectorias con idénticos flujos de caja en las que se obtiene, lógicamente, el mismo valor para el título.

Cabe señalar que los valores obtenidos con este procedimiento son muy similares a los alcanzados bajo las hipótesis (a) y (c) en el análisis estático anterior. Ello se debe a que en todos los casos el descuento de flujos de caja se realiza con los tipos de interés de la estructura temporal

vigente en el mercado en la fecha de valoración y las diferencias en los porcentajes de cancelación anticipada bajo ambas hipótesis no son lo suficientemente elevadas como para generar flujos de caja muy diferentes entre sí en cada período. Lógicamente, si la hipótesis asumida de volatilidad hubiese sido otra, los valores hubiesen sido diferentes, de manera que cuanto mayor fuese aquélla, mayor dispersión existiría en los valores obtenidos y mayores serían las diferencias de los resultados obtenidos con los del análisis estático. En cualquier caso, el resultado correspondiente a la situación (c) seguiría estando entre el menor y el mayor de los valores del árbol binomial al ser aquél simplemente un caso particular de éste cuando se considera volatilidad nula.

Dado que los resultados corresponden a una simulación sencilla en la que la única posibilidad de variación hace referencia a los tipos de interés que determinan el porcentaje de cancelación de cada período a través del incentivo de refinanciación pero no a los tipos de descuento, a continuación se amplía el análisis considerando diferentes trayectorias no sólo para los tipos a largo plazo sino para todos los tipos de la estructura temporal empleados en el descuento de los flujos de caja. Este análisis es el que se realiza en el apartado siguiente.

3.2.2. Simulación de trayectorias por Monte Carlo

En esta ocasión se simulan trayectorias para todos los tipos de interés de la estructura temporal, cada una de las cuales tiene asociado un conjunto de flujos de caja obtenido mediante el empleo de la misma función de cancelación ya utilizada en los apartados anteriores. Adicionalmente, y a diferencia de lo que se hacía en el apartado anterior, los tipos de interés de cada trayectoria también se utilizan para descontar los flujos con el fin de obtener el valor teórico de los títulos bajo el supuesto de que se diese dicha trayectoria en el futuro. De esta forma, y asumiendo que todas las trayectorias son equiprobables, el valor esperado del título se calcula como el promedio de los valores obtenidos en cada una de ellas. La valoración por simulación como la descrita constituye según Murphy (2000) “probablemente el más popular de los modelos dinámicos de valoración hipotecarios” a pesar de que, según Ho (1997), esta clase de modelos no se haya mostrado especialmente eficaz para explicar los valores de mercado de instrumentos complejos como pools hipotecarios, especialmente en momentos de elevada volatilidad.

El análisis que se va a realizar a continuación es, de esta forma, análogo al de la metodología OAS. Sin embargo, en esta ocasión, al no disponer de datos de mercado no se pretende obtener el margen que, añadido a los tipos de interés generados en cada una de las trayectorias, permita obtener valores teóricos para el título cuya media coincida con el propio valor de mercado del mismo, sino que, asumiendo que dicho margen es nulo, se obtiene el valor del título bajo cada trayectoria. La realización de un elevado número de trayectorias (10.000) permite obtener un histograma de las frecuencias de realización de los valores obtenidos.²⁵

En concreto, la simulación de las diferentes trayectorias para los tipos de interés se realiza empleando una discretización del modelo CIR (1985), el cual aparece reflejado en (6).

$$dr = \alpha(\gamma - r)dt + \sigma\sqrt{r}dW \quad (6)$$

²⁵ Este número de trayectorias se considera suficiente a tenor de las cifras señaladas por autores como Fabozzi (1997:405) –entre 100 y 1000– o Herskovitz (1989:47), quien indica que “el empleo de un número menor a 250 trayectorias puede conducir a cierta inestabilidad y un potencial sesgo estadístico”.

donde:

r constituye la variable de estado representativa del tipo de interés instantáneo;

$\alpha (\gamma - r)$ define la tendencia del proceso, esto es, el cambio esperado en r durante un intervalo de tiempo infinitesimal dt , siendo γ el tipo de interés al que tiende r y α el parámetro que mide la velocidad de ajuste a la que tiende r hacia γ ;

σ es el parámetro que permite definir la varianza del proceso ($\sigma\sqrt{r}$), la cual depende del nivel de tipos de interés; y, finalmente,

dW representa el incremento de una variable que sigue un proceso de Wiener estándar unidimensional.

El carácter unifactorial de este modelo conlleva que, a diferencia de otros procedimientos de simulación en los que deben asumirse hipótesis sobre la correlación entre los tipos a corto y a largo plazo y sobre sus volatilidades para generar distintas trayectorias para cada uno de ellos²⁶, aquí los valores de toda la estructura temporal vengan determinados por el tipo instantáneo, que es el empleado en la simulación.²⁷

La generación de diferentes trayectorias para r_t a partir del valor conocido en el período anterior (r_{t-1}) exige la previa estimación de los parámetros α , γ y σ que caracterizan el proceso riesgo neutral que sigue el tipo de interés instantáneo. La obtención de dichos parámetros se ha realizado mediante una regresión de sección cruzada empleando la ETTI real existente en la fecha de valoración, de manera que los parámetros estimados son aquellos que provocan una menor divergencia entre la ETTI real y la correspondiente al modelo CIR con esos parámetros -suponiendo una prima de riesgo nula- en la fecha en que se valora el título. Los resultados alcanzados en la estimación de los tres parámetros son los siguientes: $\alpha = 0,01555545$; $\gamma = 0,12685273$ y $\sigma = 0,00011661$.

Como se ha señalado anteriormente, al trabajar con este modelo la ETTI correspondiente a cada fecha bajo cada una de las trayectorias simuladas puede obtenerse a partir del valor del tanto instantáneo asociado a esa fecha en dicha trayectoria. En concreto, dado el tanto instantáneo $r(t)$, el precio en t de un bono cupón cero emitido al descuento con vencimiento en T puede determinarse analíticamente a partir de la expresión (7).

$$P(r(t), t, T) = A(t, T) \cdot e^{-r(t)B(t, T)} \quad (7)$$

donde:

$$A(t, T) = \left[\frac{2de^{(\alpha+d)(T-t)/2}}{(\alpha+d)(e^{d(T-t)} - 1) + 2d} \right]^{2\alpha/\sigma^2}$$

²⁶ Véase, por ejemplo, los comentarios de Fabozzi (1997:413-414) sobre los supuestos asumidos en la simulación de la curva de tipos.

²⁷ Junto a esta ventaja, conviene reseñar que, según Rico (1999:467) el modelo CIR “es adecuado para explicar la formación de precios en el mercado español de deuda pública y para obtener la ETTI, a pesar del peor ajuste en el largo plazo”. Adicionalmente debe tenerse en cuenta que esta especificación ha sido utilizada con profusión en los estudios de valoración de préstamos en la literatura, tal y como indican Hendershott y Van Order (1987:22).

$$B(t, T) = \frac{2(e^{d(T-t)} - 1)}{(\alpha + d)(e^{d(T-t)} - 1) + 2d}$$

$$d = \sqrt{\alpha^2 + 2\sigma^2}$$

A partir del precio de un bono cupón cero emitido al descuento con un plazo hasta el vencimiento $T-t$, obtenido mediante la expresión (7) puede determinarse, a continuación, el tipo spot vinculado a dicho plazo empleando la relación existente entre ambas magnitudes, tal y como se refleja en (8).

$$(1 + R_{T-t})^{T-t} = \frac{1}{P(t, T)} \Rightarrow R_{T-t} = \left(\frac{1}{P(t, T)} \right)^{1/(T-t)} - 1 \quad (8)$$

Conviene señalar que, dado que el procedimiento empleado permite determinar tanto el tipo spot a siete años correspondiente a cada fecha bajo cada una de las trayectorias como el tanto interno de rendimiento teórico de un título emitido a diez años y que paga cupones semestrales al mismo tipo nominal que el título TDA1, se han utilizado ambas variables para aproximar los tipos hipotecarios que permiten determinar los incentivos de refinanciación en cada uno de los periodos. A este respecto, si bien los resultados obtenidos de ambas formas no deberían diferir en demasía –las duraciones de un título cupón cero a siete años y de un título a diez años con pago de cupones semestrales no son muy distantes entre sí para estructuras temporales con pendiente suave– el empleo del TIR del título teórico a diez años permite, en principio, recoger una mayor variabilidad en los tipos si el parámetro que representa la velocidad de ajuste hacia el tipo de equilibrio a largo plazo (α) es lo suficientemente elevado y el tipo inicial difiere considerablemente del tipo de equilibrio a largo plazo. Lo anterior se debe a que se está empleando un modelo unifactorial con reversión a la media, de forma que, en la medida en que mayor sea la velocidad de ajuste, más difícil será apreciar variaciones en los tipos spot a largo que en los tantos internos de rendimiento, en los que también influyen en su determinación los tipos spot correspondientes a un menor plazo.

Por otra parte, resulta conveniente reseñar que, si bien existen en la literatura modelos en los que se simula directamente el tipo hipotecario, lo habitual es que la simulación de éste se aproxime mediante los tipos de la deuda pública [Herskovitz (1989:47)]. Esto se debe al hecho de que los modelos de valoración de derechos contingentes hipotecarios están basados en el modelo neoclásico de competencia perfecta de forma que, tal y como indican Giliberto y Ling (1992:395), “los tipos hipotecarios en los modelos de mercados perfectos vienen determinados por el rendimiento de los títulos del Tesoro no cancelables anticipadamente y los valores de las opciones de cancelación y fallido implícitas”.

Los resultados obtenidos en las simulaciones aparecen en la Tabla 3, distinguiendo los dos casos señalados con anterioridad mediante la denominación de simulación 1 a la que como tipo hipotecario emplea el TIR a diez años del título teórico y simulación 2 a la que utiliza el tipo a contado a siete años. Estos resultados corresponden a los momentos muestrales de primer y segundo orden y los valores máximo y mínimo obtenidos en cada caso. Por otro lado, y con el fin de comprobar visualmente estos resultados, en los gráficos 3 y 4 se representan los dos histogramas correspondientes a la distribución de las frecuencias obtenidas para los distintos rangos de valores en las simulaciones 1 y 2, respectivamente.

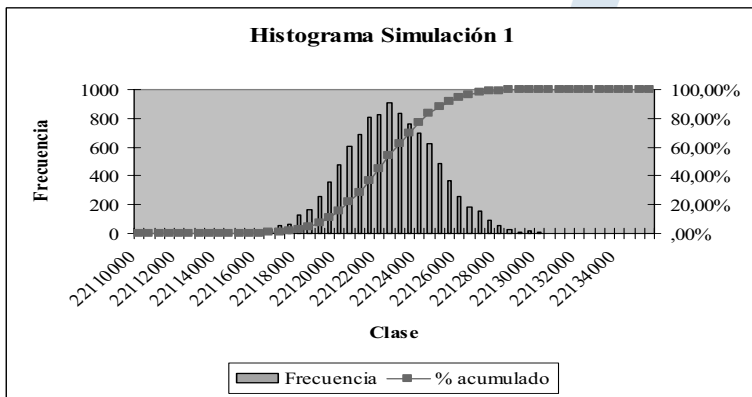
Tabla 3
Resultados correspondientes a las simulaciones 1 y 2

En esta tabla se muestran algunos estadísticos descriptivos de la serie de valores obtenidos para el título TDA 1 en la simulaciones realizadas empleando como proxy del tipo hipotecario en el mercado el tanto interno de rendimiento de un título teórico a diez años con pago de cupones semestrales al 8,55% nominal (Simulación 1) y el tipo spot a un plazo de siete años (Simulación 2). El descuento de los flujos de caja obtenidos en cada una de las trayectorias se realiza a los tipos de interés correspondientes a dicha trayectoria en la simulación realizada.

	Simulación 1 (TIR10)	Simulación 2 (T.Spot 7)
Media	22.122.291	22.121.936,9
Desviación Típica	2.310,3	2300,5
Valor máximo	22.130.554,5	22.130.167,1
Valor mínimo	22.113.942,8	22.113.620,9

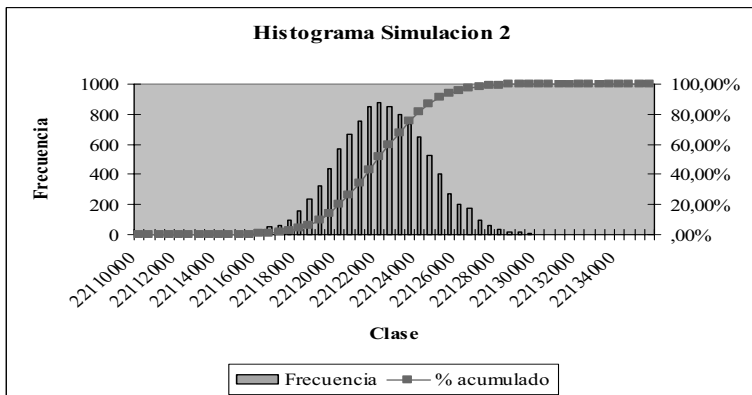
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4



Fuente: Elaboración propia.

La comparación de estos resultados con los alcanzados en el apartado anterior revela como los valores obtenidos son considerablemente superiores a los derivados del empleo del árbol binomial. Cabe atribuir este hecho a que el árbol binomial se ha construido exigiendo como condición que la media aritmética ponderada de los tipos de interés representativos del largo plazo en cada uno de los nudos sea igual al tipo forward a un plazo de siete años a partir de la fecha correspondiente a cada nudo. De esta forma, al haber partido de una estructura temporal con pendiente positiva (véase Gráfico 1), los tipos forward a siete años utilizados en cada uno de los períodos en que se divide el árbol son bastante elevados –en concreto, todos ellos se sitúan en un rango comprendido entre 10,66% y 11,19%– por lo que, al tomar dichos tipos como proxies de los hipotecarios, los porcentajes de cancelación estimados para los períodos futuros son reducidos.

En contraposición, en las simulaciones realizadas en base al modelo CIR el tipo a largo plazo para cada fecha en cada una de las trayectorias no viene totalmente condicionado por la curva forward concreta existente en la fecha de valoración sino que depende, además de los parámetros estimados para dicho modelo, del valor que toma el tanto instantáneo en esa trayectoria para cada una de las fechas. En este caso, el empleo de esta metodología ha conllevado la obtención de tipos de interés hipotecarios menores que los obtenidos en el árbol binomial, independientemente de que se haya considerado como proxy de éstos los tipos spot a siete años o los teóricos tantos internos de rendimiento de títulos a diez años, por lo que los porcentajes de cancelación asociados a los mismos son superiores.

Así pues, la diferencia en los porcentajes de cancelación combinada con la estructura de tipos a la que se descuentan los flujos de caja provoca que en aquellos casos en que el vencimiento medio de los flujos está más próximo a la fecha de valoración, el valor de los títulos sea superior. No obstante, también es cierto que mientras en el árbol binomial el descuento de los flujos de caja se realiza empleando la ETTI vigente en esa fecha, en las simulaciones los tipos de descuento han sido distintos en cada una de las trayectorias, por lo que las diferencias en los resultados obtenidos en cada caso pueden asimismo obedecer a este hecho.

Para poner de manifiesto el último aspecto señalado, se han utilizado las mismas trayectorias generadas en las simulaciones 1 y 2 pero realizando ahora el descuento de los flujos de caja generados en cada trayectoria mediante la ETTI correspondiente a la fecha de valoración, al igual que se hizo en el árbol binomial. De esta forma, ahora la simulación únicamente afecta a los tipos a largo plazo que determinan la cuantía de los flujos de caja en cada período pero no a su descuento, facilitando así la comparación de los resultados. De forma análoga al caso anterior, se ha trabajado alternativamente empleando el TIR teórico de títulos a diez años con un cupón del 8,55% pagadero semestralmente y el tipo spot a siete años, denominando ahora a estas simulaciones 3 y 4, respectivamente.

Los resultados obtenidos aparecen en la Tabla 4 y en los gráficos 5 y 6. En relación a ellos puede comprobarse que, aunque en mucha menor medida que antes, se siguen obteniendo valores superiores a los alcanzados mediante el empleo del árbol binomial, lo que justifica la validez de los argumentos expuestos con anterioridad.

En esta ocasión se obtienen resultados inferiores a los alcanzados en las simulaciones 1 y 2 debido, lógicamente, a las diferencias existentes entre las funciones de descuento empleadas en cada caso. A este respecto, los valores que tomaba el tipo instantáneo en las distintas trayectorias (dependientes, en última instancia, de los valores estimados para los parámetros del mode-

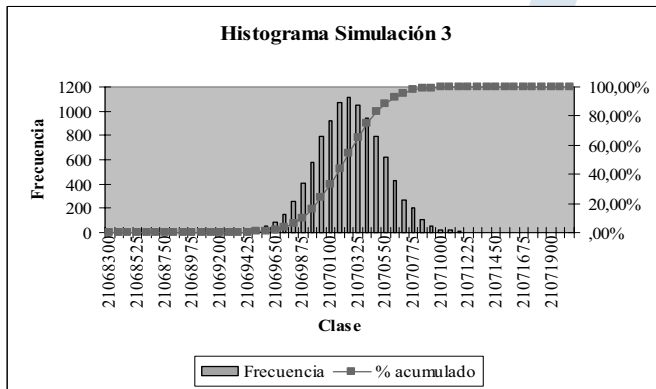
Tabla 4
Resultados correspondientes a las simulaciones 3 y 4

En esta tabla se muestran algunos estadísticos descriptivos de la serie de valores obtenidos para el título TDA 1 en la simulaciones realizadas empleando como proxy del tipo hipotecario en el mercado el tanto interno de rendimiento de un título teórico a diez años con pago de cupones semestrales al 8,55% nominal (Simulación 3) y el tipo spot a un plazo de siete años (Simulación 4). En esta ocasión el descuento de los flujos de caja obtenidos en cada una de las trayectorias se realiza siempre con la ETTI vigente en la fecha de valoración.

	Simulación 3 (TIR10)	Simulación 4 (T.Spot 7)
Media	21.070.220,3	21.073.669,1
Desviación Típica	272,8	278,4
Valor máximo	21.071.196,8	21.074.665,2
Valor mínimo	21.069.229,9	21.072.658,1

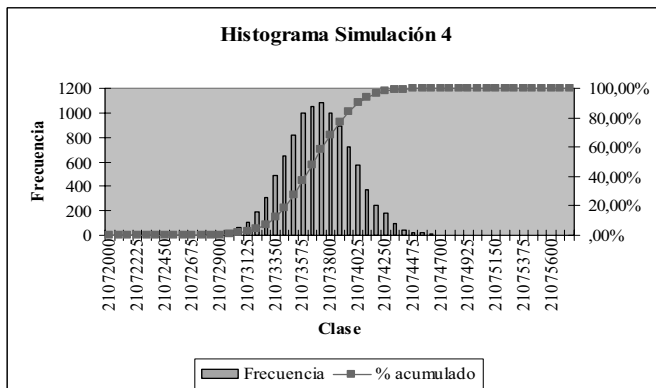
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6



Fuente: Elaboración propia.

lo) provocaban en todos los casos que los flujos se descontasen con tipos superiores a los correspondientes a la estructura temporal de tipos vigente en la fecha de valoración. En este sentido, la variación al alza tanto del parámetro representativo de la velocidad de ajuste hacia el tipo de equilibrio a largo plazo como la de este último provocaría que los valores obtenidos en las simulaciones 1 y 2 fuesen inferiores y, por tanto, más semejantes a los correspondientes a las simulaciones 3 y 4 si bien para conseguir que las diferencias entre ambos fuesen mínimas sería necesario que los parámetros señalados aumentasen espectacularmente.²⁸

Otro aspecto que se deriva de las diferencias en las funciones de descuento empleadas en cada caso es el relativo a la dispersión obtenida en los resultados de las distintas simulaciones. Dado el reducido valor del parámetro representativo de la volatilidad en el modelo y, especialmente, que dicha volatilidad sólo afecta a la cuantificación de los flujos de caja en cada una de las trayectorias pero no a su descuento en el caso de las simulaciones 3 y 4, la desviación típica correspondiente a los resultados en estas simulaciones es notablemente inferior a la obtenida para las simulaciones 1 y 2.

A modo de resumen, el Gráfico 7 refleja los valores obtenidos al emplear los distintos métodos considerados en este trabajo. En el mismo puede apreciarse que, al tener en cuenta la cancelación no dependiente de los tipos de interés, aparece la posibilidad de que el valor obtenido supere al facial, tal y como ocurre aquí cuando los tipos de interés simulados son los empleados en el descuento de los flujos de caja (simulaciones 1 y 2), lo cual no sería posible bajo un modelo de cancelación anticipada óptima con costes de transacción nulos. Por el contrario, en el resto de casos, en que para descontar los flujos de caja se emplea la estructura temporal correspondiente a la fecha de valoración, el valor obtenido siempre es inferior al facial debido a que el cupón del título es inferior a los tipos spot correspondientes a los períodos hasta el vencimiento de dichos flujos.

Ante la disyuntiva de qué procedimiento emplear, es posible encontrar argumentos a favor de una u otra de las alternativas. En principio puede parecer más adecuado realizar simulaciones con un modelo estimado en el que los valores de los parámetros se han obtenido a partir de una muestra lo suficientemente representativa, pero debe tenerse en cuenta que el modelo unifactorial empleado no es consistente con la estructura temporal de tipos y de volatilidades existente en el mercado. Por otra parte, con el método empleado para construir el árbol binomial sí se utiliza la estructura temporal concreta de la fecha de valoración pero, a pesar de tener en cuenta la volatilidad de los tipos, los resultados obtenidos descansan en gran medida en la pendiente de la estructura forward implícita en esa fecha.

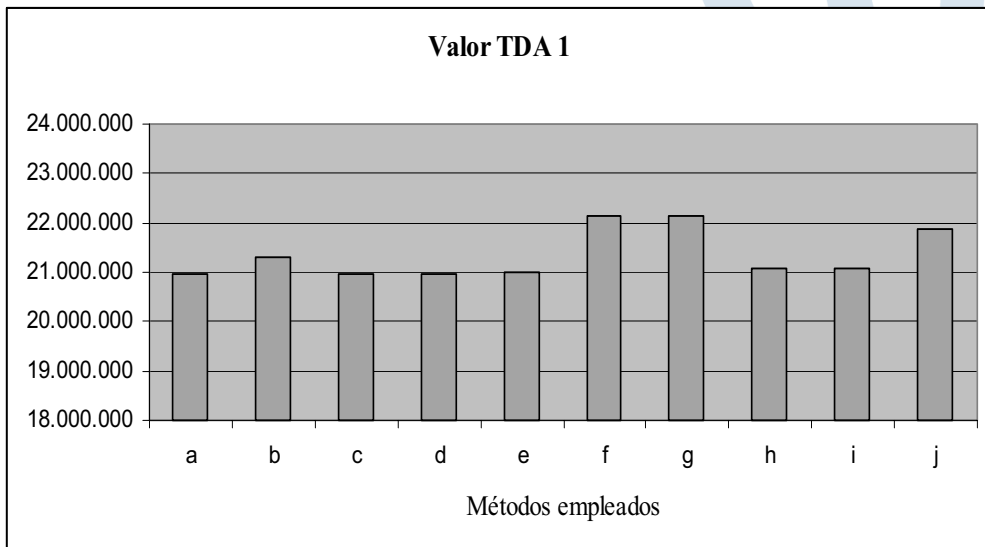
Debido a lo anterior, puede parecer más adecuado el último de los procedimientos empleados en el trabajo, ya que en el mismo la estocasticidad de los de interés sí se tiene en cuenta pero sólo para calcular los porcentajes de cancelación futuros ya que el descuento de flujos de caja se sigue realizando con la estructura temporal vigente en la fecha de valoración. Con este método,

²⁸ Por ejemplo, la velocidad de ajuste hacia el equilibrio debería aumentar hasta 0,22 para obtener resultados prácticamente idénticos entre ambos tipos de simulaciones. Debe señalarse, a este respecto, que la modificación de los parámetros del modelo CIR no sólo afecta a los valores obtenidos en las simulaciones 1 y 2 sino que también afecta a los correspondientes a las simulaciones 3 y 4, ya que en este caso los flujos de caja asociados a cada uno de los períodos dependen del nivel de cancelación anticipada, el cual, a su vez, depende de la relación existente entre el tipo contractual y el tipo de mercado que es el obtenido en la simulación. No obstante, a pesar de esa dependencia, la variación en los resultados sería notablemente inferior a la sufrida por los valores obtenidos en las simulaciones 1 y 2.

Gráfico 7
Valor tda 1 según diferentes métodos

La notación empleada en el gráfico corresponde a los siguientes métodos:

- (a) enfoque estático con hipótesis porcentaje de cancelación constante e igual al del folleto de emisión (7.5%);
- (b) enfoque estático con hipótesis porcentaje de cancelación constante e igual al histórico en fecha valoración (18.03%);
- (c) enfoque estático con porcentajes de cancelación obtenidos mediante una función de cancelación estimada empíricamente;
- (d) valor nudo correspondiente al extremo superior del árbol binomial;
- (e) valor nudo correspondiente al extremo inferior del árbol binomial;
- (f) valor medio simulación 1;
- (g) valor medio simulación 2;
- (h) valor medio simulación 3;
- (i) valor medio simulación 4;
- (j) valor facial del título en la fecha de valoración.



correspondiente a las simulaciones 3 ó 4 según se tome como proxies de los tipos hipotecarios el tanto interno de rendimiento de títulos del Estado a 10 años o el tipo al contado a un plazo de 7 años, respectivamente, se obtienen valores bastante cercanos a los alcanzados con los distintos métodos englobados en el enfoque estático –las diferencias en términos relativos no superan el 1%– lo cual puede de alguna forma sustentar el empleo de los métodos más simples por parte de las entidades aún a pesar de no estar teniendo en cuenta el comportamiento estocástico de los tipos de interés.

Finalmente, conviene señalar que la obtención de valores diferentes con los distintos métodos puede interpretarse también como que la valoración de la opción implícita de cancelación que se realiza con cada uno de ellos es distinta. Así, si tenemos en cuenta que el valor del título en esa fecha en ausencia del riesgo de cancelación anticipada es igual a 22.792.632 u.m.²⁹, el valor de la opción implícita –obtenido como diferencia entre esta cifra y la correspondiente al valor del título bajo cada uno de los métodos– oscilaría entre 670.341 u.m. al utilizar la simulación 1 y 1.832.952 u.m. cuando se trabaja con la función de cancelación empírica pero dentro del enfoque estático. Nótese, sin embargo, que estos valores estarían reflejando la repercusión que puede tener toda la cancelación anticipada en el valor del título, tanto la *dependiente* como la *independiente* de los tipos de interés, ya que se está trabajando con una función de cancelación empírica y no con un modelo teórico de cancelación óptima. En la medida en que las cancelaciones dependientes e independientes de los tipos de interés tienen efectos contrapuestos en la rentabilidad de los inversores, y por tanto en el valor de los títulos, cuantificar la opción de esta forma supondría infravalorarla.

4. CONCLUSIONES

Partiendo de una breve revisión de la literatura existente sobre la valoración de mortgage-backed securities en la que se ponen de manifiesto los rasgos básicos de los principales enfoques existentes, en este trabajo se valora un bono de titulización hipotecaria a tipo fijo mediante diferentes procedimientos con el fin de comprobar si los resultados obtenidos con la utilización de métodos teóricamente más costosos computacionalmente pero también más adecuados por tener en cuenta la dependencia de los flujos de caja de los títulos a los tipos de interés, justifican las mayores dificultades inherentes a su empleo.

Dadas las características de los MBS en el mercado estadounidense –referente de la práctica totalidad de la literatura– en lo relativo a los riesgos de insolvencia y liquidez, el núcleo de los modelos de valoración se centra en afrontar la incertidumbre derivada de las cancelaciones anticipadas y su relación con los tipos de interés. Así, los aspectos básicos a considerar en dichos modelos hacen referencia tanto a la determinación de las probabilidades de cancelación anticipada en cada período como a la modelización empleada para describir la dinámica de los tipos de interés.

Si bien desde un punto de vista teórico parece resultar más adecuado emplear la teoría de valoración de opciones para determinar el valor teórico de estos activos ya que los mismos incorporan de forma implícita una opción de cancelación anticipada, la conducta de cancelación financieramente no racional de los prestatarios hipotecarios puede ocasionar que los valores

²⁹ Se obtiene descontando con la ETTI vigente en el mercado los flujos de caja futuros que aparecen en el cuadro de amortización del título en ausencia de cancelaciones anticipadas.

obtenidos con esta metodología se alejen considerablemente de los existentes en el mercado. En este tipo de modelos la presunción de que la opción u opciones analizadas se ejercitarán de forma eficiente no es realista aún a pesar de que en alguno de ellos se tenga en cuenta la existencia de costes de transacción heterogéneos entre los prestatarios.

Por su parte, los modelos que asumen de forma exógena los porcentajes de cancelación anticipada a partir de una función de cancelación estimada empíricamente son más consistentes con la evidencia empírica al ser capaces de reconocer la conducta de cancelación no óptima pero, en contraposición, su validez descansa en demasía de los datos históricos de los que se nutren. De esta forma, caso de existir cambios estructurales en la población subyacente de prestatarios, su efectividad se vería notablemente mermada.

A pesar de las diferencias entre los dos enfoques, debe tenerse en cuenta que el principio básico de valoración subyacente en ambos casos es idéntico ya que el valor de un activo financiero puede ser contemplado como la actualización de sus flujos de caja esperados a un tipo o tipos de interés de descuento adecuados en función del riesgo percibido para dicho activo. Este principio es el seguido por todos los modelos de valoración, sin más diferencias que las mayores o menores simplificaciones realizadas sobre las variables que intervienen en cada caso. Así, en la ecuación diferencial en derivadas parciales que se obtiene con los modelos basados en la teoría de valoración de los derechos contingentes y cuya solución es el valor del activo, se exige como condición que el rendimiento esperado sea el del activo libre de riesgo más un ajuste por el riesgo inherente al mismo, condición que es análoga al principio de valoración anterior.

El mismo principio de valoración puede observarse en la metodología mayoritariamente utilizada en el mercado estadounidense, con la cual se intenta obtener el margen ajustado a la opción (OAS). En nuestro mercado la misma no resulta viable, sin embargo, ya que para obtener el margen ajustado a la opción resulta indispensable disponer de un mercado líquido, sin distorsiones en las cotizaciones de los títulos. A este respecto, los problemas de liquidez consustanciales al mercado español, además de impedir la disponibilidad de cotizaciones fiables para un análisis de este tipo y con ello la contrastación empírica de modelos teóricos de valoración, suponen un riesgo más para estos títulos. Dicho riesgo de liquidez, representa, junto al de insolvencia, un componente adicional de riesgo con respecto al de los títulos del mercado estadounidense, que son los habitualmente analizados en la literatura sobre valoración de MBS. Por lo tanto, estos dos riesgos suplementarios deberían también tenerse en cuenta en la valoración de los BTH, pudiendo incluso ser el riesgo de liquidez tan importante como el de insolvencia, a tenor del elevado rating que suelen obtener estos títulos en nuestro país.

En este trabajo se obvia, no obstante, la existencia de ambos riesgos ya que el objetivo se limita a poner de manifiesto las diferencias que pueden aparecer por el hecho de utilizar distintos enfoques en los que no y sí se tiene en cuenta la estocasticidad de los tipos de interés y su influencia en la determinación de los flujos de caja de los títulos pero que, en cualquier caso, se centran en el riesgo de cancelación anticipada, que es la característica diferenciadora de estos títulos frente al resto de títulos de renta fija.

Así pues, sin determinar en sentido estricto el valor de los títulos al no tener en cuenta los riesgos señalados, se ha efectuado una comparación de los resultados obtenidos en la valoración del bono TDA1 mediante un procedimiento simple basado en la metodología de valoración estática, que es el que emplean los inversores institucionales de nuestro país, con los alcanzados

empleando un procedimiento de simulación en el que sí se contempla la dependencia de los flujos a los tipos de interés de forma análoga a la metodología del margen ajustado a la opción. De esta manera, se ha utilizado una metodología que descansa en la consideración de una función de cancelación exógena y no un modelo teórico de valoración de opciones, lo que permite trabajar siguiendo un enfoque forward simulando distintas trayectorias posibles para los tipos de interés, y por consiguiente, para los flujos de caja futuros.

La simulación se ha realizado mediante dos procedimientos diferentes; inicialmente se ha trabajado construyendo un árbol binomial a partir de la estructura forward en la fecha de valoración pero considerando únicamente un reducido número de trayectorias y con posterioridad se ha simulado un número de trayectorias mucho mayor utilizando un modelo de comportamiento de los tipos de interés, por lo que ha sido necesario estimar previamente los valores de los parámetros que mejor ajustan dicho modelo a los datos utilizados.

Los resultados obtenidos muestran que las diferencias existentes en el valor de los títulos con el empleo de ambos enfoques pueden ser de cierta importancia además de depender lógicamente de las hipótesis asumidas en el procedimiento de simulación seguido. Estas diferencias se ponen de manifiesto al considerar no sólo incertidumbre en las proxies de los tipos hipotecarios que determinan los porcentajes de cancelación anticipada en cada uno de los períodos sino especialmente cuando dicha incertidumbre se incorpora también a los tipos de interés empleados en el descuento de los flujos de caja.

De esta forma, son incluso más importantes las diferencias en los resultados obtenidos con los dos procedimientos de simulación que las existentes entre el primero de ellos y los métodos empleados dentro del enfoque estático lo que, de alguna manera, permite no rechazar de forma taxativa estos últimos dada la ventaja que supone su simplicidad. De hecho, el enfoque estático, que es el empleado por las entidades que mantienen en sus carteras bonos de titulización hipotecaria a tipo fijo, puede ser considerado simplemente como un caso particular del enfoque dinámico sobre el que se han impuesto fuertes restricciones sobre el comportamiento de los tipos de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Archer, W. R. y D. C. Ling, 1993. Pricing Mortgage-Backed Securities: Integrating Optimal Call and Empirical Models of Prepayment, *American Real Estate and Urban Economics Association Journal*; 21(4), 373–404.
- Babbel, D. y S. Zenios, 1992. Pitfalls in the Analysis of Option-Adjusted Spreads, *Financial Analysts Journal*, July-August, 65–69.
- Breeden, D., 1997. Convexity and empirical option costs of mortgage securities, *The Journal of Fixed Income*, March, 64–87.
- Brown, D., 1999. The Determinants of Expected Returns on Mortgage-Backed Securities: An Empirical Analysis of Option-Adjusted Spreads, *The Journal of Fixed Income*, September, 8–18.
- Buser, S. A. y P. H. Hendersott, 1984. Pricing default-free fixed rate mortgages, *Housing Finance Review*, 3, 4, 405–429.

- Carron, A. y M. Hogan, 1988. The Option Valuation Approach to Mortgage Pricing, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 1, 131–149.
- Chan, K. C.; Karolyi, A., Longstaff, F. y A. Sanders, 1992. An Empirical Comparison of Alternative Models of the Short-Term Interest Rate, *The Journal of Finance*, vol. XLVII, 3, 1209–1227.
- Chatterjee, A., 1992: “Residential mortgage valuation: a contingent claims approach with empirical investigations about prepayment, default risk and equity specification”. Dissertation. University of Mississippi.
- Cheyette, O., 1994. OAS Analysis for CMOs, *The Journal of Portfolio Management*, Summer, 53– 66.
- Contreras, D., Ferrer, R., Navarro, E. y J. Nave, 1996. Análisis factorial de la estructura temporal de los tipos de interés en España, *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 25, 86, 139–160.
- Cox, J., Ingersoll, J. y S. Ross, 1985. A theory of the term structure of interest rates, *Econometrica*, 53, 2, 385–407.
- Díaz, A., 1999. Valoración de la renta fija privada en los mercados españoles, Tesis Doctoral, Universitat de València.
- Dickerson, C., 1997. Saving and loan interest-rate risk models: an examiner’s perspective, en A. Cornyn & E. Mays (eds.), *Interest Rate Risk Models: Theory and Practice* (295–306). Chicago, Glenlake.
- Fabozzi, F.: *Fixed Income Mathematics*, 1997. *Analytical & Statistical Techniques*. 3ª ed. McGraw-Hill.
- Fabozzi, F. y F. Modigliani, 1992. *Mortgage and Mortgage-Backed Securities Markets*. Harvard Business School Press. Boston.
- Fabozzi, F. y D. Yuen, 1998. *Managing MBS Portfolios*. Frank J. Fabozzi Associates, New Hope, Pennsylvania.
- Ferrer, R.; C. González y M. P. Jordá, 2001. Relaciones entre los mercados hipotecario y de deuda pública: evidencia empírica en el caso español, *Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas*. Documento de Trabajo WP-EC 2001-24.
- Finnerty, J. y M. Rose, 1991. Arbitrage-free spread: A consistent measure of relative value, *The Journal of Portfolio Management*. Spring, 65–77.
- Fong, G.; D. Ji y D. Cheng, 1997. A New Approach to Evaluating Mortgage-Backed Securities”, en Nelken, I. (ed.): *Option Embedded Bonds. Price Analysis, Credit Risk and Investment Strategies*, Irwin, London.
- Frachot, A. y C. Gourieroux, 1995. Tritisation et remboursements anticipés. *Economica. Collection Économie et Statistiques avancées*, Paris.
- Giliberto, S. M. y D. C. Ling, 1992. An empirical investigation of the contingent-claims approach to pricing residential mortgage debt”, en *Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association (AREUEA)*, 20, 393–426.
- Gonçalves, F. y M. Barros, 1998. Pricing the option-adjusted spread of Brazilian Eurobonds, *Journal of Portfolio Management*, Spring, 19, 123–130.

- González, C., 2001. Bonos de titulización hipotecaria: riesgos asociados y métodos de valoración”, Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Hayre, L., 1991. Arbitrage-free spread: response, *The Journal of Portfolio Management*, Spring, 78–79.
- Hayre, L. y K. Lauterbach, 1995. Option-Adjusted Spread Analysis”, en Fabozzi, F. and D. Fabozzi, (eds.), *The Handbook of Fixed Income Securities*.
- Hendershott, P. M. y R. Van Order, 1987. Pricing mortgages: an interpretation of the models and results, *Journal of Financial Services Research*, 29–55.
- Herskovitz, M., 1989. A new look at MBS option-adjusted spreads, *Housing Finance Review*, winter, 43–61.
- Ho, J., 1997. OAS modeling of fixed-rate pass throughs: implementational issues”, en A. Cornyn & E. Mays (eds.), *Interest Rate Risk Models: Theory and Practice* (161–200). Chicago, Glenlake.
- Huang, C. y W. Xia, 1996. Modeling ARM prepayments, *The Journal of Fixed Income*, March, 31–44.
- Kariya, T. y M. Kobayashi, 2000. “Pricing Mortgage-Backed Securities: A Model Describing the Burnout Effect”. *Asia-Pacific Financial Markets*, 7, 189–204.
- Kau, J. B.; D. C. Keenan; W. J. Muller y J. F. Epperson, 1992. A generalized valuation model for fixed rate residential mortgages, *Journal of Money, Credit and Banking*, 279–299.
- Kau, J. B. y D. C. Keenan, 1995. An Overview of the Option-Theoretic Pricing of Mortgages, *Journal of Housing Research*, 6, 2, 217–244.
- Martin, R. D., 1994. Empirical tests of models for valuation of pass-through mortgage-backed securities, Dissertation. University of Alabama.
- Murphy, A., 1991. An Empirical Test of an Option Pricing Model of Mortgage-Backed Securities Pricing, *Journal of Economics and Business*; 43, 1, February, 37–47.
- Murphy, A., 2000. A comparative analysis of the price-process model of mortgage valuation, *Review of Financial Economics*, 9, 65–82.
- Navarro, E. y J. Nave, 1995. Análisis de los factores de riesgo en el mercado español de deuda pública, *Cuadernos Aragoneses de Economía*, 5, 2, 331–341.
- Rico, M. P., 1999. La estructura temporal de los tipos de interés en España: el modelo de Cox, Ingersoll y Ross, *Investigaciones Económicas*, XXIII, 3, 451–470.
- Schwartz, E. y W. Torous, 1989. Prepayment and the Valuation of Mortgage-Backed Securities, *The Journal of Finance*, vol XLIV, 2, 375–392.
- Stanton, R., 1995. Rational Prepayment and the Valuation of Mortgage-Backed Securities, *The Review of Financial Studies*, Fall, 8 (3), 677–708.
- Sundaresan; S., 1997. *Fixed Income Markets and their Derivatives*, South-Western College Publishing, Cincinnati.
- Windas, T., 1996. *An Introduction to Option-Adjusted Spread Analysis*, Bloomberg Press, Princeton.
- Zipkin, P., 1993. Mortgages and Markov Chains: A Simplified Evaluation Model”, *Management Science*, 39, 6, 683–691.