

EL CONTENIDO INFORMATIVO DE LOS PRECIOS DE LAS OPCIONES DURANTE LA CRISIS FINANCIERA

ARTÍCULOS

El contenido informativo de los precios de las opciones durante la crisis financiera

Los precios de los activos financieros han experimentado una significativa volatilidad como reacción a la crisis económica y financiera. En el contexto de la volatilidad existente en los mercados, las expectativas de los inversores y el nivel de incertidumbre sobre el curso futuro de los precios de los activos proporcionan una información valiosa a efectos analíticos. En este artículo se presenta una técnica adoptada recientemente por los expertos del BCE para cuantificar las expectativas de los participantes en el mercado acerca de los precios futuros de los activos en forma de distribuciones de probabilidad basadas en los precios de las opciones. Se muestra cómo estas técnicas pueden aplicarse a los mercados de dinero y de valores, y se discute el contenido informativo de las medidas de expectativas de mercado, centrándose especialmente en la manera en que se han comportado dichas medidas durante la crisis financiera. Estas medidas de expectativas de mercado permiten al banco central entender mejor el clima y el comportamiento de los mercados. También amplían el conjunto de información del banco central y han demostrado ser especialmente relevantes durante períodos de tensión en los mercados financieros.

I INTRODUCCIÓN

Desde agosto de 2007 han sido habituales los episodios de intensa volatilidad en los mercados financieros. Efectivamente, desde que se iniciaron las turbulencias en los mercados financieros y la crisis económica y financiera, la mayoría de los precios de los activos financieros han experimentado cambios significativos, y la incertidumbre del mercado sobre los precios futuros de los activos se ha intensificado sustancialmente. Como reflejo de las reacciones de los inversores a las noticias y a los acontecimientos que se estaban produciendo en ese momento, las fluctuaciones de los precios de los activos financieros y los riesgos percibidos proporcionan una importante fuente de información adicional para el análisis económico y financiero.

En este artículo se analiza la estimación de las probabilidades que los participantes en los mercados asignan a la evolución futura de un precio de activo concreto. El conjunto de posibles resultados futuros y las probabilidades que se les asignan definen una función de densidad, como las que se presentan en el gráfico 1. Más concretamente, este artículo muestra cómo la extracción de densidades a partir de los precios de las opciones puede aplicarse a los tipos de interés a corto plazo y a los precios de las acciones y examina la importancia de su contenido informativo para el análisis realizado en el BCE. En resumen, esta importancia se debe a varios factores. En primer lugar, como el objetivo del BCE es controlar los tipos de interés del mercado monetario a corto plazo, presta especial aten-

ción al seguimiento de la evolución de los tipos de interés a corto plazo y de las expectativas asociadas a ellos¹. En segundo lugar, los precios de las acciones reflejan los beneficios empresariales esperados, por lo que pueden proporcionar información de utilidad para valorar las expectativas de los inversores sobre la actividad económica. Por último, los precios de las acciones pueden influir —entre otras cosas— en el gasto en consumo a través de los efectos en la riqueza financiera y en la confianza. Finalmente, las expectativas sobre la evolución futura del mercado de valores aportan información valiosa sobre los riesgos y el nivel de confianza del mercado, así como sobre las perspectivas de la economía y del mercado financiero².

En general, este artículo pone de manifiesto que el seguimiento regular de la evolución de las expectativas puede proporcionar información de utilidad para el análisis económico y financiero. La estructura del artículo es la siguiente: en la sección 2 se explica brevemente la metodología utilizada para extraer información de los precios de las opciones; y en la secciones 3 y 4 se presenta la aplicación de este método tanto a los mercados monetarios como de valores, prestando una atención especial a su contenido informativo.

1 Para información sobre la extracción de información de los tipos de interés, véase el artículo titulado «El contenido informativo de los tipos de interés y de sus derivados para la política monetaria», *Boletín Mensual*, BCE, mayo de 2000.

2 Para una información más detallada, véase el artículo titulado «Obtención de información a partir del precio de los activos financieros», *Boletín Mensual*, BCE, noviembre de 2004.

2 EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN DE LAS OPCIONES

En esta sección se explica la extracción de información de las opciones y la interpretación de la función de densidad de probabilidad resultante. El recuadro describe brevemente la metodología financiera y estadística utilizada para la extracción.

Las técnicas presentadas en las siguientes secciones tratan de las medidas de incertidumbre empleadas para valorar las expectativas del mercado sobre la evolución futura de un tipo de interés a corto plazo (EURIBOR a tres meses) y de un índice bursátil de la zona del euro (índice EURO STOXX 50). Estos indicadores se han seleccionado porque los mayores

niveles de liquidez existentes en estos mercados permiten la extracción diaria de señales de un gran número de operaciones individuales.

El hecho de que los precios de las opciones incorporen los pronósticos de los inversores sobre las situaciones futuras hace que este instrumento sea muy adecuado para la extracción de expectativas y la cuantificación de la incertidumbre. La riqueza de información que se deriva de utilizar todos los datos disponibles sobre los precios de todas las opciones pertinentes (véase más adelante), como los futuros sobre tipos de interés, de un día dado, se puede resumir dentro de una distribución de probabilidad que representa el rango completo de expectativas sobre un tipo de interés en un período futuro dado.

Recuadro

PANORÁMICA DE LA TERMINOLOGÍA FINANCIERA Y ESTADÍSTICA

Futuros y opciones sobre futuros

Los instrumentos derivados —y sobre todo las opciones sobre futuros que se tratan en este artículo— son instrumentos financieros adecuados para extraer medidas de incertidumbre y su distribución en torno a las expectativas de mercado centrales. En este recuadro se describen brevemente las principales características de los contratos de futuros y de opciones sobre futuros. Además, en él se definen los indicadores estadísticos que se utilizan en este artículo para extraer las medidas de incertidumbre.

Un contrato de futuros es un contrato normalizado entre dos partes que acuerdan, respectivamente, comprar y vender una cantidad fija de un activo determinado con una calidad estandarizada en una fecha y a un precio especificado previamente (este último se denomina «precio del futuro»). Estos contratos se negocian en las bolsas de futuros. En el caso del EURIBOR a tres meses y del índice Dow Jones EURO STOXX 50, estos contratos se negocian en Euronext y Eurex, respectivamente¹. El precio de entrega acordado previamente se establece de tal manera que el valor inicial del contrato es cero, y el precio de entrega correspondiente es el precio del futuro.

Una opción sobre futuros es un instrumento que da derecho —pero no obliga— a su propietario a comprar o vender un contrato de futuros concreto a un precio específico en una fecha de vencimiento determinada, o antes de esa fecha. Hay dos tipos de opciones sobre futuros: una «opción de compra» otorga al tenedor el derecho de adquirir un contrato de futuros dado, mientras que una «opción de venta» concede al tenedor el derecho de venderlo. Así pues, el vendedor de la opción acuerda vender

¹ Euronext NV es un mercado de valores paneuropeo con sede en Ámsterdam y filiales en Bélgica, Francia, Países Bajos, Portugal y Reino Unido. Eurex es una bolsa de derivados gestionada conjuntamente por Deutsche Börse AG y SIX Swiss Exchange. Está radicada en Fráncfort del Meno y cuenta con oficinas de representación en todo el mundo.

un contrato de futuros determinado (en el caso de la opción de compra) o comprarlo (en el caso de un opción de venta), a un precio específico, en caso de que el propietario de la opción decida ejercerla.

Estimación de las densidades implícitas

Este párrafo explica brevemente cómo las densidades implícitas pueden estimarse utilizando precios de mercado observables de opciones y de futuros. Si bien existen distintas técnicas para estimar las densidades implícitas, aquí nos centramos en el método utilizado para obtener las densidades implícitas que se presenta en este artículo. Black y Scholes definieron el precio de una opción de compra europea en el momento t como:

$$C(F_t, K, \tau) e^{-r\tau} \int_K^{\infty} f(F_T) (F_T - K) dF_T$$

donde C es la función de compra, K es el precio de ejercicio de la opción, r es el tipo de interés sin riesgo, F_t es el valor del futuro subyacente en el momento t y $f(F_T)$ es la densidad implícita que describe los posibles resultados del futuro subyacente en el momento T . El momento hasta el vencimiento τ de la opción es igual a $T - t$. En la práctica, la tarea de estimar una densidad implícita consiste en estimar una función del precio de una opción de compra dos veces diferenciable, como explican Breeden y Litzenberger (1978)². Sin embargo, esto no puede aplicarse directamente, porque solo se observan los precios de las opciones para un conjunto discreto de precios de ejercicio, más que una función continua y dos veces diferenciable. De hecho, si se toma la segunda derivada de una función del precio de una opción de compra estimada directamente, la interpolación a través del conjunto discreto de datos sobre primas de opciones y precios de ejercicio puede llevar en ocasiones a densidades implícitas inestables o inexactas. En su lugar, Bliss y Panigirtzoglou³ han sugerido que se pueden obtener mejores resultados si, antes de la interpolación, los datos sobre primas de opciones y precios de ejercicio se transforman en valores delta de la volatilidad implícita. La volatilidad implícita se calcula invirtiendo la fórmula de Black-Scholes en el sentido de que, dado el precio observado de la opción, se puede obtener un valor para la volatilidad que da lugar a un precio de la opción que se corresponde con el precio de mercado. La delta de una opción mide la tasa de variación del precio de la opción en relación con los cambios en el precio del activo subyacente. Por ejemplo, con las opciones de compra, una delta de 0,4 significa que para cada incremento de una unidad en el activo subyacente, la opción de compra aumentará 0,4 unidades. En el caso de las opciones de venta, la delta se define siempre en el intervalo $[0, 1]$, mientras que en las opciones de compra, se define en el intervalo $[-1, 0]$.

Momentos estadísticos y percentiles

La media y la varianza de la densidad implícita son los dos primeros momentos estadísticos. Proporcionan información sobre la tendencia central y sobre la amplitud de la función de densidad de probabilidad. La raíz cuadrada de la varianza es la desviación típica. Los coeficientes de asimetría y de curtosis son el tercer y cuarto momento y también facilitan información sobre la forma de la densidad.

El coeficiente de asimetría es una medida del grado de asimetría de la forma que presenta una función de densidad de probabilidad dada. La asimetría puede ser positiva o negativa. Es negativa cuando la

2 Véase D. Breeden y R. Litzenberger, «Prices of state-contingent claims implicit in option prices», *Journal of Business*, vol. 51, n.º 4, 1978, pp. 621-651.

3 Véase R. Bliss y N. Panigirtzoglou, «Testing the stability of implied probability density functions», *Journal of Banking and Finance*, vol. 26, 2002, pp. 381-422.

cola a la izquierda de la densidad implícita es más larga que la de la derecha, como consecuencia de que más participantes en el mercado esperan que los valores de los tipos de interés se sitúen por encima de la media que por debajo de ella. Una asimetría positiva, con la cola más larga hacia la derecha de la función de densidad, significa lo contrario. Un valor cero indica que los valores están distribuidos por igual a ambos lados de la media, lo que implica habitual, aunque no necesariamente, una densidad simétrica.

El coeficiente de curtosis es una medida del «apuntamiento» de una función de densidad de probabilidad. Una curtosis más elevada quiere decir que gran parte de la varianza es resultado de variaciones infrecuentes pero extremas, frente a variaciones frecuentes pero moderadas. Desde un punto de vista económico, el coeficiente de curtosis cuantifica la probabilidad que asignan los participantes en el mercado a los resultados más extremos, en comparación con los resultados en la zona central de la densidad.

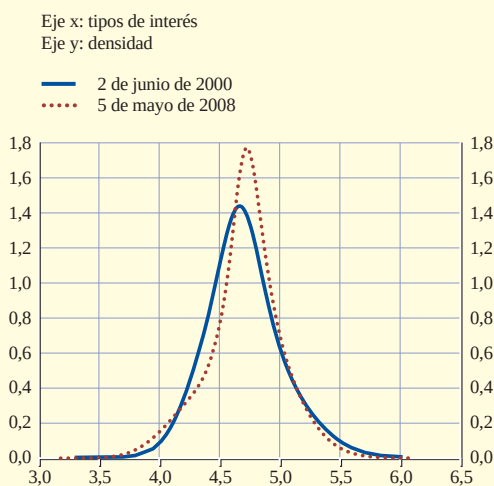
Un percentil es el valor de una variable por debajo del cual se sitúa un determinado porcentaje de observaciones. Así, el décimo percentil es el valor por debajo del cual se pueden encontrar el 10% de las observaciones. El quincuagésimo percentil divide la función de densidad de probabilidad en dos mitades con la misma masa y se corresponde con la mediana de la distribución.

La función de densidad implícita de la opción ofrece mayor información sobre las variaciones esperadas en el valor de un activo subyacente por los participantes en el mercado, que utiliza habitualmente medidas (como los futuros) que recogen solamente el consenso del mercado en lo que se refiere a las expectativas. Por ejemplo, la amplitud de una función de densidad implícita en torno a su valor central designa el rango de precios esperados a los que se ha asignado una cierta probabilidad distinta de cero, proporcionando con ello indicios sobre el nivel de incertidumbre que rodea al valor central esperado en un momento determinado. En términos estadísticos, la desviación típica de la densidad implícita recoge esta incertidumbre. Además, suele ocurrir que la función de densidad de probabilidad es asimétrica; es decir, se asignan distintas masas de probabilidad a resultados que se sitúan por encima o por debajo de la expectativa central. Desde un punto de vista estadístico, esta asimetría es captada por el coeficiente de asimetría de la densidad. Una asimetría positiva apunta a la percepción de que es más probable que los resultados se encuentren por debajo de la expectativa central, en lugar de por encima de ella, mientras que una asimetría negativa indica lo contrario. Por otra parte, en períodos de tensiones financieras, los participantes en el mercado podrían considerar que los resultados más extremos son más probables que los resultados en la zona central de la densidad. La curtosis de la densidad cuantifica esta tendencia.

En el gráfico 1 se presentan dos ejemplos sencillo de dichas densidades implícitas, utilizando expectativas sobre el EURIBOR a tres meses dentro de tres meses, calculadas en dos fechas diferentes. Aunque estas dos densidades implícitas tienen la misma media y la misma desviación típica dentro de tres meses, la incertidumbre en torno a la media difiere absolutamente. La función de densidad implícita que se representa en azul es positivamente asimétrica, lo que significa que más participantes en el mercado esperan que los resultados de los tipos de interés se sitúen por debajo de la media que por encima. Por el contrario, la función de

densidad implícita que se representa en rojo es negativamente asimétrica, lo que quiere decir que la masa de la densidad está más concentrada alrededor de los tipos de interés más elevados, reflejando con ello el hecho de que más participantes en el mercado esperan que los tipos de interés estén por encima de la medida que por debajo. Esta diferencia en la forma de la curva se explica por la variación de las expectativas del mercado y por los niveles de incertidumbre en torno a las dos fechas dadas.

Como esta función de densidad presenta la probabilidad neutral al riesgo (es decir, la probabilidad

Gráfico 1 Funciones de densidad implícitas en dos fechas concretas

Fuentes: NYSE Liffe y cálculos del BCE.

independiente de que los inversores sean aversos al riesgo o lo busquen) que el mercado asigna a todos los posibles resultados, constituye una medida cuantitativa de la valoración que hace el mercado de los riesgos en torno a los tipos de interés futuros, tanto en términos de magnitud como de sesgo direccional. No obstante, la densidad implícita es únicamente una aproximación de las expectativas reales, porque la aversión al riesgo es una variable no observada y, por lo tanto, no es tenida en cuenta. Esta función de densidad implícita puede obtenerse utilizando una variedad de métodos diferentes. La evidencia empírica ha puesto de manifiesto que, aunque estos métodos pueden ser distintos en cuanto a las colas de las densidades, en general no hay grandes diferencias cuando se compararan las zonas centrales de las funciones de densidad de probabilidad implícitas estimadas. Debido a su robustez y estabilidad, la técnica que se ha seleccionado de entre todas las disponibles para obtener las densidades implícitas en este artículo ha sido una técnica no paramétrica³.

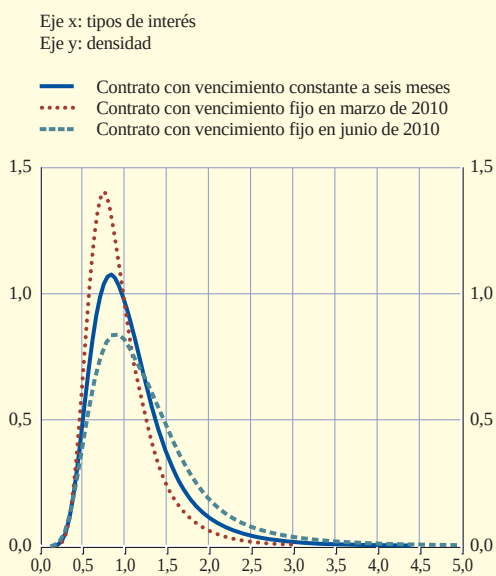
CÓMO HACER QUE LAS MEDIDAS DE INCERTIDUMBRE SEAN COMPARABLES EN EL TIEMPO

Diariamente se negocian distintos tipos de contratos de opciones sobre futuros con fecha de vencimiento fija para el EURIBOR a tres meses y

el índice Dow Jones EURO STOXX 50. En 2009, se negociaron en Euronext aproximadamente 100.000 opciones sobre futuros, registrándose un volumen de negociación medio diario cercano a los 500 contratos. Cada uno de ellos vence el mismo día que el contrato de futuros subyacente. En general, cuanto más cerca esté la fecha de vencimiento de la opción —es decir, cuanto más cerca esté el «futuro» del presente— menor será el grado de incertidumbre sobre el posible resultado del futuro subyacente. Así pues, el nivel de incertidumbre incorporado en la densidad de probabilidad implícita también tiende a reducirse al irse aproximando la fecha de vencimiento. Por consiguiente, en los días inmediatamente anteriores a esa fecha apenas se negocian contratos, si es que se negocia alguno. Y, lo que es más importante, el patrón temporal resultante de una amplitud de la densidad decreciente hace que comparar a lo largo del tiempo las densidades implícitas relativas al mismo contrato con fecha de vencimiento fija pueda llevar a conclusiones erróneas. Una solución que se suele utilizar para permitir la comparación de las densidades implícitas a lo largo del tiempo consiste en estimar «funciones de densidad de probabilidad implícitas con plazos de vencimiento constantes». Mediante la interpolación, se construye una medida artificial que proporciona diariamente una señal para un período futuro, que habitualmente se fija en un horizonte de tres, seis o nueve meses, un año o un año y medio. Estas interpolaciones permiten el análisis de una señal con sentido económico al corregir el patrón general de que la incertidumbre normalmente se reduce cuanto más se aproxima al presente la fecha de vencimiento. Esta interpolación se lleva a cabo en todas las volatilidades implícitas de los contratos con la misma delta (es decir, la misma tasa de variación del precio de la opción en relación con las variaciones del precio del activo subyacente), pero con vencimiento diferentes (véase recuadro). El principio esquemático definitivo de esta interpolación se presenta en el gráfico 2, que

3 Para una descripción detallada de la metodología subyacente utilizada para construir las funciones de densidad de probabilidad implícitas, véase R. de Vincent y J. M. Puigvert Gutiérrez, *A quantitative mirror on the EURIBOR market using implied probability density functions*, Working Paper Series, n.º 1281, BCE, 2010.

Gráfico 2 Interpolación para obtener una función de densidad de probabilidad con plazo de vencimiento constante a seis meses el 27 de octubre de 2009



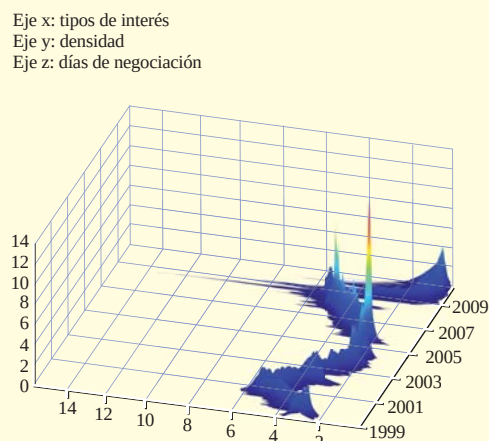
Fuentes: NYSE Liffe y cálculos del BCE.

muestra la interpolación de una densidad implícita con plazo de vencimiento constante a seis meses el 27 de octubre de 2009. El análisis que se efectúa en el resto del artículo se basa en densidades interpoladas con plazo de vencimiento constante.

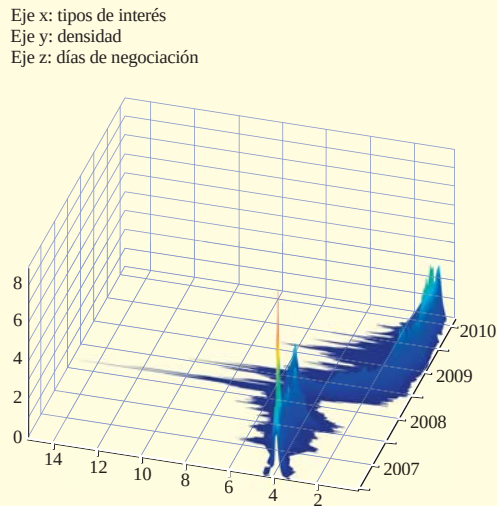
Al representar juntas, en un espacio tridimensional, las funciones de densidad implícitas diarias con plazo de vencimiento constante a seis meses desde la fecha de negociación inicial, el 13 de enero de 1999, hasta el momento actual (véase la parte superior del gráfico 3), se puede demostrar la evolución de la función de densidad implícita con plazo de vencimiento constante a tres meses a lo largo del tiempo, mostrando las expectativas sobre el tipos de interés en una dimensión, la densidad en otra y el tiempo en la tercera. No solo varían las densidades en términos de sus expectativas centrales, sino que su amplitud y asimetría también cambian en el tiempo de manera significativa, indicando periodos de distinta incertidumbre y asimetría en las expectativas. En concreto, en la parte inferior del gráfico 3 se observa la manera en la que cambiaron estas densidades durante la crisis financiera.

Gráfico 3 Densidades implícitas con plazo de vencimiento constante a tres meses

(observaciones diarias; 1999-2010)



(observaciones diarias; 2007-2010)



Fuentes: NYSE Liffe y cálculos del BCE.

¿QUÉ OPCIONES HAN DE UTILIZARSE PARA OBTENER LAS DENSIDADES IMPLÍCITAS?

La negociación de opciones supone habitualmente la negociación de opciones de compra y de venta con un precio de ejercicio mayor o menor, respectivamente, que el precio actual de los futuros subyacentes. Se conocen como opciones de compra y de venta «out-of-the-money». Estas opciones suelen ser más líquidas que las opciones

de compra y de venta con el mismo precio de ejercicio (es decir, «in-the-money») y, son, por lo tanto, más representativas. Así pues, las densidades implícitas se construyen mejor utilizando solamente los precios de las opciones que estén «out of the money» o «at the money» (estas son opciones en las que el precio *forward* actual del activo subyacente es igual al precio de ejercicio de la opción).

Además, en los datos de precios se realizan otros tres tipos de comprobaciones de su calidad. En primer lugar, como una comprobación básica de credibilidad, se excluyen los precios de opciones cuyo valor sea igual a cero o negativo. En segundo lugar, de acuerdo con la teoría de valoración de opciones, una función del precio de las opciones debe ser tanto monótonica como convexa para generar estimaciones de probabilidad no negativas. Así pues, también se excluirá cualquier precio de opciones que no permita que se cumplan estos requerimientos. En tercer lugar, si tras la aplicación de los dos filtros anteriores, hay menos de tres precios de opciones «out-of-the-money» para una fecha de vencimiento concreta (es decir, se dispone de demasiado pocas observaciones), no se estimará ninguna función de densidad de probabilidad implícita para esa fecha. Aunque depende en gran medida del contrato con plazo de vencimiento fijo y de la fecha de negociación, en última instancia quedan excluidas alrededor del 40% de las opciones seleccionadas inicialmente.

Por último, hay que añadir una importante salvedad a la interpretación de las señales extraídas de los contratos que dependen de las previsiones del tipo de interés o de la evolución económica esperada. Efectivamente, los precios de los activos y los contratos de opciones relevantes podrían verse influidos, de manera transitoria, por factores no fundamentales, que incluyen características técnicas de mercados específicos o desequilibrios temporales entre los distintos tipos de agentes. Es fundamental que dichas «distorsiones» se tomen en consideración al efectuar una interpretación económica de la señal. (En la sección 3 pueden encontrarse algunos ejemplos tomados de la crisis financiera.)

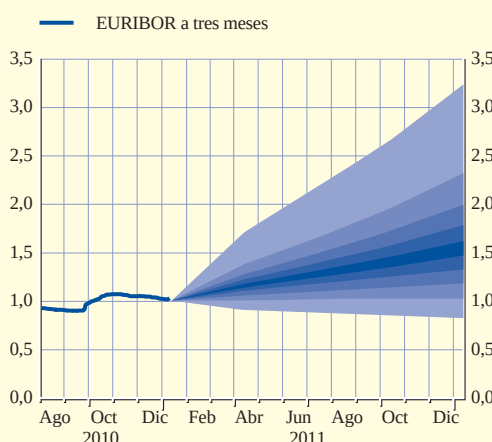
3 EXPECTATIVAS E INCERTIDUMBRE EN EL MERCADO MONETARIO DURANTE LA CRISIS FINANCIERA

En esta sección se aplica el estimador de densidades al EURIBOR a tres meses —es decir, un tipo de interés aplicado a la financiación sin garantías—. Se examina la evolución, durante la crisis, de las expectativas del mercado sobre la senda futura de este tipo de interés y se destaca su contenido informativo. Este tipo de interés a corto plazo constituye un buen ejemplo, aunque se obtiene un cuadro más completo cuando se efectúa un seguimiento de las expectativas de tipos de interés de distintos instrumentos y a vencimientos diferentes.

Las densidades implícitas calculadas para varios horizontes futuros nos proporcionan una rápida visión de las expectativas de mercado en un momento determinado y pueden aportar información adicional al banco central. En el gráfico 4 se representa la probabilidad de varios resultados para el EURIBOR a tres meses durante el próximo año. La línea continua muestra la senda del EURIBOR a tres meses en los últimos meses. El gráfico de

Gráfico 4 EURIBOR a tres meses y expectativas durante el próximo año

(porcentaje anual)



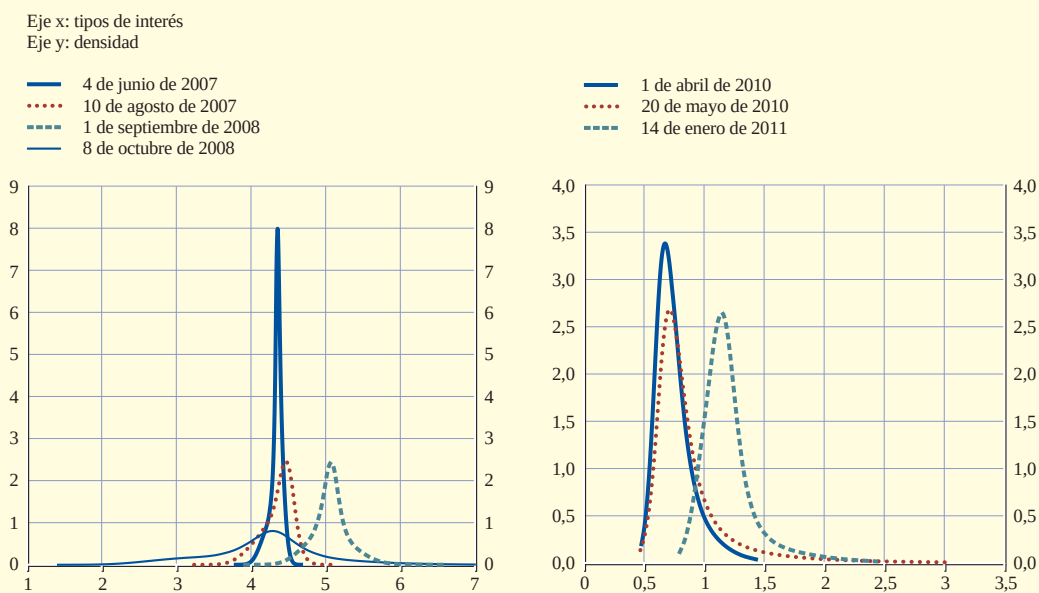
Fuentes: NYSE Liffe y cálculos del BCE.

Notas: La línea continua muestra el EURIBOR a tres meses hasta el 14 de enero de 2011. El gráfico de abanico representa las expectativas y la incertidumbre sobre la evolución del EURIBOR a tres meses en el próximo año, basándose en los precios de las opciones observados el 4 de enero de 2011.

abanico muestra las expectativas relativas al resultado futuro, obtenidas a partir de las densidades implícitas para el próximo año. Cada banda del gráfico de abanico representa el 10% de las expectativas. La banda central predice un incremento gradual del EURIBOR a tres meses a lo largo del tiempo. La amplitud de una banda aumenta con el horizonte de las expectativas a causa del mayor nivel de incertidumbre en torno a su evolución en momentos más distantes en el tiempo. Las bandas situadas por encima y por debajo de la banda central pueden también diferir en cuanto a su amplitud. Efectivamente, en el gráfico 4 las bandas son claramente más anchas por encima de la expectativa central, lo que indica que actualmente se considera que el riesgo de que se produzcan cambios más importantes en el tipo de interés tiende más al alza que a la baja. Ello está relacionado directamente con la asimetría de las densidades implícitas subyacentes, como puede deducirse de la densidad implícita del gráfico 5, que refleja la expectativa a tres meses vista registrada el 4 de enero de 2011 (véase la línea verde discontinua de la parte derecha del gráfico).

En épocas normales, este tipo de medida facilita información sobre el rango de las expectativas formuladas por los participantes en el mercado respecto a las decisiones futuras sobre los tipos de interés oficiales. Sin embargo, la crisis financiera ha sesgado la información que puede extraerse de los tipos EURIBOR por dos motivos. En primer lugar, hubo momentos durante la crisis en que los tipos de interés aplicados a la financiación sin garantías incorporaban una prima de riesgo considerable (es decir, la compensación mínima que los participantes en el mercado exigen para asumir el riesgo de proporcionar dicha financiación), lo que afectó al nivel del EURIBOR. En segundo lugar, la incertidumbre en torno a la evolución futura de esta prima de riesgo hizo aumentar la preocupación sobre los niveles futuros del EURIBOR. En general, aunque las densidades implícitas se obtienen utilizando un enfoque neutral al riesgo, recogen el riesgo al reflejar la presencia de una mayor aversión al riesgo y de la prima de riesgo incorporada al EURIBOR. Ello implica, por lo tanto, que dichas densidades implícitas contienen información valiosa sobre las tensiones en los mercados financieros.

Gráfico 5 Densidades implícitas del EURIBOR a tres meses a tres meses vista



Fuentes: NYSE Liffe y cálculos del BCE.

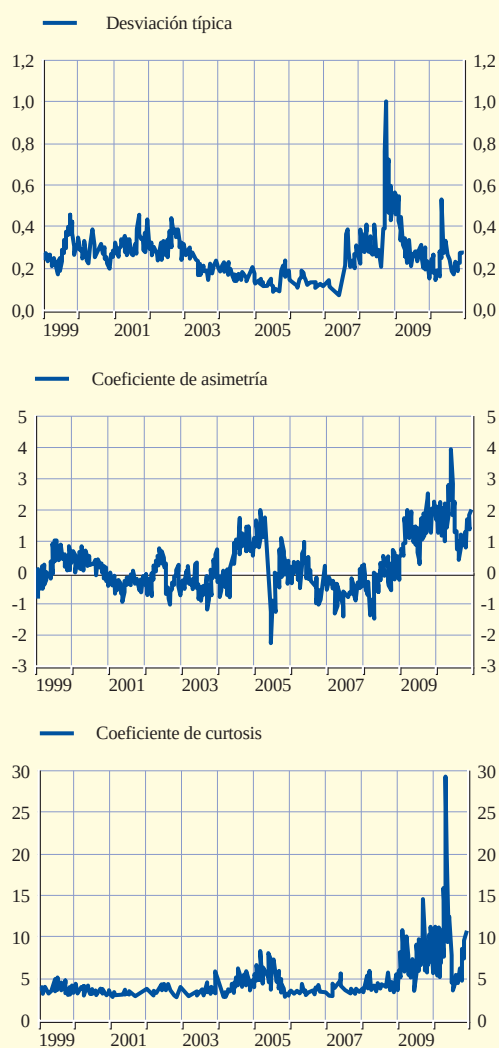
El gráfico 5 presenta las densidades implícitas del EURIBOR a tres meses a tres meses vista en días distintos durante la crisis financiera. Las densidades muestran considerables diferencias a lo largo del tiempo, debido a la variación de las expectativas sobre las decisiones futuras relativas a los tipos de interés oficiales y a las primas de riesgo contenidas en el EURIBOR. La densidad en junio de 2007 (véase la línea gruesa de color azul) muestra que, antes de la crisis, las expectativas estaban mucho más concentradas en torno a un pequeño conjunto de resultados. Al comienzo de la crisis en agosto de 2007 (línea roja punteada), la incertidumbre, que se observa en la amplitud de la densidad, se intensificó considerablemente. La media y la amplitud aumentaron como consecuencia, respectivamente, de las mayores primas de riesgo y de la incertidumbre asociada. Más tarde, la media se elevó de nuevo con el incremento de los tipos de interés oficiales que se produjo en julio de 2008. En la época en que se efectuó el primer recorte de los tipos de interés oficiales en octubre de 2008 (línea delgada de color azul), tras la quiebra de Lehman Brothers, la incertidumbre sobre los tipos EURIBOR futuros alcanzó un nivel muy elevado. El consenso del mercado, medido por la media, ya era menor en ese momento, en comparación con el mes anterior (línea verde discontinua), lo que reflejaba expectativas de recortes en los tipos de interés oficiales. Las condiciones del mercado mejoraron gradualmente a partir de entonces como reacción a las medidas no convencionales adoptadas por el Eurosistema en respuesta a las considerables presiones existentes en los mercados de financiación y a los recortes secuenciales en los tipos oficiales. Esta tendencia continuó hasta la crisis de la deuda soberana de la primavera de 2010. En abril de 2010 (línea gruesa de color azul), la densidad fue asimétrica, con un cola larga hacia la derecha, lo que implicaba que los participantes en el mercados consideraban probable que se producirían aumentos sustanciales en el EURIBOR a tres meses en los meses siguientes, mucho más que reducciones de la misma magnitud. En el contexto de la crisis, esta mayor probabilidad asignada por los participantes en el mercado a una subida de los tipos EURIBOR se debió muy posiblemente a la expectativa de que era más probable que se registrara un

incremento de la prima de riesgo. Esta asimetría pasó a ser significativa en el punto álgido de la crisis de la deuda soberana (línea roja discontinua), cuando un mayor número de participantes en el mercado esperaba que el tipo de interés registrara fuertes movimientos al alza —en otras palabras, resultados adversos en el mercado monetario y elevadas primas de riesgo—. En comparación, la reciente densidad de enero de 2011 (línea verde discontinua) mostraba una asimetría menor, como consecuencia de una disminución de la incertidumbre en torno a la prima de riesgo, y se ha desplazado hacia tipos de interés ligeramente más altos, tras la evolución de los tipos de interés de los mercados monetarios, pero, en general, el grado de incertidumbre sigue siendo elevado.

Como se explica en la sección 2, los grados de incertidumbre y de asimetría quedan recogidos, respectivamente, por la desviación típica y por el coeficiente de asimetría de una función de densidad. Un tercer indicador, el coeficiente de curtosis refleja la probabilidad asignada por los participantes en el mercado a resultados extremos. En el gráfico 6 se presenta la historia de estos estadísticos descriptivos, que cuantifican la evolución de densidades implícitas concretas (como las del gráfico 5) y facilitan su comparación a lo largo del tiempo. Si nos centramos de nuevo en el período de crisis financiera, destaca claramente la evolución de las densidades implícitas en ese momento.

Los estadísticos proporcionan información valiosa sobre la situación del mercado monetario y sobre el impacto de las medidas de política monetaria. La desviación típica, como medida de incertidumbre, capta bien los momentos críticos de la crisis. La desviación típica aumentó al inicio de las tensiones observadas en el mercado en el verano de 2007, tras alcanzar un nivel históricamente bajo a comienzos de ese año. Cuando se produjo la quiebra de Lehman Brothers, pasó a registrar un nivel extremadamente elevado. Tras una serie de recortes en los tipos de interés oficiales y de la aplicación de medidas no convencionales por parte del Eurosistema, y también después de que se adoptaran medidas similares en todo el mundo, la desviación típica comenzó a

Gráfico 6 Desviación típica y coeficientes de asimetría y de curtosis de las densidades implícitas del EURIBOR a tres meses a tres meses vista



Fuentes: NYSE Liffe y cálculos del BCE.

normalizarse gradualmente⁴. Este hecho muestra cómo estos indicadores podrían utilizarse también para evaluar el impacto de las medidas no convencionales y los anuncios relacionados con ellas. En el momento en que se produjo la crisis de la deuda soberana en mayo de 2010, la desviación típica mostraba otra acusada subida.

El coeficiente de asimetría también aumentó durante la crisis financiera, siendo especialmente

pronunciado después de 2009, y alcanzando niveles extremos durante la crisis de la deuda soberana. Esto implica que los participantes en el mercado consideraban que era más probable que anteriormente que se produjeran fuertes movimientos al alza del EURIBOR a tres meses que movimientos a la baja de la misma magnitud, lo que reflejaba la existencia de expectativas adversas sobre la evolución futura de los mercados monetarios. La mayor probabilidad que se asignaba a los resultados extremos también influyó en el aumento que se observó en el coeficiente de curtosis. Además, estos estadísticos muestran que a medida que los tipos de interés oficiales se aproximaban a sus máximos, el coeficiente de asimetría (y el coeficiente de curtosis) reflejaba las tensiones en los mercados de manera más estrecha que la desviación típica. Los acontecimientos de comienzos de mayo de 2010 también provocaron la rápida adopción de medidas por parte de las autoridades fiscales y monetarias, que condujeron a la normalización de estos dos coeficientes⁵.

Para clasificar las densidades, y, por tanto, las expectativas que representan, como excepcionales o reveladoras es necesaria una referencia que pueda considerarse neutral. La densidad normal es un candidato natural para ser una referencia neutral con la que comparar las densidades implícitas. Desde un punto de vista estadístico, con la densidad normal las expectativas son simétricas en torno

4 Durante el período comprendido entre el 8 de octubre de 2008 y el 7 de mayo de 2009, los tipos oficiales del BCE se recortaron 2,25 puntos porcentuales. Se introdujeron una serie de medidas no convencionales, entre las que se encuentran el paso a un procedimiento de subasta a tipo de interés fijo con adjudicación plena en las operaciones de financiación semanales, medidas para mejorar la liquidez en determinados mercados de divisas a corto plazo, la ampliación del sistema de activos de garantía, la mejora de la provisión de financiación a largo plazo y el programa de adquisiciones de bonos garantizados.

5 El 10 de mayo de 2010, el BCE —con el fin de restablecer las condiciones necesarias para una ejecución efectiva de la política monetaria orientada a la estabilidad de precios a medio plazo y, en particular, de apoyar el mecanismo de transmisión de la política monetaria— anunció la introducción de varias medidas, entre ellas las intervenciones en los mercados de deuda pública y privada de la zona del euro (conforme al Programa para los Mercados de Valores), la reactivación de las líneas *swap* con la Reserva Federal y la introducción de operaciones de inyección de liquidez adicionales. Para una información más detallada de las medidas del BCE en las distintas etapas de la crisis, véase el artículo titulado «La respuesta del BCE a la crisis financiera», *Boletín Mensual*, BCE, octubre de 2010.

a la media, reflejando el hecho de que los participantes no disponen de información que les lleve a creer que un cambio en una dirección es más probable que un cambio en la otra, o que sea muy probable que se produzcan cambios más importantes (es decir, el coeficiente de asimetría es cero y el de curtosis equivale a tres). Sin embargo, la literatura financiera de carácter empírico ha mostrado que, con frecuencia, los precios de los instrumentos financieros no están distribuidos según la densidad normal. El gráfico 7 ilustra la historia de seis percentiles de las densidades como líneas horizontales, junto con los valores esperados de acuerdo con la densidad normal. Se espera que los percentiles, seleccionados de la zona central de la densidad, estén cerca de los valores de la densidad normal. Cualquier desviación sustancial o persistente indicaría una evolución excepcional de las expectativas. Por ejemplo, la desviación persistente en varios percentiles con respecto a su valor esperado —un fenómeno que se observó a partir de mediados

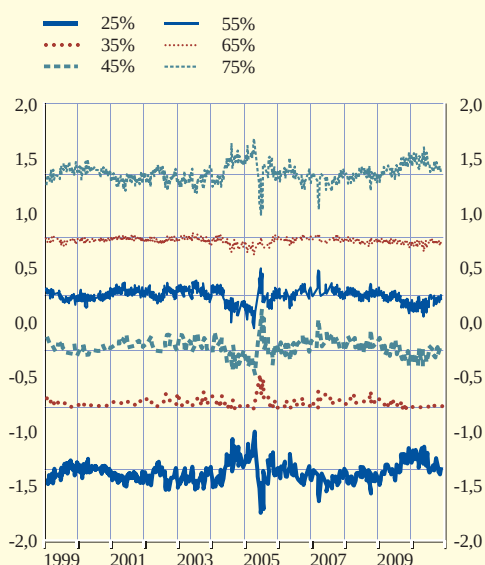
de 2009 y que continuó en 2010— confirma el carácter excepcional de la evolución de las expectativas, como se comenta más arriba.

4 EXPECTATIVAS DE LOS MERCADOS DE VALORES Y RIESGOS DURANTE LA CRISIS FINANCIERA

Las medidas del nivel de riesgo del mercado de valores, tal y como lo perciben los inversores, ayudan a evaluar la evolución de este mercado. Al extraer las densidades implícitas de las opciones sobre el índice bursátil, se pueden estimar las percepciones de los inversores relativas a la incertidumbre existente en el mercado y al equilibrio de riesgos respecto al comportamiento futuro del mercado citado. En el contexto de la crisis financiera, dichas medidas fueron cruciales, pues aportaron indicios sobre la fragilidad percibida en la situación general del mercado de valores y señalaron posibles riesgos para la estabilidad financiera.

Gráfico 7 Algunos percentiles de las densidades implícitas (centrados y normalizados)

(seis percentiles de las densidades implícitas del EURIBOR a tres meses a tres meses vista)



Fuentes: NYSE Liffe y cálculos del BCE.

Notas: Cada observación diaria equivale al percentil observado restado de la media de los seis percentiles de ese día y dividido por la desviación típica de los seis percentiles correspondientes a ese día. Las líneas horizontales representan sus valores esperados, basados en la distribución típica normal.

Para obtener una idea general, el gráfico 8 presenta la evolución del índice bursátil de la zona del euro y los riesgos asociados en un horizonte de tres meses desde comienzos de 2008, mostrándose los percentiles de la densidad implícita en bandas de distinto color. Como se desprende de este gráfico, la incertidumbre continuó siendo elevada durante la crisis y los riesgos a la baja del índice bursátil futuro estuvieron presentes durante la mayor parte del período. Para ilustrarlo de forma más detallada, en lo que resta de esta sección se analiza la evolución de los riesgos percibidos durante dos episodios de inestabilidad financiera: la intensificación de la crisis financiera en el otoño de 2008 y la crisis de la deuda soberana en mayo de 2010.

LA INTENSIFICACIÓN DE LA CRISIS FINANCIERA EN OTOÑO DE 2008

Durante el verano de 2008, se agravaron las preocupaciones de los inversores relativas a la salud del sistema financiero internacional y, sobre todo, de las principales entidades financieras de Estados Unidos, que culminaron en los acontecimientos de septiembre de ese año. En medio de una intensa aversión al riesgo, los mercados financieros inter-

nacionales experimentaron una volatilidad sin precedentes, y se hicieron bastante frecuentes unos movimientos diarios de los precios de las acciones excepcionalmente importantes⁶.

Para medir la evolución del clima del mercado, en el gráfico 9 se presentan las densidades implícitas del índice EURO STOXX 50 en tres momentos distintos: a finales de agosto de 2008 (línea azul); el 15 de septiembre de 2008 (línea roja punteada), cuando se anunció la quiebra de Lehman Brothers; y el 17 de diciembre de 2008 (línea verde discontinua), tras la adopción de la última medida del ciclo más reciente de relajación de la política monetaria de la Reserva Federal. Del gráfico 9 se pueden inferir tres características principales. En lo que se refiere a la tendencia central, el valor esperado del índice, previsto a tres meses vista, cayó en torno a 1000 puntos entre la primera y la última de estas fechas, en línea con el proceso de corrección en marcha en el mercado de valores.

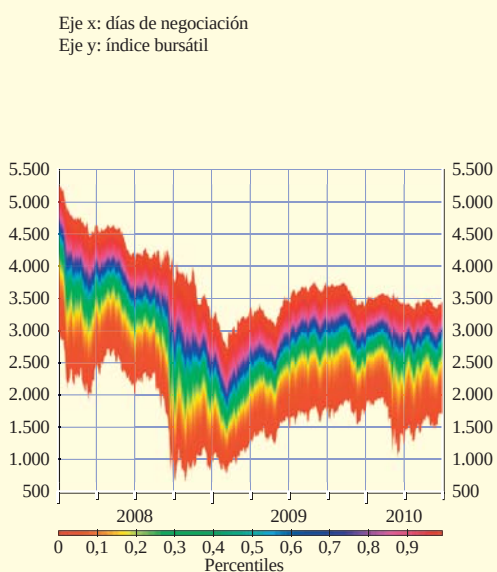
Lo que es más importante, sin embargo, es que la estimación de las densidades implícitas también permite efectuar una evaluación de la evolución de

los riesgos percibidos en que se basan las expectativas revisadas de conformidad con la corrección del mercado. Por ejemplo, además de desplazarse gradualmente hacia la derecha, las densidades también se hicieron «más anchas» al ampliarse paulatinamente el rango de los posibles resultados. Este hecho sugiere que la corrección a la baja del nivel del índice registrado y esperado también se vio acompañada por un incremento de la incertidumbre. Dicho de manera más técnica, la desviación típica de la densidad aumentó significativamente al intensificarse la crisis económica y financiera.

Por otra parte, las densidades del gráfico 9 muestran asimismo que, además de que a medida de que avanzaba la crisis se revisaron el nivel esperado del índice y la incertidumbre que lo rodeaba, también se incrementaron las densidades. En concreto, puede observarse que, a lo largo del tiempo, la probabilidad asignada a los valores situados por debajo de la tendencia central se elevó claramente de forma gradual en relación con la asignada a los

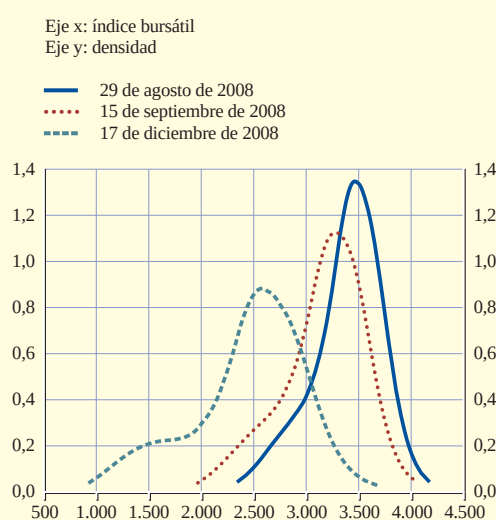
6 Véase el recuadro titulado «Volatilidad anormalmente elevada en los mercados de valores mundiales», *Boletín Mensual*, BCE, noviembre de 2008.

Gráfico 8 Evolución de las expectativas sobre el índice EURO STOXX 50 a tres meses vista desde comienzos de 2008



Fuentes: Bloomberg y cálculos del BCE.

Gráfico 9 Estimaciones de las funciones de densidad de probabilidad del índice EURO STOXX 50 a finales de 2008



Fuentes: Bloomberg y cálculos del BCE.

valores situados por encima de la tendencia central, es decir, que los riesgos a la baja tendieron a dominar estas densidades. Dicho de manera más técnica, las densidades pasaron a ser asimétricamente más negativas, lo que sugiere que, además de la revisión a la baja de los valores esperados del índice EURO STOXX 50, los inversores consideraron probable que las correcciones registradas fueran mayores que la expectativa central.

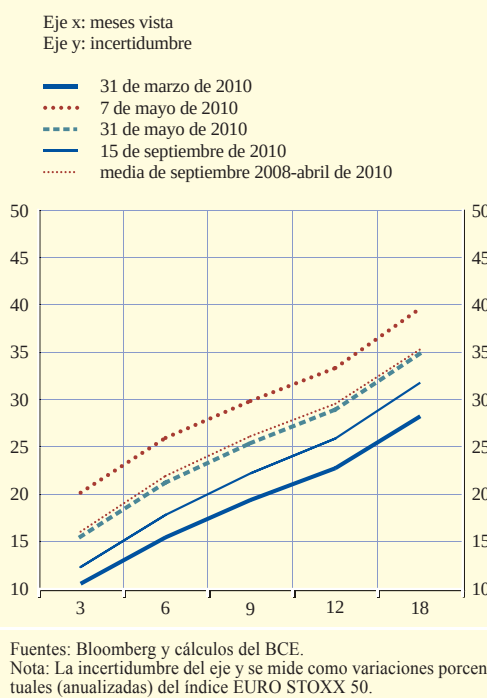
LA CRISIS DE LA DEUDA SOBERANA EN LA ZONA DEL EURO EN LA PRIMAVERA DE 2010

Los avances observados en los principales mercados de valores durante el mes de marzo y la mayor parte de abril de 2010, cuando los índices bursátiles alcanzaron máximos históricos, revirtieron a finales de abril y mayo de 2010, debido a la intensificación de la crisis de la deuda soberana en la zona del euro (causada por la crisis griega, la rebaja de las calificaciones crediticias de la deuda portuguesa y española por parte de algunas agencias de calificación, etc.).⁷ Aunque los precios de los activos financieros fueron los primeros en verse afectados, como consecuencia de la preocupación de que se produjera un posible deterioro del valor de la deuda pública mantenida en las carteras de las entidades de crédito, el descenso de los precios de las acciones se contagió a los precios de los activos no financieros a medida que se intensificaron las tensiones. También se contagió más allá de la zona de euro, sobre todo a Estados Unidos.

Aunque las tensiones en el mercado que caracterizaron la crisis de la deuda soberana tuvieron orígenes distintos a las de otoño de 2008, el cambio en el clima del mercado y el aumento de la aversión al riesgo entre los inversores fue de nuevo bastante importante.

En el gráfico 10 se ilustran los cambios ocurridos en la incertidumbre de los inversores desde finales de marzo de 2010. En primer lugar, la mejora en las perspectivas de la actividad económica mundial registrada desde comienzos de año se tradujo en avances en los principales índices bursátiles, y, de este modo, en línea con la mejora en el clima de mercado, a finales de marzo de 2010

Gráfico 10 Estructura temporal de la incertidumbre en torno al índice EURO STOXX 50



(véase la línea gruesa de color azul) la incertidumbre existente en el mercado de valores en todos los horizontes era significativamente menor que el nivel medio para el período comprendido entre septiembre de 2008, cuando se intensificó la crisis, y abril de 2010 (véase la línea roja discontinua). Sin embargo, la creciente preocupación sobre la sostenibilidad de las finanzas públicas en algunos países de la zona del euro modificó este escenario. La incertidumbre existente en el mercado de valores se intensificó de manera gradual durante el mes de abril y comienzos de mayo de 2010, en medio de graves perturbaciones en algunos segmentos del mercado financiero, y se situó muy por encima de los niveles medios. La rápida reacción de las entidades europeas, así como las medidas adicionales para potenciar la consolidación fiscal adoptadas por los países que se vieron más seriamente afectados, contribuyeron a que se relajaran las tensiones en los mercados, y la

⁷ Para detalles adicionales, véase el recuadro titulado «La evolución de los mercados financieros a principios de mayo», *Boletín Mensual*, BCE, junio de 2010.

incertidumbre en los mercados de valores empezó a disminuir desde el máximo alcanzado el 7 de mayo. No obstante, esta disminución fue muy gradual y la incertidumbre solo volvió a los niveles medios observados durante la crisis a finales de mayo (véase la línea azul punteada) y se mantuvo elevada, tras la crisis de la deuda soberana, durante la mayor parte del verano de 2010 (véase la línea delgada de color azul).

5 CONCLUSIONES

En este artículo se ha mostrado que las expectativas de los participantes en el mercado y la incertidumbre existente en él en cuanto al curso futuro de los

precios de los activos representa una valiosa fuente de información para el análisis económico y financiero. Además, su contenido informativo es de especial importancia en épocas de tensiones en los mercados financieros. Las densidades implícitas extraídas de los precios de las opciones ayudan a reflejar de manera numérica la incertidumbre en torno al consenso existente en el mercado, lo que permite efectuar una evaluación completa de las expectativas de los inversores. Aunque, a efectos ilustrativos, este artículo aplica la extracción de densidades implícitas a un tipo de interés a corto plazo aplicado a la financiación sin garantías (el EURIBOR) y a un índice bursátil (el EURO STOXX 50), obviamente esta metodología puede extenderse a muchos otros instrumentos financieros.