



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

PRECIO DE FUTUROS:
RELACIÓN DE EQUILIBRIO EN EL EUREX

Rosa M^a Ayela Pastor



Tesis

Doctorales

www.eltallerdigital.com

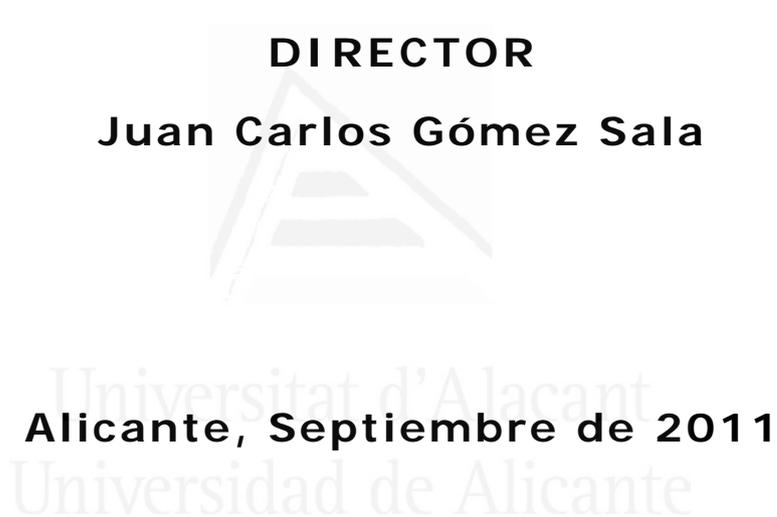
UNIVERSIDAD de ALICANTE

**PRECIO DE FUTUROS:
RELACIÓN DE EQUILIBRIO EN EL EUREX**

TESIS DOCTORAL
Rosa M^a Ayela Pastor

DIRECTOR
Juan Carlos Gómez Sala

Alicante, Septiembre de 2011



UNIVERSIDAD DE ALICANTE
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Departamento de Economía Financiera y Contabilidad

Muchas veces he pensado que escribir el apartado de agradecimientos de mi Tesis Doctoral sería uno de los momentos más gratificantes de mi vida académica. Ciertamente así es. Primero, porque significa que he llegado al final de ese largo camino emprendido hace unos años, que espero y deseo que sea el principio de otro. Segundo, porque al hacer repaso de las vivencias de estos años me doy cuenta de lo importante y necesarias que han sido muchas personas que se han cruzado en mi vida, con las que he tenido la satisfacción de compartir experiencias y momentos buenos y muy enriquecedores. Todas se merecen que les dedique unas líneas de agradecimiento.

En primer lugar debo reconocer y agradecer la ayuda de Juan Carlos Gómez Sala, por haber aceptado dirigir esta tesis, por su paciencia conmigo, por sus orientaciones y consejos, por su estímulo constante y por su preocupación por todos los que formamos parte del departamento.

Mi agradecimiento a Julio Pindado García por su comprensión y apoyo para que este proyecto llegara a su fin. A Joaquín Marhuenda por estar siempre disponible cuando lo he necesitado.

El trabajo empírico ha sido posible realizarlo gracias a la colaboración de José Ignacio Sanchís Raggio, profesor del Master en Banca y Finanzas de la Universidad de Alicante y Gestor de Carteras de la Caja de Ahorros del Mediterráneo, que me facilitó los datos utilizados.

Sería injusta si no reconociera el apoyo y el afecto que me han mostrado mis compañeros del departamento y de la facultad. No es necesario que os cite, pues sabéis perfectamente quiénes sois. Gracias por esa *sonrisa amiga*, por esos *¿qué tal?* o *¿cómo te va?*, por preocuparos por mí cuando me habéis visto triste y por alegraros cuando me ha ido bien. Por todo lo anterior y por muchas otras cosas más: mi agradecimiento sincero, el que *sale del alma*, el que se resume con un *gracias de todo corazón*

Mis amigos y amigas, con quienes he tenido la suerte de compartir excelentes momentos y que constantemente me demuestran su afecto y cariño. Si algún día leéis estas líneas os identificaréis fácilmente. Gracias por vuestra disponibilidad y compañía, por el apoyo moral, por preocuparos por mí, por haberme soportado durante largas horas en los

gabinetes de crisis y por todo lo vivido. Gracias Paloma por ese *ultimátum* que hizo posible que me encerrara para terminar esta Tesis. Gracias Isabel por tu estímulo constante.

Aunque los he dejado para el final, merecen el reconocimiento más especial, sobre todo porque les ha resultado difícil entender mi trabajo, por todo el tiempo que no he podido dedicarles y por haber soportado mi carácter especialmente susceptible en ciertas épocas: mi familia. Gracias a mis hermanos, Charo e Isidro, por todo lo que hemos vivido y por estar siempre a mi lado. Gracias a mis sobrinos, Cristina, Marcial, Isidro y Jose, porque son especiales para mí y me han dado la oportunidad de vivir experiencias gratificantes. A mis primos, mi madrina y a mi ahijada Silvia, por el afecto y cariño que cada día me demuestran.

Y mis padres. Gracias por todo cuanto nos habéis dado y enseñado a mí y a mis hermanos, por vuestros esfuerzos, sacrificios y desvelos, por vuestro apoyo incondicional, por esa eterna paciencia y comprensión con nosotros y por vuestro ejemplo de perseverancia y de fortaleza para solventar las dificultades de la vida.

Y éste es mi homenaje particular para mi padre, la persona más especial para mí y para toda mi familia: *a tí papá, mi ángel, te dedico esta Tesis; sólo tú y yo sabemos del camino recorrido para llegar hasta aquí, pero también sé que ahora estás disfrutando de este momento.*

Septiembre de 2011



A mi padre

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



ÍNDICE

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO 1. CONTRATOS DE FUTUROS	12
1.1. Introducción	13
1.2. Estandarización	14
1.3. Cámara de Compensación	15
1.3.1. Depósito de márgenes	16
1.3.2. Límites de posición	19
1.3.3. Límites en el precio	20
1.3.4. Liquidación diaria	22
1.4. Contratos de Futuros y a Plazo: Valor y Precio	24
1.4.1. Valor de un contrato a plazo	25
1.4.2. Valor de un contrato de futuros	27
1.4.3. Relación entre los precios a plazo y de futuros	29
1.4.4. Pruebas empíricas de la relación entre precios a plazo y de futuros	33
1.5. Conclusiones	35
Apéndice 1.1. Resultado de la Posición en Futuros	37
Referencias Bibliográficas	40
CAPÍTULO 2. PRECIO DE FUTUROS DE EQUILIBRIO	49
2.1. Introducción	50
2.2. La Base	51
2.3. Relación de Arbitraje del Precio de Futuros	53
2.3.1. El activo básico no genera flujos de tesorería durante la vida del contrato	55
2.3.2. El activo básico genera flujos de tesorería durante la vida del contrato	58
2.3.3. Costes de transacción y restricciones a las ventas en descubierto.....	61
2.3.4. Precio de futuros con opciones de entrega	65
2.3.4.1. Opción de calidad	66
2.3.4.2. Opción temporal	71
2.3.5. <i>Modelo Cost of Carry</i> : evidencia empírica	75
2.4. Estructura Temporal del Precio de Futuros	76

2.5. Estructura Intertemporal del Precio de Futuros	80
2.5.1. Riesgo en contrato de futuros	81
2.5.2. Presión por la cobertura	86
2.6. Conclusiones	87
Referencias Bibliográficas	90
CAPÍTULO 3. CONTRATOS DE FUTUROS SOBRE DEUDA	98
3.1. Introducción	99
3.2. Método del Factor de Conversión	100
3.3. Bono Más Barato a Entregar	104
3.4. Relación de Arbitraje del Precio de Futuros	109
3.6. Conclusiones	117
Referencias Bibliográficas	119
CAPÍTULO 4. EFECTO MADURACIÓN EN FUTUROS SOBRE DEUDA	124
4.1. Introducción	125
4.2. <i>Efecto Maduración</i> del Precio de Futuros	127
4.3. <i>Efecto Maduración</i> del Precio de Futuros: Evidencia Empírica	129
4.4. <i>Efecto Maduración</i> en Futuros sobre Deuda del Eurex .	132
4.4.1. Datos	133
4.4.2. Volatilidad del precio de futuros	135
4.4.3. Relación entre la volatilidad y el tiempo hasta el vencimiento: evidencia empírica	138
4.4.3.1. Análisis preliminar del <i>efecto maduración</i> : test no paramétrico	139
4.4.3.2. Análisis <i>efecto maduración</i> : test paramétrico ..	142
4.4.3.3. Robustez de los resultados	148
4.5. Conclusiones	154
Referencias Bibliográficas	156

CAPÍTULO 5. PREMIO POR RIESGO EN FUTUROS SOBRE DEUDA	160
5.1. Introducción	161
5.2. Determinantes del Premio por Riesgo en Futuros	162
5.3. Premio por Riesgo en Futuros: Evidencia Empírica	164
5.4. Rentabilidad y Riesgo Sistemático en Contratos de Futuros	167
5.5. Futuros sobre Deuda en el Eurex: Evidencia Empírica .	169
5.5.1. Modelo Empírico	170
5.5.2. Metodología	171
5.5.3. Datos	174
5.5.4. Rentabilidad de Futuros	177
5.5.5. Coeficiente de Riesgo Sistemático	180
5.5.6. Relación entre Rentabilidad y Riesgo Sistemático	185
5.5.7. Robustez de Resultados	190
5.6. Hipótesis de Expectativas y Premio por Riesgo Sistemático	193
5.7. Conclusiones	194
Apéndice	196
Referencias Bibliográficas	200
CONCLUSIONES	207



INTRODUCCIÓN

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Los mercados organizados de activos derivados, en general, y los de futuros en particular, constituyen una de las innovaciones financieras que más han contribuido a desarrollar y modernizar los mercados financieros al ampliar la gama de oportunidades de inversión, tanto por los nuevos activos incorporados como por las combinaciones y carteras que se pueden formar mezclándolos con los existentes.

Básicamente los mercados de futuros cumplen dos funciones. Por una parte, el precio que se negocia refleja la expectativa acerca del que tendrá el activo básico en el vencimiento del contrato; en este sentido cumplen con el cometido de *descubrir* o *anticipar* el precio del subyacente en el mercado de contado en una fecha futura. Por otra, permiten la *transferencia del riesgo* inherente en las variaciones del precio, desde unos agentes que quieren proteger sus posiciones hacia otros que están dispuestos a asumirlo.

Esta Tesis Doctoral se circunscribe en dos aspectos específicos del precio de futuros en contratos sobre deuda que se negocian en el Eurex. La escasa evidencia empírica relacionada con este mercado, por ser de creación relativamente reciente, justifican la elección.

Aunque centrados en diferentes aspectos del precio, los tres primeros capítulos tienen un carácter descriptivo. Así, en el Capítulo 1, se hace referencia a las características de los contratos y a los mecanismos establecidos por los mercados, que afectan al precio al que se realizará la transacción. La estandarización de los términos del contrato, la función de la Cámara de Compensación para garantizar el buen fin de las operaciones, la liquidación diaria de pérdidas y ganancias, el depósito de márgenes y los límites en el tamaño de la posición y en la variación diaria del precio, se estudian desde el punto de vista de su incidencia sobre el precio de futuros.

El Capítulo 2 se destina a la determinación del precio de equilibrio en diferentes contextos. Por razonamientos de arbitraje, se deduce su expresión de equilibrio en relación al precio del subyacente en el mercado de contado, respecto al de otro contrato equivalente que difiere en la fecha de vencimiento, y que se denomina *estructura temporal del precio de futuros* y, por último, en relación a la expectativa acerca del precio que tendrá el activo básico en la maduración del contrato, denominada *estructura intertemporal del precio de futuros*. Es

precisamente este último epígrafe del Capítulo 2, el que enlaza con el Capítulo 5 dedicado al estudio del premio por riesgo.

Las pruebas empíricas que se realizan en esta Tesis Doctoral, se centran en futuros sobre títulos de deuda. Por ello el tercer capítulo está dedicado al estudio de las características particulares de estos contratos: activo subyacente, *método del factor de conversión*, *bono más barato a entregar* y opciones de entrega y su incidencia sobre el precio de futuros de equilibrio.

En la segunda parte de esta Tesis se muestra evidencia empírica de dos cuestiones relacionadas con el precio en futuros Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund y Euro-Buxl® que se negocian en el Eurex. El período analizado comprende desde el año 2000 hasta el 2010.

En el Capítulo 4 se estudia un aspecto específico de la volatilidad del precio de futuros y se analiza su relación con el tiempo hasta el vencimiento. En particular se hace referencia a la Hipótesis de Samuelson o *efecto maduración*, que pronostica una relación negativa. En consecuencia se trata de comprobar si a medida que se aproxima la maduración del contrato se incrementa la volatilidad del precio, o de forma equivalente, si en un determinado momento del tiempo, la volatilidad en contratos con vencimiento más cercano es mayor que la de los contratos con vencimiento más distante.

La incidencia que el comportamiento temporal de la volatilidad del precio de futuros tiene en las oportunidades de obtener beneficios por parte de los especuladores, en los resultados de las estrategias de cobertura y en la necesidad de reajustar las posiciones conforme se aproxima el vencimiento, en la valoración de opciones sobre contratos de futuros y en el margen de seguridad establecido por la Cámara de Compensación para garantizar el buen fin de las operaciones, justifican el análisis, más aún en unos contratos en los que no se tiene evidencia previa.

Por último, el objetivo del Capítulo 5 es el estudio del premio por riesgo en estos contratos sobre deuda. Partiendo de la idea acerca de que los mercados de futuros permiten transferir el riesgo desde unos agentes hacia otros que están dispuestos a aceptarlo, a cambio de una retribución, y tomando como punto de partida el modelo de valoración de activos en el equilibrio del mercado, CAPM, se trata de inferir si la

formación del precio de futuros tiene lugar de forma que la rentabilidad esperada de una posición es una relación lineal y positiva del premio por el riesgo sistemático. En definitiva se comprueba si los inversores obtienen la remuneración adecuada para el nivel de riesgo sistemático soportado.

La motivación de este análisis es doble. En primer lugar porque los contratos de futuros forman parte de la cartera del inversor, cuyo resultado depende del premio por riesgo de los activos que la componen, en particular del correspondiente a estos contratos. Por otra, porque el precio de futuros es un indicador del de contado del subyacente en la maduración del contrato, siendo la diferencia entre ambos igual al premio por riesgo.

En definitiva, en esta Tesis Doctoral se trata de aportar evidencia empírica acerca de la formación del precio y de su volatilidad, en el ámbito de un mercado de reciente creación que es de suma importancia para el sistema financiero europeo.



CAPÍTULO 1
CONTRATOS DE FUTUROS

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

1.1. INTRODUCCIÓN

Un contrato de futuros es un acuerdo entre dos partes por el que se comprometen una a comprar y la otra a vender un activo específico, en una fecha futura, y a un precio convenido en el momento del acuerdo. En esencia se trata de fijar el precio al que se realizará la transacción. La posición larga, o comprador del contrato, se compromete a pagar en el vencimiento el precio acordado a cambio del activo. La posición corta (vendedor), está obligada a entregar el activo subyacente y como contrapartida obtendrá el importe fijado.

El nacimiento de la negociación en futuros surge como respuesta a la necesidad de los agentes económicos de cubrirse del riesgo inherente en las fluctuaciones del precio de los activos, tasas de interés y tipos de cambio. Por ello su finalidad principal es transferir el riesgo desde unos agentes hacia otros que están dispuestos a asumirlo.

Los contratos de futuros poseen principalmente dos características: tienen todos los términos estandarizados y se negocian en mercados organizados.

La estandarización incrementa la liquidez del contrato y posibilita una formación del precio más eficiente. La organización del mercado gira en torno a la existencia de una Cámara de Compensación, cuya finalidad principal es garantizar el buen fin de todas las transacciones, asumiendo ella misma el riesgo de que algún operador no cumpla con los compromisos contraídos. Para protegerse de este riesgo, se establecen una serie de mecanismos: requerimientos de márgenes, liquidación diaria de pérdidas y ganancias y límites en el tamaño de la posición y en la variación del precio. Estos mecanismos afectan al precio de futuros, aunque el que más incidencia tiene es la liquidación diaria de pérdidas y ganancias.

Con estas premisas, el objetivo de este capítulo es el estudio de estas características generales de los contratos, teniendo en cuenta el efecto de las mismas sobre el precio de futuros.

En primer lugar se estudia la estandarización y se señalan sus principales ventajas. A continuación, en el tercer apartado, se hace referencia a la Cámara de Compensación, analizándose los mecanismos de que dispone para protegerse del riesgo de incumplimiento.

Finalmente se estudia el impacto de la liquidación diaria sobre el valor del contrato y de una posición, y se establecen las condiciones bajo las cuales los precios de futuros y a plazo coinciden, y que constituye el punto de partida para obtener el precio de futuros por razonamientos de arbitraje.

1.2. ESTANDARIZACIÓN

Los contratos de futuros tienen todos sus términos estandarizados, excepto el precio de futuros, es decir el precio al que se realizará la transacción en el vencimiento, y que se determina en el mercado en función de la oferta y la demanda.

La estandarización hace referencia al tamaño del contrato o cantidad a entregar, calidad del activo subyacente, fecha de vencimiento o maduración y lugar de entrega. Estos términos difieren entre contratos y dependen, básicamente, del tipo de activo subyacente sobre el que se emiten.

La consecuencia inmediata de esta característica es que, al ser los contratos homogéneos, permite concentrar una extensa oferta y demanda para un mismo vencimiento, de forma que es muy fácil encontrar la contrapartida deseada. Esta concentración incrementa el número de contratos negociados, y por tanto dota de liquidez al mercado. El elevado volumen de negociación asegura que los acuerdos existentes puedan liquidarse sin dificultad antes del vencimiento; para ello sólo es necesario establecer una posición contraria a la que se posee.

De hecho sólo un pequeño número de contratos, entre el tres y el cuatro por cien, inician el proceso de entrega¹. Esto indica que la principal razón para participar en mercados de futuros no es recibir o entregar el activo en la fecha estipulada, sino que cumple otros objetivos, como por ejemplo la transferencia de riesgos.

Además, la homogeneidad de los términos del contrato facilita la comparación entre precios de futuros para distintos vencimientos, de

¹En futuros Euro-Schatz del Eurex, que tienen como entregables bonos con el vencimiento más cercano (entre 1,75 y 2,25 años), la proporción de contratos que se liquida por entrega alcanza el 25%, e incluso porcentajes más elevados.

forma que se pueden detectar aquellos contratos para los que el precio de futuros no es correcto, y la participación de los arbitrajistas permite una formación del precio más eficiente.

Aunque estas variables están perfectamente especificadas, en algunos contratos se permiten ciertas flexibilidades en cuanto a la calidad del activo básico, fecha y lugar de entrega, y que se conocen como opción de calidad, temporal y de localización, respectivamente.

Esto es, existe un conjunto de activos de calidad equivalente, de entre los que la posición corta puede seleccionar el que utilizará para liquidar el contrato en el vencimiento. La opción temporal hace referencia a que el vendedor puede elegir el día, de un período previamente especificado, en el que realizará la entrega². Por último, también se puede escoger el lugar exacto en el que se efectuará la entrega; esta opción es especialmente significativa para contratos sobre activos físicos debido a la existencia de costes de transporte.

La presencia de estas opciones afecta al precio de futuros cuando tienen valor. En este caso la posición larga no sabe con certeza qué activo recibirá, cuándo y dónde, y por tanto el precio de futuros debe ser más reducido para compensarla por este riesgo adicional³.

Además de las variables indicadas que definen el contrato, existen otros factores que también se tienen en cuenta en su diseño y que facilitan la negociación. Entre éstos se incluyen el movimiento mínimo del precio o *tick* y la unidad de cotización.

1.3. CÁMARA DE COMPENSACIÓN

La existencia de un desfase temporal entre la fecha de inicio del contrato y la de vencimiento supone que, implícitamente exista el riesgo de que una de las partes no cumpla con las obligaciones contraídas.

Para minimizar la probabilidad de incumplimiento, y por tanto asegurar el perfecto funcionamiento de los mercados de futuros, existe una

²Para contratos sobre Treasury Bonds en el Chicago Board of Trade existen otras dos opciones temporales: Wild Card Option y End-of-Month Option.

³La reducción en el precio de futuros y su expresión de equilibrio se demuestra en el capítulo siguiente.

Cámara de Compensación que puede ser, o no, una entidad dependiente del mercado.

Su finalidad esencial es garantizar el resultado de todas las operaciones. Para ello se interpone entre las partes contratantes, actuando de vendedor para la posición larga y de comprador para la posición corta. De esta forma los contratos no se intercambian bilateralmente entre los operadores, sino que cada uno de ellos sólo tiene obligaciones con la Cámara de Compensación, que asume el riesgo de incumplimiento. No obstante su posición neta es nula, ya que posee el mismo número de posiciones largas y cortas.

Además de la función de garantía, permite a los participantes liquidar posiciones en cualquier momento anterior a la maduración del contrato, para ello sólo es necesario tomar una posición contraria a la que poseen. La liquidación por entrega también se simplifica; aunque no interviene en la transacción física final, la Cámara de Compensación tiene como misión poner en contacto a compradores y vendedores con obligación de entrega.

La Cámara de Compensación tiene diversos mecanismos para protegerse del riesgo de incumplimiento: depósitos de márgenes, límites en el tamaño de la posición, límites en la variación diaria del precio y liquidación diaria de pérdidas y ganancias.

1.3.1. Depósito de Márgenes

Cuando se toma una posición en futuros la Cámara de Compensación exige el depósito de una cierta cantidad de dinero, o títulos de deuda, que constituye el margen. Éste no supone un pago parcial de la transacción que se realizará en una fecha futura, ni un desembolso por la adquisición del contrato. Por ello, la compra o venta de un contrato de futuros no es una inversión tradicional ya que no existe ninguna transacción monetaria cuando se abre la posición.

Su finalidad es servir de medida de seguridad, es decir garantizar que los operadores cumplirán con los compromisos contraídos. Lo satisfacen la posición corta y la larga ya que el riesgo de ambas es similar.

Longin (1999), Broussard (2001), Lam, Sin y Leung (2004) y Cotter y Dowd (2006), entre otros, proponen modelos estadísticos para

determinar la verdadera exposición al riesgo de la Cámara de Compensación, y que le permitirían establecer la cantidad que los operadores deben depositar. En la misma línea, Shanker y Balakrishnann (2005, 2006) determinan el nivel de seguridad que debe mantener la Cámara para protegerse en caso de que el importe derivado del incumplimiento del operador supere a la cantidad depositada como margen.

El nivel de margen lo fija el mercado para cada uno de sus contratos. De forma general, se establecen márgenes y se realizan cambios en los mismos en función de la volatilidad del precio y de otros factores de mercado que tienen un impacto sobre el riesgo. Entre éstos se consideran los límites diarios en el precio, valor total del contrato, interés abierto, volumen diario de negociación y condiciones actuales y previstas del mercado de contado del activo subyacente. Además, en caso de que existiera una relación entre las variaciones del precio de futuros para diferentes contratos, ésta debería tenerse en cuenta para fijar los niveles de márgenes (Edwards y Neftci, (1988)).

En principio cabe esperar que se exigirá un depósito de margen más elevado cuanto mayor sea la volatilidad del precio de futuros (y de contado), el valor total del contrato y la amplitud del límite diario en la variación del precio. En efecto, en la medida en que se incremente la volatilidad del precio de futuros (y de contado), mayor es la dispersión de los resultados de una posición y por tanto el nivel de riesgo. Cuanto más elevado sea el valor del contrato se necesitan más garantías para protegerse del posible incumplimiento. Por último, si el mercado establece límites en el precio más flexibles, su intervalo de variación permitido es más amplio, y en consecuencia mayor es el riesgo. Por el contrario si se quiere incrementar el volumen de negociación y el interés abierto, el depósito de margen debería ser más reducido.

Los resultados de las pruebas empíricas realizadas para comprobar qué factores determinan el nivel de margen, en general, confirman que el valor del contrato y la volatilidad del precio son las variables más relevantes (Kuhn (1974), Telser y Higinbotham (1977), Telser (1981), Figlewski (1984), Gay, Hunter y Kolb (1986), Fische, Goldberg, Gosnell y Sinha (1990), Moser (1991), Fenn y Kupiec (1993), Gemmill (1994), Hardouvelis y Kim (1996)). No obstante, otros factores analizados (precio del activo subyacente y su volatilidad, volumen diario de

negociación, interés abierto y posiciones de cobertura y de especulación) muestran resultados discrepantes en función del horizonte temporal y de los contratos considerados, lo que sugiere que no existe una única regla de fijación de márgenes que sea válida para todos los contratos y período de tiempo.

En cualquier caso el importe del margen no suele ser elevado y por término medio no supera el diez por cien del valor nominal del contrato. Este desembolso inicial, que puede realizarse en efectivo o en títulos de deuda a corto plazo, resulta insignificante si se compara con la cantidad total del activo que se puede recibir o entregar en la fecha de vencimiento. Por ello, una de las características más importantes de los mercados de futuros es su sustancial componente de apalancamiento, ya que los resultados obtenidos de un contrato pueden multiplicar los recursos depositados inicialmente.

Aunque como se ha indicado anteriormente el importe de este requerimiento es reducido, existe una controversia acerca de si éstos implican o no costes de negociación.

Algunos autores consideran que los depósitos de márgenes no tienen coste porque el desembolso se puede realizar en títulos de deuda a corto plazo, de los que se obtiene la correspondiente remuneración (Black (1976), Anderson (1981)). Sin embargo, la idea más aceptada es que aunque se obtengan intereses tienen un coste implícito (Telser (1981), Figlewski (1984)), que incluso depende del tipo de operadores⁴ (Hartzmark (1986^a), Hardouvelis (1990))

Telser (1981) indica que los títulos de deuda a corto plazo son activos muy líquidos que puede utilizar el inversor en situaciones de necesidad o para realizar inversiones rentables cuando éstas surjan. Son una parte del *saldo de precaución* del operador y si se utilizan como márgenes no pueden destinarse a otros usos. Con ello se pone de manifiesto que el depósito de margen tiene implícito un coste de liquidez, ya que para

⁴Los especuladores mantienen en su cartera activos más arriesgados y cantidades reducidas de efectivo, por lo que los cambios en los márgenes les afectan más que a otro tipo de operadores. Hartzmark (1986^a) distingue entre operadores comerciales y no comerciales. A los primeros los define como aquéllos cuya actividad principal está directamente relacionada con el activo subyacente del contrato de futuros; los no comerciales son los especuladores.

hacer frente a los imprevistos tendrá que recurrir al endeudamiento y, en consecuencia, soportar su coste.

La evidencia empírica parece confirmar que el depósito de margen es considerado como un coste y por tanto afecta a la actividad negociadora (Tomek (1985), Hatzmark (1986^a), Ma, Kao y Frohlich (1993), Kalavathi y Shanker (1991)). No obstante, Fishe y Goldberg (1986) y Chatrath, Adrangi y Allender (2001) obtienen que el margen afecta al volumen de negociación si está próximo el vencimiento del contrato y que no existe relación en otro caso.

En resumen, para el operador el margen es un coste de liquidez y las pruebas empíricas realizadas confirman que la exigencia de estos depósitos afecta de forma negativa al interés abierto y al volumen de negociación. En lo que respecta a la volatilidad no se obtiene evidencia concluyente, aunque sí que es una práctica habitual de los mercados incrementar los márgenes como respuesta a incrementos de volatilidad del precio (Hardouvelis y Kim (1996)). Con ello, se deduce que la única finalidad del depósito de margen es garantizar el cumplimiento de los compromisos contraídos.

1.3.2. Límites de Posición

El límite en el tamaño de la posición constituye una forma adicional de protección. Consiste en que el mercado especifica el número de contratos que un operador puede mantener en un momento determinado y suele establecerse en función de su propia capacidad financiera.

Cumplen una doble finalidad. En primer lugar, puesto que grandes posiciones incrementan la varianza de la distribución de ganancias del operador y, por tanto, la probabilidad de insolvencia, el límite en el tamaño de la posición reduce el riesgo que un agente puede asumir y, consecuentemente, limita la exposición al riesgo de la Cámara de Compensación respecto de cada uno de los operadores. En segundo lugar, se establecen para prevenir manipulaciones en el precio (Kyle (1984), Kumar y Seppi (1992), Grossman (1993), Telser (1993) y Dutt y Harris (2005)).

1.3.3. Límites en el Precio

El precio de futuros se determina en el mercado en función de la oferta y demanda. Sin embargo en algunos mercados se imponen límites a su variación diaria, de forma que sólo se puede negociar a precios dentro del intervalo determinado en función del precio de liquidación del día anterior⁵. Si se rebasan estos límites la negociación cesa hasta que éste vuelva a estar dentro de ese intervalo, o durante un determinado período de tiempo o hasta el próximo día cuando se revisen. No obstante, los límites se eliminan conforme se aproxima el vencimiento de los contratos ya que, en caso contrario, existirían impedimentos para negociar que dificultarían la liquidación de posiciones y el proceso de entrega.

Los análisis teóricos sugieren que los límites en el precio podrían, o no, ser estabilizadores en un determinado momento del tiempo, o en algún activo concreto pero no en otro⁶. Puesto que la existencia de esta restricción impide realizar transacciones beneficiosas a precios fuera de esos límites, su presencia sólo puede justificarse si es posible identificar algunas ventajas derivadas de su imposición.

La idea más aceptada es que los límites existen para prever oscilaciones excesivas en los precios como consecuencia de la especulación, y por tanto para reducir la volatilidad (Ma, Rao y Sears (1989^a, 1989^b), Greenwald y Stein (1991), Arak y Cook (1997) y Westerhoff (2003)).

Relacionado con lo anterior, esta limitación en la variación del precio permitiría disminuir el riesgo de incumplimiento de los participantes en el mercado (Brennan (1986)). Se argumenta que los límites disminuyen la probabilidad de insolvencia porque impiden conocer la cuantía exacta de la pérdida, ya que el operador no puede observar su importe una vez que se ha alcanzado el límite⁷. A la misma conclusión llegan Chou, Lin y Yu (2003) y además justifican que la reducción en la probabilidad de insolvencia es más acusada cuando en el mercado de contado del activo

⁵Con el objetivo de reducir la volatilidad del precio, para algunos contratos se establece un límite de variación respecto al precio negociado previamente. Martens y Steenbeek (2001) comprueban que esta regla no es efectiva.

⁶Westerhoff (2003), Shanker y Balakrishnan (2006).

⁷En un mercado de futuros puede existir un problema de incumplimiento cuando el valor absoluto del cambio en el precio respecto al de liquidación del día anterior exceda al nivel del margen.

subyacente también existen restricciones a la variación diaria en el precio, pudiendo tener ambos límites un papel sustitutivo para asegurar el buen fin del contrato. No obstante, Chou, Lin y Yu (2005) comprueban que este riesgo se reduce sólo si los operadores son neutrales al riesgo y no pueden obtener información adicional acerca del precio de futuros de equilibrio (por ejemplo por la posibilidad de arbitraje sin coste entre mercados de contado y de futuros⁸); en caso de que los operadores, aversos al riesgo, pudieran obtener información adicional o asumir riesgo hasta un cierto nivel, los límites en el precio no reducirían la probabilidad de insolvencia.

Otro aspecto positivo de esta restricción en el cambio del precio es que permiten un período de descanso para que los operadores reconsideren si ese movimiento extremo está justificado. En este sentido, dan tiempo para pensar acerca de la actual situación del mercado y absorber nueva información (Telser (1981), Edwards y Neftci (1988), Ma, Rao y Sears (1989^b)).

Brennan (1986) basándose en la premisa de que los depósitos de márgenes son costosos, indica que los límites en el precio pueden sustituirlos parcialmente asegurando el buen fin del contrato. Argumenta que puede ser óptimo soportar el riesgo de una interrupción en la negociación para reducir el depósito de margen y por tanto el coste total del contrato. A la misma conclusión llegan Chen (2002), Chou, Lin y Yu (2003)⁹ y Shanker y Balakrishnan (2005). Sin embargo, Chou, Lin y Yu (2005) señalan que son adecuados en el sentido que indica Brennan (1986) en caso de que los operadores sean neutrales al riesgo y no puedan obtener información adicional acerca del precio de futuros de equilibrio; en otro caso, o si pueden asumir riesgo hasta un cierto nivel, los límites en el precio no constituirían una medida adecuada para reducir el requerimiento de margen y el coste total del contrato.

⁸Harel, Harpaz y Yagil (2005) proponen un modelo que permite a los inversores predecir el rendimiento esperado, y por tanto el precio, en el período siguiente al que se alcanza el límite.

⁹Al igual que en la disminución de la probabilidad de incumplimiento, se requieren depósitos de márgenes más reducidos y el coste total del contrato es menor si existen límites a la variación del precio del activo subyacente en el mercado de contado, y ambos límites pueden tener un papel sustitutivo.

Otra ventaja que se indica es que contribuyen al proceso de valoración. Se considera que si los precios se mueven rápidamente sin restricciones, los diferenciales de oferta y demanda se dilatan significativamente y existen dificultades para realizar transacciones. Khoury y Jones (1984) y Ma, Rao y Sears (1989^a) comprueban que los límites favorecen el proceso de resolución del precio e incrementan, o al menos mantienen, el volumen de negociación¹⁰.

Los oponentes a los límites en el precio afirman que esta restricción producirá, en lugar de eliminar, discontinuidades significativas en el precio impidiendo alcanzar el equilibrio, que no consigue reducir la volatilidad (e incluso puede incrementarse, Chen y Jeng (1996)), y merma la liquidez del mercado (Chen (1998) y Veld-Merkoulova (2003)). En este sentido, si el precio de futuros ha alcanzado el límite mínimo (máximo) nadie desea comprar (vender) a ese precio ya que el de equilibrio es inferior (superior); en ambas situaciones no se realizan transacciones y, para cualquiera que sea el precio, no es posible liquidar posiciones.

1.3.4. Liquidación Diaria

En los mercados de futuros el resultado de una posición se determina sobre una base diaria. Este sistema, que se denomina *liquidación diaria de pérdidas y ganancias*, constituye otra forma de protección que, junto con los requerimientos de márgenes, elimina los incentivos al incumplimiento.

Consiste en que al cierre de cada sesión de negociación, la Cámara de Compensación determina las pérdidas y las ganancias de todas las posiciones abiertas. Este cálculo se realiza al precio de liquidación¹¹.

Si el precio de futuros se ha incrementado respecto al de liquidación del día anterior, la posición larga obtiene ganancias, que coinciden con las pérdidas de la posición corta. La Cámara de Compensación abona las

¹⁰Chen y Jeng (1996), para contratos sobre divisas, concluyen que la eliminación del límite en el precio aumenta la eficiencia del mercado con el coste de una mayor volatilidad en el precio.

¹¹El precio de liquidación suele coincidir con el de cierre de la sesión. Sólo difieren cuando este último no sea representativo, por ejemplo porque no se haya negociado el contrato ese día. En esta situación la Comisión de Liquidación del mercado establece el precio correspondiente.

ganancias y resta las pérdidas de cada operador a su cuenta de margen, de forma que indirectamente se transfieren fondos del vendedor al comprador. Por el contrario, una reducción del precio de futuros respecto al de liquidación anterior, se traduce en una pérdida para la posición larga y una ganancia para la posición corta, existiendo en este caso una transferencia de fondos del comprador al vendedor. En cualquier caso las ganancias de una posición coinciden con las pérdidas de la otra, de forma que la negociación en futuros es un juego suma cero.

Este proceso de liquidación lleva a que se realicen sucesivos ajustes diarios en la cuenta de margen de cada operador. Si ante movimientos adversos del precio, el saldo de esta cuenta se sitúa por debajo del *margen de mantenimiento*, que suele ser entre el 75 y 80 por cien del inicial, la Cámara de Compensación exige la reposición de fondos hasta el nivel original, ya que en caso contrario liquidaría la posición. Por el contrario, si la variación del precio ha sido favorable, se pueden retirar los fondos que exceden del margen inicial.

La liquidación diaria protege del incumplimiento por dos motivos. Primero, porque la responsabilidad de cada operador está limitada a la variación diaria en el precio de futuros, que es más reducida que la dispersión durante toda la vida del contrato. Segundo, puesto que los participantes que han sido afectados negativamente por los movimientos del precio tienen que depositar márgenes adicionales, se prevé la acumulación de pérdidas.

En realidad el sistema de liquidación de pérdidas y ganancias implica que, cada día, la Cámara de Compensación cancele los contratos existentes y cree otros nuevos, con precio de vencimiento igual al de liquidación. Con ello, el precio al que los operadores están obligados a comprar o vender el activo subyacente en la fecha de maduración es el de liquidación de ese día y no el acordado inicialmente.

Además estos ajustes en el precio implican que éste se aproxime al de contado del activo subyacente conforme se acerca la maduración del contrato. Esta convergencia hacia la fecha de entrega garantiza que en el vencimiento ambos precios coincidan, ya que de lo contrario, existiría una oportunidad de arbitraje sin riesgo.

Si en el vencimiento el precio de futuros es inferior al de contado, los arbitrajistas obtienen beneficios si compran el contrato de futuros, aceptan la entrega del activo básico y lo venden en el mercado de contado. De la misma forma, si el precio de futuros supera al de contado, la estrategia para obtener beneficios consiste en una posición corta en futuros y la compra del activo subyacente en el mercado de contado, que se entrega para cancelar la posición en el contrato de futuros. Estas oportunidades no existirán si en el último momento de vida del contrato el precio de futuros coincide con el del activo subyacente en el mercado de contado.

La liquidación diaria de pérdidas y ganancias caracteriza a estos contratos y los diferencia de los contratos a plazo¹². Su principal implicación es que afecta al valor del contrato y al de una posición, al precio de futuros y a la relación entre precios a plazo y de futuros. Todos estos tópicos, que son fundamentales para determinar el precio de futuros de equilibrio, se analizan a continuación.

1.4. CONTRATOS DE FUTUROS Y A PLAZO: VALOR Y PRECIO

El valor de un activo financiero es el valor actualizado de todos los flujos de tesorería que espera obtener el inversor con su posesión. Puesto que éstos se recibirán en el futuro, se descuentan a una tasa que refleja el valor temporal del dinero y el riesgo soportado. En un mercado eficiente, el precio del activo coincide con su valor.

Este principio es cierto para una inversión en cualquier activo financiero, pero no es aplicable a los contratos a plazo y de futuros ya que éstos, en puridad, no constituyen una inversión financiera tradicional.

Cuando se compra un contrato de futuros, o a plazo, no se realiza ningún desembolso y, por tanto, el vendedor tampoco recibe nada. Por ello, el valor inicial de estos contratos es cero. Esto no significa que el precio de futuros o a plazo sea también cero, ya que éste indica el precio al que se realizará la transacción en el vencimiento, y que se establece de forma que inicialmente los contratos no tengan valor.

¹²Existen otras características que diferencian a estos contratos, tales como la estandarización y la existencia de la Cámara de Compensación. No obstante, es la liquidación diaria la que afecta a la relación entre los precios.

Sin embargo, en cualquier momento posterior, el valor de ambos contratos no coincide. Esto está motivado por la liquidación diaria de los contratos de futuros, de forma que el tenedor de una posición recibe, al cierre de cada sesión, las ganancias o las pérdidas resultantes de variaciones en el precio, mientras que en los contratos a plazo éstas se acumulan hasta el vencimiento.

Esta diferencia en el patrón temporal de los flujos de tesorería entre ambos contratos afecta al valor de las posiciones y a la relación entre los precios de futuros y a plazo.

1.4.1. Valor de un Contrato a Plazo

El valor inicial del contrato a plazo es cero. No obstante, éste cambiará posteriormente como consecuencia de las variaciones en los precios de contado que provocan oscilaciones en los precios a plazo para los nuevos contratos.

En la maduración, el valor del contrato y por tanto de una posición, es el beneficio que se obtiene y es igual a la diferencia entre los precios de contado y a plazo,

$$v_T = S_T - f_{t,T} \quad [1.1]$$

donde:

v_T es el valor en el vencimiento del contrato a plazo.

S_T es el precio de contado del activo subyacente en el vencimiento.

$f_{t,T}$ es el precio a plazo iniciado en el momento t para un contrato con vencimiento en T .

Además, en la maduración, al igual que ocurre con los futuros, el precio a plazo de un contrato con vencimiento inmediato y el de contado deben coincidir, $S_T = f_{T,T}$, por lo que el valor de un contrato a plazo en el vencimiento es:

$$v_T = S_T - f_{t,T} = f_{T,T} - f_{t,T} \quad [1.2]$$

Antes de la maduración el valor del contrato a plazo es la diferencia entre el nuevo precio a plazo y el original, descontado a la tasa libre de riesgo por el período de tiempo que queda hasta el vencimiento.

Para demostrar este resultado es necesario obtener el valor del contrato en cualquier momento, $t+j$, posterior al inicial y antes de la maduración. Sean $f_{t,T}$ y $f_{t+j,T}$ los precios a plazo en t y $t+j$, respectivamente, para dos contratos con vencimiento en T y sobre el mismo activo subyacente. Se supone que los mercados a plazo y de contado son perfectos y que la estructura temporal de los tipos de interés es plana.

Considérese la siguiente estrategia. En t , un inversor compra un contrato; en $t+j$ no desea mantener su posición y, para cancelarla, vende un contrato a plazo sobre el mismo activo subyacente y con idéntico vencimiento. Los flujos netos de caja (FNC) de estas posiciones se recogen en el Cuadro 1.1.

CUADRO 1.1

TRANSACCIONES PARA CALCULAR EL VALOR DEL CONTRATO A PLAZO

POSICIÓN	FNC (t)	FNC ($t+j$)	FNC (T)
t : comprar contrato a plazo	0		$\tilde{S}_T - f_{t,T}$
$t+j$: vender contrato a plazo		0	$f_{t+j,T} - \tilde{S}_T$
POSICIÓN NETA A PLAZO	0	0	$f_{t+j,T} - f_{t,T}$

El resultado de estas dos transacciones es conocido con certeza e igual a $f_{t+j,T} - f_{t,T}$. Para que no existan oportunidades de arbitraje su valor en $t+j$ debe ser:

$$[f_{t+j,T} - f_{t,T}](1+r)^{-(T-(t+j))} \quad [1.3]$$

Y puesto que en $t+j$ el valor del contrato con precio $f_{t+j,T}$ es cero, el valor obtenido corresponde al del contrato con precio $f_{t,T}$,

$$V_{t+j} = [f_{t+j,T} - f_{t,T}](1+r)^{-[T-(t+j)]} \quad t < t+j < T \quad [1.4]$$

donde V_{t+j} es el valor del contrato en $t+j$, antes del vencimiento.

Este resultado indica que al comprador del contrato en $t+j$, le resulta indiferente un nuevo contrato con precio $f_{t+j,T}$ para el que no es necesario ningún desembolso, y un contrato existente con precio $f_{t,T}$ que requiere un pago igual a $[f_{t+j,T} - f_{t,T}](1+r)^{-[T-(t+j)]}$

1.4.2. Valor de un Contrato de Futuros

Aunque inicialmente el valor de los contratos a plazo y de futuros coincide, no ocurre lo mismo en cualquier momento posterior. El motivo de esta discrepancia es la liquidación diaria de los contratos de futuros, que implica que cada día se cancelen los contratos existentes y se reemitan a un nuevo precio, de forma que su valor vuelva a ser cero. No obstante antes de efectuar la liquidación, su valor es igual a la variación en el precio de futuros y habitualmente no es nulo. De forma algebraica:

$$V_h = F_{h,T} - F_{h-1,T} \quad \forall h, h = t+1, t+2, \dots, T \quad [1.5]$$

donde $F_{h,T}$ y $F_{h-1,T}$ son los precios en h y $h-1$, respectivamente, asociados al contrato con vencimiento en T , y V_h es el valor del contrato de futuros al cierre de la sesión del día h .

Sin embargo, aunque el valor del contrato de futuros sea cero al término de cada sesión, el valor de una posición en cualquier momento antes del vencimiento puede ser positivo o negativo¹³, y será igual a la suma de las pérdidas y ganancias generadas.

En el Cuadro 1.2 se recoge el resultado en $t+j$ de una posición larga en futuros iniciada en t . Para cada día, en función de la evolución del precio, se obtienen las pérdidas o ganancias. Si se considera una estructura temporal de tipos de interés horizontal, el valor final de la posición es:

¹³Sólo será cero si los precios de futuros no cambian desde que se toma la posición.

$$\begin{aligned}
 V_{t+j} &= \sum_{\tau=t+1}^{t+j} (F_{\tau,T} - F_{\tau-1,T})(1+r)^{(t+j-\tau)} = \\
 &= \sum_{\tau=t+1}^{t+j} (F_{\tau,T} - F_{\tau-1,T})(1+r)^{-[T-(t+j)]} (1+r)^{(T-\tau)}
 \end{aligned}
 \tag{1.6}$$

CUADRO 1.2

VALOR DE UNA POSICIÓN EN CONTRATO DE FUTUROS

DÍA	PRECIO	FNC DIARIO	VALOR EN t+j
t	$F_{t,T}$		
t+1	$\tilde{F}_{t+1,T}$	$\tilde{F}_{t+1,T} - F_{t,T}$	$(\tilde{F}_{t+1,T} - F_{t,T}) (1+r)^{j-1}$
t+2	$\tilde{F}_{t+2,T}$	$\tilde{F}_{t+2,T} - \tilde{F}_{t+1,T}$	$(\tilde{F}_{t+2,T} - \tilde{F}_{t+1,T}) (1+r)^{j-2}$
t+3	$\tilde{F}_{t+3,T}$	$\tilde{F}_{t+3,T} - \tilde{F}_{t+2,T}$	$(\tilde{F}_{t+3,T} - \tilde{F}_{t+2,T}) (1+r)^{j-3}$
.....
t+j	$\tilde{F}_{t+j,T}$	$\tilde{F}_{t+j,T} - \tilde{F}_{t+j-1,T}$	$(\tilde{F}_{t+j,T} - \tilde{F}_{t+j-1,T})$
VALOR TOTAL EN t+j			$\sum_{\tau=t+1}^{t+j} (F_{\tau,T} - F_{\tau-1,T}) (1+r)^{(t+j-\tau)}$

Con las expresiones [1.4] y [1.6] se comprueba que el valor de la posición en contrato de futuros es distinto al de una posición a plazo. La diferencia tiene su origen en que las ganancias o pérdidas diarias en una posición en futuros se invierten o financian a la tasa libre de riesgo, mientras que en el contrato a plazo no se obtienen hasta el vencimiento.

Por tanto, en cualquier momento posterior a aquél en el que se tomen las posiciones, el valor de las mismas difiere excepto si la tasa de

interés es nula. Si en media los precios de futuros y a plazo se han incrementado, el valor de la posición en futuros excederá al valor de la posición a plazo, ya que de la primera se obtiene la remuneración por la inversión de ganancias. Por el contrario, si en media los precios se han reducido el valor de la posición a plazo será mayor, ya que no necesita financiar las pérdidas.

1.4.3. Relación entre los Precios a Plazo y de Futuros

Se ha comprobado que, como consecuencia de la liquidación diaria de los contratos de futuros, el valor de la posición a plazo difiere al de una posición en futuros. Por ello, en principio, los precios son también distintos.

No obstante, Cox, Ingersoll y Ross (1981) formulan una serie de proposiciones que permiten establecer relaciones entre los precios a plazo y de futuros para contratos equivalentes¹⁴. Demuestran que en mercados perfectos, en los que no existen costes de transacción ni impuestos y los inversores pueden prestar y endeudarse a la misma tasa, los precios coincidirán sólo si el tipo de interés vigente en cada período es conocido con certeza cuando se toma la posición en futuros.

Para obtener esta relación de igualdad consideremos un contrato a plazo y uno de futuros, ambos con la misma fecha de vencimiento y sobre el mismo activo subyacente. Sea:

$f_{t,T}$ el precio a plazo en el momento actual, t , para un contrato con vencimiento en T .

$F_{t,T}$ el precio de futuros en el momento actual, t , para un contrato con vencimiento en T .

\tilde{S}_T el precio de contado del activo subyacente en el vencimiento de los contratos, y que no se conoce con certeza al inicio del período.

r_k el tipo de interés libre de riesgo del período $(k, k + 1)$
 $k = t, t + 1, \dots, T - 1$

¹⁴Los contratos son equivalentes si tienen el mismo activo subyacente y fecha de vencimiento.

$r_{t,T}$ es la tasa de interés libre de riesgo del período (t, T) .

Consideremos la siguiente estrategia para obtener el precio a plazo: posición larga de $(1 + r_{t,T})$ contratos a plazo y compra de $f_{t,T}$ en bonos cupón-cero, con vencimiento en T y valor facial igual a una unidad monetaria. El Cuadro 1.3 recoge los flujos de tesorería de esta cartera.

CUADRO 1.3
TRANSACCIONES PARA DETERMINAR EL PRECIO A PLAZO

<i>POSICIÓN</i>	<i>FNC (t)</i>	<i>FNC (T)</i>
<i>Posición larga $(1 + r_{t,T})$ c. plazo</i>	0	$(1 + r_{t,T}) (\tilde{S}_T - f_{t,T})$
<i>Compra Bonos</i>	$- f_{t,T}$	$f_{t,T} (1 + r_{t,T})$
<i>POSICIÓN NETA A PLAZO</i>	$- f_{t,T}$	$(1 + r_{t,T}) \tilde{S}_T$

La compra de bonos exige un desembolso igual a $f_{t,T}$ y puesto que para tomar una posición a plazo no es necesario efectuar ningún pago, la inversión inicial para construir esta cartera es igual a $f_{t,T}$. En el vencimiento, el resultado neto de la misma es igual a:

$$(1 + r_{t,T}) \tilde{S}_T \quad [1.7]$$

Esta estrategia pone de manifiesto que el precio a plazo, es el valor actual de una cartera que genera en el vencimiento un flujo de tesorería igual a $(1 + r_{t,T}) \tilde{S}_T$, e indica que está relacionado con el rendimiento de una inversión en bonos cupón-cero que maduran en T . Aunque \tilde{S}_T no se conoce con certeza a comienzos del período, esta expresión es útil para establecer las diferencias entre los precios a plazo y de futuros.

Para el precio de futuros se puede obtener también una expresión semejante. Para ello considérese la siguiente estrategia, cuyos resultados se ilustran en el Cuadro 1.4:

i) Comprar $F_{t,T}$ en bonos cupón-cero, con vencimiento a un día y valor nominal igual a una unidad monetaria. Realizar sucesivas reinversiones, junto con los intereses obtenidos, también en bonos a un día, hasta el vencimiento del contrato de futuros.

Esta inversión requiere un desembolso por importe igual a $F_{t,T}$ y el flujo de tesorería en el vencimiento es:

$$F_{t,T} \prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k) \quad [1.8]$$

ii) Cada día j ($j = t, t+1, \dots, T-1$) tomar una posición larga de $\prod_{k=t}^j (1 + r_k)$ contratos de futuros, y reinvertir el flujo de tesorería obtenido de la liquidación diaria, junto con los intereses, en bonos a un día hasta el período T .

El flujo de tesorería final de las sucesivas posiciones largas en futuros, que se ilustra en el Apéndice 1.1, es igual a:

$$[\tilde{S}_T - F_{t,T}] \prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k) \quad [1.9]$$

que junto con el flujo de tesorería anterior de la posición en bonos se obtiene que el resultado final de la cartera es:

$$\tilde{S}_T \prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k) \quad [1.10]$$

Esta expresión indica que, para que no existan oportunidades de arbitraje sin riesgo, el precio de futuros debe ser igual $\tilde{S}_T \prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k)$. Por tanto, el precio de futuros está relacionado con el rendimiento total de una política de continuas reinversiones en bonos a un día.

De las expresiones [1.7] y [1.10] se deduce que los precios a plazo y de futuros para contratos sobre el mismo activo subyacente e idéntico vencimiento, coincidirán sólo cuando el tipo de interés en cada uno de los períodos hasta el vencimiento sea conocido con certeza cuando se toma la posición en futuros, ya que entonces se cumple que:

$$(1 + r_{t,T}) = \prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k) \quad [1.11]$$

o bien,

$$\tilde{S}_T (1 + r_{t,T}) = \tilde{S}_T \prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k) \quad [1.12]$$

y por tanto el precio de futuros coincide con el precio a plazo. En definitiva, si los mercados son perfectos, la existencia de tipos de interés deterministas es una condición necesaria y suficiente para la igualdad de precios.

CUADRO 1.4

TRANSACCIONES PARA DETERMINAR EL PRECIO DE FUTUROS

<i>POSICIÓN</i>	<i>FNC (t)</i>	<i>FNC (T)</i>
<i>i) Comprar Bonos</i>	$-F_{t,T}$	$F_{t,T} \prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k)$
<i>ii) Posición larga en futuros</i>	0	$[\tilde{S}_T - F_{t,T}] \prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k)$
RESULTADO NETO CARTERA	$-F_{t,T}$	$\tilde{S}_T \prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k)$

Levy (1989) relaja este supuesto, y afirma que no es necesario conocer con certeza a comienzos del período toda la estructura temporal hasta el vencimiento, sino que es suficiente poder predecir, cada día de negociación, cuál va a ser al día siguiente el rendimiento de un bono que vence en la fecha de maduración del contrato de futuros.

Para el caso más general en el que los tipos de interés son estocásticos, Cox, Ingersoll y Ross (1981) demuestran que la diferencia entre el precio a plazo y de futuros depende de la correlación entre los cambios en los precios de futuros y tasas de interés.

Si la correlación es positiva, el precio a plazo es inferior al de futuros. En efecto, si se incrementa el precio de futuros la posición larga obtiene ganancias y puesto que los tipos de interés también aumentan, podrán reinvertirse a mayores tasas. Si, por el contrario, los precios de futuros se reducen, las pérdidas de la posición larga se financian a menores tasas. En conjunto, una posición larga en futuros es preferible a una posición a plazo, de forma que para inducir a los inversores a adquirir contratos a plazo su precio tiene que reducirse en relación al de futuros.

Por el contrario, cuando la correlación es negativa el precio a plazo supera al de futuros. En este caso, si se incrementa el precio de futuros los tenedores de posiciones largas reinvierten las ganancias a menores tasas, y si se reduce las pérdidas se financian a tipos de interés más elevados. Por tanto, una posición larga en futuros es menos deseable que la posición a plazo, y el precio de futuros tiene que reducirse para inducir a los inversores a comprar contratos de futuros.

1.4.4. Pruebas Empíricas de la Relación entre Precios a Plazo y de Futuros

La condición de tipos de interés deterministas para que se verifique la igualdad entre los precios a plazo y de futuros es excesivamente restrictiva. Además, la existencia de impuestos y costes de transacción vulnera la hipótesis de mercados perfectos en que se sustenta este resultado, de forma que aun cuando las tasas de interés sean estables los precios pueden diferir.

Ambas condiciones de mercados perfectos y tipos de interés deterministas rara vez coexisten en el mundo real, y son las pruebas empíricas las que permitirán obtener conclusiones acerca de la relación de igualdad entre estos precios.

Para contratos sobre divisas, Cornell y Reinganum (1981), Park y Chen (1985) y Chang y Chang (1990), concluyen que las diferencias medias entre precios a plazo y de futuros no son significativamente distintas de cero. Dezhbaksh (1994) obtiene el resultado contrario que justifica indicando que, durante el período de tiempo que considera, se observa una importante relación entre el precio en contratos de futuros sobre estas divisas y los tipos de interés.

Meulbroek (1992) y Grinblatt y Jegadeesh (1996) analizan la relación entre precios a plazo y de futuros en contratos sobre Eurodólares. En Meulbroek (1992), los resultados muestran una discrepancia entre los precios, siendo el precio de futuros superior, lo que se justificaría por la relación positiva entre el precio asociado a estos contratos de futuros y los tipos de interés. Sin embargo, con datos similares Grinblatt y Jegadeesh (1996) muestran que prácticamente no existe discrepancia entre los precios; además indican que las diferencias que se observen podrían no ser consecuencia de la liquidación diaria, sino de ineficiencias del mercado, en particular por el retraso en el flujo de información desde el mercado de futuros al mercado a plazo.

En contratos sobre activos físicos, French (1983) considera contratos sobre plata y cobre y demuestra la existencia de discrepancias entre los precios aunque en media se aproximan a cero. Park y Chen (1985), estudian la relación para oro, plata, platino y cobre, y obtienen que las diferencias son significativas.

En contratos sobre deuda los resultados claramente muestran que los precios son significativamente diferentes (Elton, Gruber y Rentzler (1984), Kolb y Gay (1985), Gendreau (1985), Allen y Thurston (1988), Alles y Peace (2001)). Las diferencias en los precios en estos contratos estaría justificada por el efecto de la liquidación diaria, que hace que el precio de futuros sea inferior al precio al plazo, lo cual es consistente con la relación negativa entre el precio en contratos sobre deuda y las tasas de interés. Sin embargo, todos los trabajos coinciden en señalar que también podría ser consecuencia de los costes de transacción o de ineficiencias de mercado.

En el mercado español, Nuñez (1992) analiza la existencia de esta relación de igualdad en contratos sobre el bono nacional a tres años, para el período comprendido entre Mayo de 1990 y Marzo de 1992. Concluye que el efecto de la liquidación diaria parece ser pequeño durante el período analizado.

En resumen, se puede indicar que no existe unanimidad ni en los resultados ni en las causas de tales diferencias, aunque la conclusión general es que la liquidación diaria explicaría parcialmente las discrepancias entre los precios a plazo y de futuros, aunque también podrían existir otros factores que impiden establecer una regla general.

1.5. CONCLUSIONES

Un contrato de futuros es un acuerdo entre dos partes para realizar una transacción en una fecha futura y a un precio convenido en el momento inicial. Sus principales características son la estandarización de sus términos y la negociación en mercados organizados.

La estandarización incrementa el volumen de negociación y permite una formación del precio más eficiente. La organización del mercado se apoya en la existencia de una Cámara de Compensación que, al asumir el riesgo de incumplimiento, garantiza el buen fin de todas las operaciones.

Para protegerse del riesgo de que los operadores no cumplan con sus compromisos, éstos están obligados a realizar un depósito en una cuenta de margen, se establecen límites en el tamaño de la posición y en la variación diaria del precio y se realiza la liquidación diaria de pérdidas y ganancias.

El requerimiento de margen no supone un desembolso por la adquisición del contrato, ni un pago parcial por la transacción que se realizará en el vencimiento. Se trata únicamente de una medida de seguridad, que implícitamente supone un coste de liquidez y que, por tanto, afecta de forma negativa al interés abierto y al volumen de negociación.

La liquidación diaria de pérdidas y ganancias caracteriza a estos contratos y los diferencia de los contratos a plazo. Afecta al valor del contrato y al de una posición, al precio de futuros y a la relación entre los precios a plazo y de futuros.

Al cierre de cada sesión el valor de un contrato es nulo, mientras que el de una posición en cualquier momento del tiempo es igual a la suma del valor de las ganancias y/o pérdidas que resultan de las variaciones en el precio. Sólo en el caso de que los mercados sean perfectos y el tipo de interés vigente en cada día de negociación sea conocido con certeza cuando se toma la posición, Cox, Ingersoll y Ross (1981) demuestran que el precio a plazo coincide con el de futuros; en este caso, su expresión puede deducirse por razonamientos de arbitraje. Estas dos condiciones no coexisten en el mundo real y la evidencia empírica permite demostrar que la liquidación diaria de los contratos de futuros incide en las diferencias entre los precios, aunque también se indican

otros factores como costes de transacción e ineficiencias en los mercados.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

APÉNDICE 1.1. RESULTADO DE LA POSICIÓN EN FUTUROS

El Cuadro A1.1 resume los flujos de tesorería de sucesivas posiciones en futuros. La estrategia considerada consiste en la compra de un determinado número de contratos en cada período, que se liquidan al día siguiente. Sus resultados se invierten (o se financian) junto con los intereses, en bonos a un día hasta el vencimiento del contrato de futuros.

De forma general, el número de contratos comprados en cada período j es igual a:

$$\prod_{k=t}^j (1 + r_k) \quad \forall j = t, t+1, t+2, \dots, T-1 \quad [\text{A1.1}]$$

donde r_k es la tasa libre de riesgo del período $(k, k+1)$

Así, por ejemplo, el día t se compran $(1 + r_{t,t+1})$ contratos con vencimiento en T , siendo el precio de futuros $F_{t,T}$. En $t+1$, el precio de liquidación es $\tilde{F}_{t+1,T}$ (no conocido con certeza a comienzos del período), de forma que el resultado de la liquidación diaria es:

$$(1 + r_{t,t+1}) [\tilde{F}_{t+1,T} - F_{t,T}] \quad [\text{A1.2}]$$

que se reinvierte hasta la maduración del contrato en bonos con vencimiento al día siguiente. De esta forma, el resultado total en T junto con los intereses acumulados es:

$$\prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k) [\tilde{F}_{t+1,T} - F_{t,T}] \quad [\text{A1.3}]$$

Este proceso se repite diariamente. En el período anterior a la maduración, $T-1$, se compra un cantidad de contratos igual a $\prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k)$ que se liquidan en la fecha de vencimiento del contrato,

ofreciendo un resultado igual a:

$$\prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k) [\tilde{F}_{T,T} - \tilde{F}_{T-1,T}] \quad [\text{A1.4}]$$

El resultado total de esta estrategia en el vencimiento del contrato es:

$$\prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k) [\tilde{F}_{T,T} - F_{t,T}] \quad [\text{A1.5}]$$

o bien, puesto que el precio de futuros con vencimiento inmediato, $\tilde{F}_{T,T}$, coincide con el precio de contado, \tilde{S}_T , se tiene:

$$\prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k) [\tilde{S}_T - F_{t,T}] \quad [\text{A1.6}]$$



Universitat d'Alacant
 Universidad de Alicante

CUADRO A1.1

DÍA	POSICIÓN FUTUROS	PRECIO FUTUROS	LIQUIDACIÓN DÍA ANTERIOR	FNC (T)
t	$(1 + r_{t,t+1})$	$F_{t,T}$		
$t+1$	$\prod_{k=t}^{t+1} (1 + r_k)$	$\tilde{F}_{t+1,T}$	$(1 + r_{t,t+1}) [\tilde{F}_{t+1,T} - F_{t,T}]$	$\prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k) [\tilde{F}_{t+1,T} - F_{t,T}]$
$t+2$	$\prod_{k=t}^{t+2} (1 + r_k)$	$\tilde{F}_{t+2,T}$	$\prod_{k=t}^{t+1} (1 + r_k) [\tilde{F}_{t+2,T} - \tilde{F}_{t+1,T}]$	$\prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k) [\tilde{F}_{t+2,T} - \tilde{F}_{t+1,T}]$
.....
$T-1$	$\prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k)$	$\tilde{F}_{T-1,T}$	$\prod_{k=t}^{T-2} (1 + r_k) [\tilde{F}_{T-1,T} - \tilde{F}_{T-2,T}]$	$\prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k) [\tilde{F}_{T-1,T} - \tilde{F}_{T-2,T}]$
T	0	$\tilde{F}_{T,T}$	$\prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k) [\tilde{F}_{T,T} - \tilde{F}_{T-1,T}]$	$\prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k) [\tilde{F}_{T,T} - \tilde{F}_{T-1,T}]$
			TOTAL	$\prod_{k=t}^{T-1} (1 + r_k) [\tilde{F}_{T,T} - F_{t,T}]$

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ackert, B.; Hunter, W. C., 1994. Tests of a Simple Optimizing Model of Price Limits on Futures Contracts. *Review of Financial Economics*, 4, 93-108.
- Allen, L.; Thurston, T., 1988. Cash-Futures Arbitrage and Forward-Futures Spreads in the Treasury Bill Market. *Journal of Futures Markets*, 8, 563-573.
- Alles, L. A.; Peace, P. P. K., 2001. Futures and Forward Price Differential and the Effect of Marking-to-Market: Australian Evidence. *Accounting and Finance*, 41, 1-24.
- Amerio, E., 2005. Forward Prices and Futures Prices: A Note on a Convexity Drift Adjustment. *Journal of Alternative Investments*, Fall.
- Anderson, R., 1981. Comments on "Margins and Futures Contracts." *Journal of Futures Markets*, 1, 259-264.
- Arak, M.; Cook, R.E., 1997. Do Daily Price Limits Act as Magnets? The Case of Treasury Bond Futures. *Journal of Financial Services Research*, 12, 5-20.
- Bates, D.; Craine, R., 1999. Valuing the Futures Market Clearinhouse's Default Exposure During the 1987 Crash. *Journal of Money, Credit & Banking*, 31, 248-272.
- Black, F., 1976. The Pricing of Commodity Contracts. *Journal of Financial Economics*, 3, 167-179.
- Berkman, H.; Steenbeek, O. W., 1998. The Influence of Daily Price Limits on Trading in Nikkei Futures. *Journal of Futures Markets*, 18, 265-279.
- Booth, G. C.; Broussard, J. P.; Martikainen, T.; Puttonen, V., 1997. Prudent Margin Levels in the Finnish Stock Index Futures Market. *Management Science*, 43, 1177-1188.
- Brennan, M. J., 1986. A Theory of Price Limits in Futures Markets. *Journal of Financial Economics*, 16, 213-233.

- Broussard, J. P., 2001. Extreme-Value and Margin Setting with and without Price Limits. *Quarterly Review of Economics & Finance*, 41, 365-385.
- Broussard, J. P.; Booth, G. G., 1997. The Behaviour of Extreme-Values in Germany's Stock Index Futures: an Application to Intra-Daily Margin Setting. *European Journal of Operational Research*, 104, 393-402
- Chance, D. M., 1994. Futures Pricing and the Cost of Carry under Price Limits. *Journal of Futures Markets*, 14, 816-836.
- Chang, C.; Chang, J., 1990. Forward and Futures Prices: Evidence from the Foreign Exchange Market. *Journal of Finance*, 45, 1333-1336.
- Chang, J. S. K.; Loo, J. C. H., 1987. Marking-to- Market, Stochastic Interest Rates and Discounts on Stock Index Futures. *Journal of Futures Markets*, 7, 15-20.
- Chatrath, A.; Adrangi, B.; Allender, M., 2001. The Impact of Margins in Futures Markets: Evidence from the Gold and Silver Markets. *Quarterly Review of Economics and Finance*, 41, 279-294.
- Chen, H., 1998. Price Limits, Overreaction, and Price Resolution in Futures Markets. *Journal of Futures Markets*, 18, 243-263.
- Chen, H., 2002. Price Limits and Margin Requirements in Futures Markets. *The Financial Review*, 37, 105-121.
- Cheng, C.; Jeng, J. L., 1996. The Impact of Price Limits on Foreign Currency Futures' Price Volatility and Markets Efficiency. *Global Finance Journal*, 7, 13-25.
- Chou, P. H., 1999. Modelling Price Limits. *International Review of Financial Analysis*, 8, 283-301.
- Chou, P. H.; Lin, M. C.; Yu, M. T., 2000. Price Limits, Margin Requirements and Default Risk. *Journal of Futures Markets*, 20, 573-602.
- Chou, P. H.; Lin, M. C.; Yu, M. T., 2003. The Effectiveness of Coordinating Price Limits across Futures and Spot Markets. *Journal of Futures Markets*, 23, 577-602.

- Chou, P. H.; Lin, M. C.; Yu, M. T., 2005. Risk Aversion and Price Limits in Futures Markets. *Finance Research Letters*, 2, 173-184.
- Cornell, B.; Reinganum, M. R., 1981. Forward and Futures Prices: Evidence from the Foreign Exchange Markets. *Journal of Finance*, 36, 1035-1045.
- Cotter, J., 2001. Margin Exceedences for European Stock Index Futures Using Extreme Value Theory. *Journal of Banking & Finance*, 25, 1475-1502.
- Cotter, J.; Dowd, K., 2006. Extreme Spectral Risk Measures: an Application to Futures Clearinghouse Margin Requirements. *Journal of Banking & Finance*, 30, 3469-3485.
- Cox, J. C.; Ingersoll, J. E.; Ross, S. A., 1981. The Relation Between Forward Prices and Futures Prices. *Journal of Financial Economics*, 9, 321-346.
- Dezhbakhsh, H., 1994. Foreign Exchange Forward and Futures Prices: Are they Equal?. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 29, 75-87.
- Duffie, D.; Stanton, R., 1992. Pricing Continuously Resettled Contingent Claim. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 16, 561-573.
- Dutt, H. R.; Harris, L. E., 2005. Position Limits for Cash-Settled Derivative Contracts. *Journal of Futures Markets*, 25, 945-965.
- Edwards, F. R., 1984. The Clearing Association in Futures Markets: Guarantor and Regulator. En Anderson, R. W. (ed.), *The Industrial Organization of Futures Markets*, Lexington Books, Lexington, 225-254.
- Edwards, F. R. (Ed.), 1989. *Regulatory Reform of Stock and Futures Markets. A Special Issue of the Journal of Financial Services Research*. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.
- Edwards, F. R.; Neftci, S. N., 1988. Extreme Price Movements and Margin Levels in Futures Markets. *Journal of Futures Markets*, 8, 639-655.

- Elton, E. J.; Gruber, M. J.; Rentzler, J., 1984. Intra-day Tests of the Efficiency of the Treasury Bill Futures Market. ***Review of Economics & Statistics***, 66, 129-137.
- Fenn, G. W.; Kupiec, P., 1993. Prudential Margin Policy in a Futures-Style Settlement System. ***Journal of Futures Markets***, 13, 389-408.
- Figlewski, S., 1984. Margins and Market Integrity: Margin Setting for Stock Index Futures and Options. ***Journal of Futures Markets***, 4, 385-416.
- Fishe, R. P. H.; Goldberg, L. G., 1986. The Effects of Margins on Trading in Futures Markets. ***Journal of Futures Markets***, 6, 261-271.
- Fishe, R. P. H.; Goldberg, L. G.; Gosnell, T. F.; Sinha, S., 1990. Margin Requirements in Futures Markets: Their Relationship to Price Volatility. ***Journal of Futures Markets***, 10, 541-554.
- Flesaker, B., 1993. Arbitrage Free Pricing of Interest Rate Futures and Forward Contracts. ***Journal of Futures Markets***, 13, 77-91.
- French, K. R., 1983. A Comparison of Futures and Forward Prices. ***Journal of Financial Economics***, 12, 311-342.
- Gay, G. D.; Hunter, W. C.; Kolb, R. W., 1986. A Comparative Analysis of Futures Contract Margins. ***Journal of Futures Markets***, 6, 307-324.
- Gemmill, G., 1994. Margins and the Safety of Clearing Houses. ***Journal of Banking & Finance***, 18, 979-996.
- Gendreau, B., 1985. Carrying costs and Treasury Bill Futures. ***Journal of Portfolio Management***, 12, 58-64.
- Goldberg, L.; Hachey, G., 1992. Price Volatility and Margin Requirements in Foreign Exchange Futures Markets. ***Journal of International Money and Finance***, 11, 328-339.
- Greenwald, B.C.; Stein, J.C., 1991. Transaction Risk, Market Crashes, and the Role of Circuit Breakers. ***Journal of Business*** 64, 443-462.

- Grinblatt, M.; Jegadeesh, N., 1996. Relative Pricing of Eurodollar Futures and Forward Contracts. *Journal of Finance*, 4, 1499-1522.
- Grossman, S. J., 1993. The Case for Eliminating Position Limits on Financial Futures, *Journal of Financial Engineering*, 2, 39-42.
- Hall, A. D.; Kofman, P., 2001. Limits to linear Price: Futures Prices Regulated by Limits. *Journal of Futures Markets*, 22, 901-913.
- Hardouvelis, G. A., 1990. Margin Requirements, Volatility, and the Transitory Component of Stock Prices. *American Economic Review*, 80, 736-762.
- Hardouvelis, G. A.; Kim, D., 1996. Price Volatility and Futures Margins. *Journal of Futures Markets*, 16, 81-111.
- Harel, A.; Harpaz, G.; Yagil, J., 2005. Forecasting Futures Returns in the Presence of Price Limits. *Journal of Futures Markets*, 25, 199-210.
- Hartzmark, M. L., 1986^a. The Effects of Changing Margin Levels on Futures Market Activity, the Composition of Traders in the Market, and Price Performance. *Journal of Business*, 59, 147-180.
- Hartzmark, M., 1986^b. Regulating Futures Margin Requirements. *Review of Research in Futures Markets*, 5, 242-260.
- Hunter, W., 1986. Rational Margins on Futures Contracts: Initial Margins. *Review of Research in Futures Markets*, 5, 160-173.
- Jarrow, R. A.; Oldfield, G. S., 1981. Forward Contracts and Futures Contracts. *Journal of Financial Economics*, 9, 373-382.
- Jordan, J. V.; Morgan, G. E., 1990. Default Risk in Futures Markets: the Customer-Broker Relationship. *Journal of Finance*, 45, 909-933.
- Kahl, K.; Rutz, R.; Siquefield, J., 1985. The Economics of Performance Margins in Futures Markets. *Journal of Futures Markets*, 5, 103-112.
- Kalavathi, L.; Shanker, L., 1991. Margin Requirements and the Demand for Futures Contracts. *Journal of Futures Markets*, 11, 213-237.

- Khoury, S. J.; Jones, G. L., 1984. Daily Price Limits on Futures Contracts: Nature, Impact, and Justification. ***Review of Research in Futures Markets***, 3, 23-36.
- Kofman, P., 1993. Optimizing Futures Margins with Distribution Tails. ***Advances in Review of Futures Markets***, 6, 263–278.
- Kolb, R.; Gay, G., 1985. A Pricing Anomaly in Treasury Bill Futures. ***Journal of Financial Research***, 8, 157-167.
- Kuhn, B., 1974. The Determinants of Speculative Margin Requirements. ***Working Paper***, Stanford University y Chicago Mercantile Exchange.
- Kumar, P.; Seppi, D. J., 1992. Futures Manipulation with Cash Settlement. ***Journal of Finance***, 47, 1485-1502.
- Kuserk, G. J., 1990. Limit Moves and Price Resolution: The Case of the Treasury Bond Futures Market: A Comment. ***Journal of Futures Markets***, 10, 673-674.
- Kuserk, G. J.; Locke, P. R., 1996. Market Making with Price Limits. ***Journal of Futures Markets***, 16, 677-696.
- Kyle, A. S., 1984. A Theory of Futures Market Manipulations, en Anderson, R. W. (ed.), ***The Industrial Organization of Futures Markets***, Lexington Books, Lexington.
- Lam, K.; Son, C.Y.; Leung, R., 2004. A Theoretical Framework to Evaluate Different Margin-Setting Methodologies. ***Journal of Futures Markets***, 24, 117-145.
- Lehmann, B. N., 1989. Commentary: Volatility, Price Resolution, and the Effectiveness of Price Limits. ***Journal of Financial Services Research***, 3, 205-209.
- Levy, A., 1989. A Note on the Relationship between Forward and Futures Contracts. ***Journal of Futures Markets***, 9, 171-173.
- Longin, F. M., 1999. Optimal Margin Level in Futures Markets: Extreme Price Movements. ***Journal of Futures Markets***, 19, 127-152.

- Ma, C. K.; Kao, G. W.; Frohlich, C. J., 1993. Margin Requirements and the Behavior of Silver Futures Prices. ***Journal of Business Finance and Accounting***, 20, 41–60.
- Ma, C. K.; Rao, R. P.; Sears, R. S., 1989^a. Limit Moves and Price Resolution: The Case of the Treasury Bond Futures Market. ***Journal of Futures Markets***, 9, 321-335.
- Ma, C. K.; Rao, R. P.; Sears, R. S., 1989^b. Volatility, Price Resolution, and the Effectiveness of Price Limits. ***Journal of Financial Services Research***, 3, 165-199.
- Ma, C. K.; Rao, R. P.; Sears, R. S., 1992. Limit Moves and Price Resolution: A Reply. ***Journal of Futures Markets***, 12, 361-363.
- Martens, M.; Steenbeek, O. W., 2001. Intraday Trading Halts in the Nikkei Futures Market. ***Pacific Basin Finance Journal***, 9, 535-561.
- Meulbroek, L., 1992. A Comparison of Forward and Futures Prices of an Interest Rate-Sensitive Financial Asset. ***Journal of Finance***, 47, 381-396.
- Miller, H. M., 1988. Who Should Set Futures Margins?. ***Review of Futures Markets***, 7, 398–404.
- Miller, M. H., 1989. Commentary: Volatility, Price Resolution, and the Effectiveness of Price Limits. ***Journal of Financial Services Research***, 3, 201-203.
- Moser, J. T., 1991. Determining margins for futures contracts: the role of private interests and the relevance of excess volatility. Federal Reserve Bank of Chicago, ***Economic Perspectives***, 3–18.
- Moser, J. T., 1992. The Implication of Futures Margin Changes for Futures Contracts: An Investigation on Price Volatility, Market Participation, and Cash Futures Covariances. ***Review of Futures Markets***, 10, 377–397.
- Nuñez, S., 1992. Relaciones de Arbitraje en los Mercados Derivados de Deuda Pública en España: Análisis Preliminar. ***Revista Española de Economía***. Monográfico: Mercados Financieros Españoles, 163-190.

- Park, H.; Chen, A. H., 1985. Differences between Futures and Forward Prices: A Further Investigation of the Marking-to-market Effects. ***Journal of Futures Markets***, 5, 77-88.
- Park, C. W., 2000. Examining Futures Price Changes and Volatility on the Trading Day After a Limit-Lock Day. ***Journal of Futures Markets***, 20, 445-466.
- Pliska, S. R.; Shalen, C. T., 1991. The Effects of Regulations on Trading Activity and Return Volatility in Futures Markets. ***Journal of Futures Markets***, 11, 135-151.
- Poskitt, R., 2008. Interest Rate Futures and Forwards: Evidence from the Sterling Futures and FRA Markets. ***Journal of International Financial Markets, Institutions and Money***, 18, 399-412.
- Richard, S. F.; Sundaresan, M., 1981. A Continuous Time Equilibrium Model of Forward Prices and Futures Prices in a Multigood Economy. ***Journal of Financial Economics***, 9, 347-371.
- Shanker, L.; Balakrishnan, N., 2005. Optimal Clearing Margin, Capital and Price Limits for Futures Clearinghouses. ***Journal of Banking & Finance***, 29, 1611-1630.
- Shanker, L.; Balakrishnan, N., 2006. Price Limits and Capital Requirements of Futures Clearinghouses. ***European Journal of Operational Research***, 168, 281-290.
- Telser, L. G., 1981. Margins and Futures Contracts. ***Journal of Futures Markets***, 1, 225-253.
- Telser, L. G., 1993. A Review of the Case for Position Limits on Agricultural Futures. ***Journal of Financial Engineering***, 2, 33-38.
- Telser, L. G.; Higinbotham, H. H., 1977. Organized Futures Markets: Costs and Benefits. ***Journal of Political Economy***, Octubre, 969-1000.
- Tomek, W. G., 1985. Margins on Futures Contracts: Their Economic Roles and Regulation. En ***Futures Markets: Regulatory Issues***, Ed. Peck, A. Washington, D. C., American Enterprise Institute, 143-209.

- Veld-Merkoulova, Y., 2003. Price Limits in Futures Markets: Effects on the Price Discovery Process and Volatility. ***International Review of Financial Analysis***, 12, 311-328.
- Warshawsky, M. J., 1989. The Adequacy and Consistency of Margin Requirements: the Cash, Futures and Options Segments of the Equity Markets. ***The Review of Futures Markets***, 8, 420–437.
- Westerhoff, F., 2003. Speculative Markets and the Effectiveness of Price Limits. ***Journal of Economic Dynamics & Control***, 28, 493-508.
- Wiener, Z.; Benninga, S.; Protopapadakis, A., 2000. Limiting the Differences Between Forward and Futures Prices in a Lucas Consumption Model. ***Journal of International Financial Markets, Institutions and Money***, 10, 151-161.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



CAPÍTULO 2
PRECIO DE FUTUROS DE EQUILIBRIO

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

2.1. INTRODUCCIÓN

El precio de futuros hace referencia al precio al que se realizará una transacción en el vencimiento del contrato. El objetivo de este capítulo consiste en deducir su expresión de equilibrio. Teniendo en cuenta las particularidades de estos activos se obtienen distintas expresiones para el precio de futuros.

Los contratos de futuros son instrumentos derivados, por lo que el precio está relacionado con el de contado del activo subyacente; ambos precios difieren por dos motivos. Por una parte, porque en el mercado de contado el comprador debe pagar cuando adquiere el activo, mientras que en el de futuros el desembolso se realiza en la fecha de maduración; este pago diferido en el contrato de futuros permite a la posición larga obtener una rentabilidad de su dinero durante la vida del contrato, y tiende a incrementar el precio de futuros en relación al de contado. Por otra, porque con la compra en el mercado de entrega inmediata se obtienen todos los flujos de tesorería que genera el activo subyacente durante la vida del contrato (dividendos, cupones), mientras que en el mercado de futuros la posición larga no los recibe; esto disminuye los beneficios de una compra con pago y entrega diferida y tiende a reducir el precio de futuros en relación al de contado.

Sin embargo el inversor que quiere tener un determinado activo en una fecha futura, será indiferente entre una posición larga en el contrato de futuros o comprar el activo hoy y mantenerlo hasta ese momento. Esta equivalencia quedará reflejada en la existencia de una relación de equilibrio entre los precios de futuros y de contado, y que se corresponderá con aquélla en la que no existan oportunidades de beneficios de arbitraje sin riesgo.

Por otra parte, con el mismo activo subyacente se negocian simultáneamente distintos vencimientos¹, lo que conlleva a que exista una conexión entre los precios de futuros para contratos que sólo

¹A modo de ejemplo, en futuros sobre deuda del Eurex para cada subyacente existen cuatro vencimientos: marzo, junio, septiembre y diciembre. La negociación de los contratos comienza con nueve meses de antelación a su fecha de maduración, por lo que en un determinado momento del tiempo se negocian tres contratos con el mismo activo básico, y que difieren en el mes de vencimiento.

difieren en la fecha de vencimiento. Esta relación se denomina *Estructura Temporal del Precio de Futuros*, y de nuevo la condición de equilibrio requiere que no existan oportunidades de beneficios de arbitraje sin riesgo.

Por último, el precio de futuros refleja las expectativas de los inversores acerca del precio que tendrá el activo básico en el vencimiento del contrato. Existen diferencias entre estos precios; en primer lugar porque los agentes que poseen contratos de futuros soportan riesgo y, segundo, porque los operadores que toman posiciones opuestas a las de cobertura ejercen una presión sobre el precio.

Con estas premisas, a continuación se deduce en primer lugar la expresión del precio de futuros en relación al de contado del activo subyacente; para ello se comienza con el concepto de *la base* y se obtiene una primera aproximación de la relación entre el precio de futuros y de contado. En el tercer apartado se deriva su expresión exacta en los supuestos más simples, cuando existen costes de transacción y restricciones a las ventas en descubierto y cuando el contrato posee opciones de entrega. En el cuarto epígrafe se obtiene, también por razonamientos de arbitraje, la *Estructura Temporal del Precio de Futuros*. Por último, se deduce la relación entre el precio de futuros y la expectativa acerca del precio de contado, y se analizan las causas de sus diferencias.

2.2. LA BASE

En cualquier momento del tiempo, t , se define *la base* como la diferencia entre el precio de futuros y el de contado del activo subyacente del contrato. Su expresión algebraica es:

$$B_t = F_{t,T} - S_t \quad [2.1]$$

donde $F_{t,T}$ es el precio de futuros en t del contrato con vencimiento en T , y S_t es el precio de contado del activo subyacente.

La inexistencia de oportunidades de arbitraje sin coste permite determinar la relación de equilibrio entre los precios de futuros y de contado, y por tanto *la base*; ésta es una función del tiempo hasta el vencimiento y de las tasas de interés.

La base converge a cero conforme se aproxima el vencimiento del contrato, de forma que en la maduración es nula. Esto es así porque la liquidación diaria implica que los precios de futuros y de contado tienden a igualarse a medida que se acerca la maduración del contrato, y la ausencia de oportunidades de arbitraje sin riesgo garantiza que al término del período ambos coincidan.

En cualquier momento anterior al vencimiento también se puede obtener una relación de equilibrio entre estos precios si se puede adquirir el activo básico y mantenerlo hasta la maduración para cancelar una posición corta en futuros. Esta estrategia es beneficiosa si el precio de futuros excede al de contado en más que el coste de mantener ese activo desde el momento inicial hasta el vencimiento. Si denotamos por M a este coste, estas oportunidades no existirán si la relación entre el precio de futuros y de contado es:

$$F_{t,T} \leq S_t + M \quad [2.2]$$

Además cuando el activo básico puede venderse en descubierto y todos los recursos procedentes de esa venta pueden utilizarse libremente, los arbitrajistas obtienen resultados positivos si el precio de futuros es muy reducido en relación al de contado. Para ello, el inversor tiene que tomar una posición larga en futuros y vender en descubierto el activo básico. En este contexto, la relación de equilibrio es:

$$F_{t,T} = S_t + M \quad [2.3]$$

El coste total de mantener el activo subyacente, M , se compone del coste de los fondos que se piden prestados para financiar su compra, del coste de posesión (almacenamiento, seguros, etc.), y se reduce en el importe de los flujos de tesorería que genera durante la vida del contrato (dividendos, cupones).

De esta forma el coste total puede ser negativo o positivo. En el primer caso indica que el rendimiento del activo subyacente supera a la suma del coste del endeudamiento a corto plazo y de posesión, lo que hace que el precio de futuros sea inferior al de contado y que *la base* sea negativa; esto sucede en futuros sobre títulos de deuda a largo plazo cuando la estructura temporal de tipos de interés es creciente².

²En éstos el coste de posesión es nulo.

Cuando es positivo, el precio de futuros excede al del activo para entrega inmediata y *la base* es positiva. Para futuros sobre títulos de deuda a largo plazo se correspondería con una situación en la que la estructura temporal de los tipos de interés tiene pendiente negativa.

Las relaciones [2.2] o [2.3] constituyen el *Modelo Cost of Carry*, y limitan la cantidad por la que el precio de futuros puede diferir del de contado. Este límite resulta del hecho de que siempre se puede adquirir el activo básico y mantenerlo hasta una fecha futura en lugar de comprar el contrato de futuros. Por tanto, una interpretación alternativa de este modelo es considerar la compra de un contrato de futuros como un sustituto de la compra actual del activo subyacente en el mercado de entrega inmediata, de forma que si el precio de futuros es correcto el inversor es indiferente cuando elige entre las dos posibilidades de adquirir el activo³.

La expresión detallada del precio de futuros en relación al de contado se analiza en el apartado siguiente.

2.3. RELACIÓN DE ARBITRAJE DEL PRECIO DE FUTUROS

La expresión concreta del precio de futuros de equilibrio depende, fundamentalmente, de las características del activo subyacente del contrato y de las condiciones de los mercados de futuros y de contado. Este precio deberá ser tal que no existan oportunidades de arbitraje sin riesgo.

La hipótesis fundamental para derivar el precio de futuros de equilibrio por razonamientos de arbitraje es que los mercados de futuros y de contado son perfectos. Las implicaciones más importantes de esta condición son:

- i) La tasa de préstamo coincide con la de endeudamiento, es conocida e idéntica para todos los agentes.
- ii) No existen diferenciales entre los precios de compra y de venta.

³Alternativamente, si el inversor quiere vender un activo en una fecha futura, debe ser indiferente entre mantener una posición corta en futuros y vender el activo básico.

- iii) Los inversores tienen oportunidades para endeudarse ilimitadamente y pueden utilizar todos los recursos procedentes de una venta en descubierto.

Respecto al activo básico se supone que su coste de posesión es nulo. Por último se considera que la liquidación diaria no tiene efectos sobre los precios de futuros, o bien que las tasas de interés son deterministas, de forma que éstos coinciden con los precios a plazo.

Para el cálculo del precio de futuros de equilibrio se supone inicialmente que el activo subyacente no genera flujos de caja durante la vida del contrato; a continuación se considera que existen flujos de caja intermedios; en tercer lugar se relaja la hipótesis de mercados perfectos y, por último, se considera la posibilidad de que existan opciones de entrega.

La notación utilizada es:

t es el momento del tiempo inicial, cuando se toma la posición en futuros.

T es la fecha de vencimiento del contrato de futuros.

S_t indica el precio de contado del activo subyacente en el momento actual.

\tilde{S}_T es el precio de contado del activo subyacente en la maduración del contrato, y que no se conoce con certeza cuando se toma la posición en futuros.

$F_{t,T}$ es el precio de futuros en t del contrato con vencimiento en T . Es la variable a determinar.

$\tilde{F}_{T,T}$ es el precio de futuros en la maduración del contrato, no conocido con certeza a comienzos del período.

r indica la tasa libre de riesgo anual, constante durante la vida del contrato de futuros.

2.3.1. El Activo Básico No Genera Flujos de Tesorería Durante la Vida del Contrato

Para obtener el precio de futuros de equilibrio en relación al de contado del subyacente, consideremos una cartera formada con una estrategia *cash and carry*, que consiste en la compra del activo básico, endeudamiento para financiar esa compra y posición corta en el contrato de futuros. En el Cuadro 2.1 se recogen los flujos de caja de cada posición en el momento inicial y en el vencimiento del contrato de futuros.

La adquisición del activo subyacente requiere un desembolso igual a su precio de mercado, S_t , que se financia con endeudamiento en esa cantidad. La posición corta en el contrato de futuros no requiere ningún pago. Con ello, la inversión necesaria para construir esta cartera es nula.

CUADRO 2.1
EL ACTIVO BÁSICO NO GENERA FLUJOS DE TESORERÍA
ESTRATEGIA *CASH AND CARRY*

POSICIÓN	FNC (t)	FNC (T)
<i>Comprar activo básico</i>	$- S_t$	\tilde{S}_T
<i>Endeudamiento</i>	S_t	$- S_t (1 + r)^{T-t}$
<i>Posición corta futuros</i>	0	$F_{t,T} - \tilde{S}_T$
RESULTADO NETO CARTERA	0	$F_{t,T} - S_t (1 + r)^{T-t}$

En la maduración para cancelar la posición corta en futuros se entrega el activo subyacente que se compró a comienzos del período y se obtendrá un flujo de tesorería, no conocido con certeza en el momento actual, igual al precio de contado \tilde{S}_T . El resultado incierto de la posición

corta en futuros es la diferencia entre el precio de futuros actual, $F_{t,T}$, y el precio en la maduración del contrato, $\tilde{F}_{T,T}$; o bien, puesto que en la maduración el precio de futuros debe coincidir con el de contado del activo subyacente, el resultado es $F_{t,T} - \tilde{S}_T$. Para cancelar el endeudamiento se requiere un desembolso igual a $S_t(1+r)^{T-t}$, es decir, el principal más los intereses generados durante el período.

El resultado neto de la cartera en la maduración del contrato es cierto, y la ausencia de oportunidades de arbitraje sin coste en un mercado que funciona racionalmente requiere que no sea positivo,

$$F_{t,T} - S_t(1+r)^{T-t} \leq 0$$

y resolviendo por $F_{t,T}$:

$$F_{t,T} \leq S_t(1+r)^{T-t} \quad [2.4]$$

Si esta condición no se verifica el inversor puede realizar las transacciones de la estrategia *cash and carry*, obteniendo un beneficio sin realizar inversión. Esto va a tener un impacto sobre el precio de los activos hasta que estas oportunidades se eliminen, ya que al aumentar la demanda del activo básico en el mercado de entrega inmediata se incrementará su precio.

Por otra parte, puesto que todos los recursos procedentes de la venta en descubierto pueden utilizarse, es posible construir una cartera con una estrategia *reverse cash and carry*, consistente en la venta en descubierto del activo básico, préstamo de la cantidad obtenida de la venta y posición larga en futuros. Estas transacciones se recogen en el Cuadro 2.2.

La venta en descubierto del activo subyacente en el mercado de contado ofrece un flujo de tesorería en el momento inicial de S_t , que se presta a la tasa libre de riesgo durante el período de tiempo que media entre el momento actual y la maduración del contrato. De esta forma no es necesario realizar inversión para construir esta cartera.

En el vencimiento del contrato de futuros se acepta la entrega del activo subyacente por el que se paga \tilde{S}_T , y con el que se cubre la posición en

descubierto en el mercado de contado. El resultado incierto de la posición larga en futuros es $\tilde{S}_T - F_{t,T}$. Por último se recuperan los fondos que se prestaron más los intereses, $S_t(1+r)^{T-t}$.

CUADRO 2.2
EL ACTIVO BÁSICO NO GENERA FLUJOS DE TESORERÍA
ESTRATEGIA REVERSE CASH AND CARRY

POSICIÓN	FNC (t)	FNC (T)
<i>Vender activo básico</i>	S_t	$-\tilde{S}_T$
<i>Prestar</i>	$-S_t$	$S_t(1+r)^{T-t}$
<i>Posición larga futuros</i>	0	$\tilde{S}_T - F_{t,T}$
RESULTADO NETO CARTERA	0	$S_t(1+r)^{T-t} - F_{t,T}$

No existe incertidumbre en el resultado neto de la cartera en la fecha de vencimiento y puesto que la inversión inicial requerida fue nula, para que no existan oportunidades de arbitraje sin coste, éste no puede ser positivo,

$$S_t(1+r)^{T-t} - F_{t,T} \leq 0$$

y resolviendo por el precio de futuros:

$$F_{t,T} \geq S_t(1+r)^{T-t} \quad [2.5]$$

La combinación de las expresiones [2.4] y [2.5] permite obtener el precio de futuros de equilibrio,

$$F_{t,T} = S_t(1+r)^{T-t} \quad [2.6]$$

En definitiva el precio de futuros de equilibrio es igual al precio de contado del activo subyacente más los intereses, es decir, el coste de

oportunidad de mantener el activo subyacente desde que se toma una posición en futuros hasta su vencimiento⁴.

2.3.2. El Activo Básico Genera Flujos de Tesorería Durante la Vida del Contrato

Algunos activos generan flujos de tesorería durante la vida del contrato de futuros (cupones, dividendos), de forma que el coste de mantener este activo puede ser negativo. La existencia de flujos de tesorería intermedios modifica ligeramente la relación de arbitraje entre los precios de futuros y de contado obtenida anteriormente.

Sea C' el flujo de caja generado por el activo básico en t' ($t < t' < T$). Considérese la siguiente cartera que no requiere inversión inicial: compra del activo básico en el mercado de contado, endeudamiento para financiar esa compra y posición corta en futuros. Los flujos de tesorería en el momento inicial, en t' y en la maduración del contrato se resumen en el Cuadro 2.3.

En t' el activo básico genera un flujo de tesorería igual a C' , que se presta hasta el vencimiento del contrato de futuros. De esta forma el resultado neto de la cartera en ese momento intermedio es cero.

En la maduración se entrega el activo que se compró y se cubre la posición corta en futuros, obteniéndose un ingreso igual a \tilde{S}_T . El beneficio o pérdida procedente del contrato de futuros es $F_{t,T} - \tilde{S}_T$. Se reintegran los fondos obtenidos del endeudamiento necesario para adquirir el activo básico junto con los intereses correspondientes, $S_t(1+r)^{T-t}$, y se recuperan los fondos prestados en t' junto con los intereses, $C'(1+r)^{T-t'}$.

El resultado neto de la cartera al final del período es conocido con certeza y, para que no existan oportunidades de arbitraje sin coste, no puede ser positivo:

⁴Si el activo básico no se puede vender en descubierto, no se puede construir la estrategia reverse cash and carry, por lo que la relación de equilibrio es $F_{t,T} \leq S_t(1+r)^{T-t}$

$$F_{t,T} - S_t(1+r)^{T-t} + C'(1+r)^{T-t'} \leq 0$$

y al resolver por el precio de futuros, $F_{t,T}$:

$$F_{t,T} \leq S_t(1+r)^{T-t} - C'(1+r)^{T-t'} \quad [2.7]$$

CUADRO 2.3
EL ACTIVO BÁSICO GENERA FLUJOS DE TESORERÍA
ESTRATEGIA *CASH AND CARRY*

POSICIÓN	FNC (t)	FNC (t')	FNC (T)
Compra activo básico	$-S_t$	C'	\tilde{S}_T
Endeudamiento	S_t		$-S_t(1+r)^{T-t}$
Posición corta futuros	0		$F_{t,T} - \tilde{S}_T$
Prestar en t'		$-C'$	$C'(1+r)^{T-t'}$
RESULTADO NETO	0	0	$F_{t,T} - S_t(1+r)^{T-t} + C'(1+r)^{T-t'}$

Por otra parte, puesto que pueden utilizarse todos los recursos procedentes de una venta en descubierto, es posible construir una cartera con una estrategia *reverse cash and carry*: venta en descubierto del activo básico, prestar la cantidad obtenida de la venta y posición larga en futuros. Tampoco se requiere inversión para tomar esta posición, tal y como refleja la suma de la columna de flujos netos de caja en el momento inicial del Cuadro 2.4.

En t' el tenedor de esta cartera tiene que pagar a quien compró el activo subyacente el flujo de tesorería C' , siendo necesario pedir prestada esa cantidad. De nuevo, el resultado de la cartera en ese momento intermedio es nulo.

En el vencimiento del contrato de futuros, se acepta la entrega del activo subyacente y se paga su precio \tilde{S}_T ; este activo se destina a cubrir la posición en descubierto en el mercado de contado. El resultado de la posición en futuros es $\tilde{S}_T - F_{t,T}$ y se cancelan el préstamo concedido en el momento inicial y el endeudamiento de t' .

CUADRO 2.4
EL ACTIVO BÁSICO GENERA FLUJOS DE TESORERÍA
ESTRATEGIA REVERSE CASH AND CARRY

POSICIÓN	FNC (t)	FNC (t')	FNC (T)
Venta activo básico	S_t	$-C'$	$-\tilde{S}_T$
Prestar	$-S_t$		$S_t(1+r)^{T-t}$
Posición larga futuros	0		$\tilde{S}_T - F_{t,T}$
Endeudamiento en t'		C'	$-C'(1+r)^{T-t'}$
RESULTADO NETO	0	0	$S_t(1+r)^{T-t} - F_{t,T} - C'(1+r)^{T-t'}$

De nuevo, el resultado cierto de la cartera no puede ser positivo, teniéndose que:

$$S_t(1+r)^{T-t} - F_{t,T} - C'(1+r)^{T-t'} \leq 0$$

y al resolver por el precio de futuros:

$$F_{t,T} \geq S_t(1+r)^{T-t} - C'(1+r)^{T-t'} \quad [2.8]$$

La combinación de las expresiones [2.7] y [2.8] resulta en el precio de futuros de equilibrio:

$$F_{t,T} = S_t(1+r)^{T-t} - C'(1+r)^{T-t'} \quad [2.9]$$

Expresión que indica que el precio de futuros de equilibrio, es igual a la suma del precio de contado del activo básico y del coste de oportunidad de mantener dicho subyacente hasta el vencimiento del contrato, y se reduce en el valor en la maduración de los flujos de caja generados durante la vida del contrato de futuros.

2.3.3. Costes de Transacción y Restricciones a las Ventas en Descubierta

En los apartados anteriores, para obtener la expresión del precio de futuros de equilibrio se ha supuesto que los mercados son perfectos. En ese contexto no existen costes de transacción, las tasas de préstamo y de endeudamiento coinciden y se pueden utilizar todos los recursos procedentes de las ventas en descubierta. Ahora se trata de relajar estos supuestos e introducir las imperfecciones que afectan a las oportunidades de arbitraje y, por tanto, al precio de futuros de equilibrio.

En primer lugar, la existencia de costes de transacción implica que existan diferenciales entre los precios de una posición larga y corta en futuros y en el activo básico, así como entre las tasas de préstamo y de endeudamiento. Segundo, aun cuando el activo subyacente del contrato de futuros pueda venderse en descubierta, existen restricciones para utilizar todos los recursos obtenidos.

En este contexto se obtendrá el precio para las posiciones corta y larga en futuros, suponiendo que el activo subyacente no genera flujos de tesorería durante la vida del contrato y que su coste de posesión es nulo. Se utiliza la siguiente notación:

S_t^v es el precio de venta del activo básico en t .

\tilde{S}_T^v indica el precio de venta del activo subyacente en la maduración del contrato, y que no se conoce con certeza cuando se toma la posición en futuros.

S_t^c es el precio de compra del activo básico en t .

\tilde{S}_T^c es el precio de compra del activo subyacente en la maduración del contrato, no conocido con certeza cuando se toma la

posición en futuros.

$F_{t,T}^V$ indica el precio para una posición corta en el contrato de futuros.

$F_{t,T}^C$ es el precio para una posición larga en el contrato de futuros.

r^p es la tasa de préstamo anual, constante durante la vida del contrato de futuros.

r^e es la tasa de endeudamiento anual, constante durante la vida del contrato de futuros.

η indica el importe de los costes de transacción, que se pagan en el vencimiento.

μ es la proporción de recursos procedentes de la venta en descubierto del activo básico que pueden utilizarse, $0 \leq \mu < 1$

Considérese una cartera formada por la compra del activo subyacente por el que se paga S_t^c , endeudamiento para financiar esa compra y posición corta en futuros. Los resultados de esta cartera se resumen en el Cuadro 2.5, y la suma de los flujos de tesorería del momento inicial indica que no es necesario realizar inversión.

En la maduración, para cancelar la posición corta en futuros se entrega el activo que se compró en el mercado de contado y se obtiene un flujo de tesorería igual a \tilde{S}_T^V . El beneficio o pérdida del contrato de futuros es $F_{t,T}^V - \tilde{S}_T^V$, se reintegra el préstamo junto con los intereses correspondientes y se pagan los costes de transacción.

La ausencia de oportunidades de arbitraje sin coste requiere que el flujo de caja final de esta cartera, en el que no existe incertidumbre, no sea positivo:

$$F_{t,T}^V - S_t^c (1 + r^e)^{T-t} - \eta \leq 0$$

y al resolver se obtiene el precio de futuros para una posición corta; el resultado indica que éste no puede exceder a $S_t^c(1+r^e)^{T-t}$ en una cantidad superior a los costes de transacción,

$$F_{t,T}^v \leq S_t^c(1+r^e)^{T-t} + \eta \quad [2.10]$$

CUADRO 2.5

COSTES DE TRANSACCIÓN. ESTRATEGIA CASH AND CARRY

POSICIÓN	FNC (t)	FNC (T)
Compra activo básico	$-S_t^c$	\tilde{S}_T^v
Endeudamiento	S_t^c	$-S_t^c(1+r^e)^{T-t}$
Posición corta futuros	0	$F_{t,T}^v - \tilde{S}_T^v$
Costes de transacción	0	$-\eta$
RESULTADO NETO	0	$F_{t,T}^v - S_t^c(1+r^e)^{T-t} - \eta$

Alternativamente se puede construir una cartera formada con una posición larga en futuros, venta en descubierto del activo subyacente por el que se obtiene S_t^v , y de los ingresos obtenidos de la venta en descubierto se presta una proporción μ a la tasa r^p ; la cantidad restante permanece inmovilizada hasta el vencimiento del contrato de futuros, o bien se realiza un depósito sin remuneración. Con ello, el flujo de caja inicial de esta cartera es nulo, como se recoge en el Cuadro 2.6.

En el vencimiento se acepta la entrega del activo subyacente del contrato de futuros, que se destina a cubrir la posición en descubierto del mercado de contado. El resultado incierto del contrato de futuros es $\tilde{S}_T^c - F_{t,T}^c$, se recuperan los fondos que se prestaron y los intereses

correspondientes, el depósito seguirá siendo del mismo importe y se pagan los costes de transacción.

CUADRO 2.6

COSTES DE TRANSACCIÓN. ESTRATEGIA *REVERSE CASH AND CARRY*

<i>POSICIÓN</i>	<i>FNC (t)</i>	<i>FNC (T)</i>
<i>Posición larga futuros</i>	0	$\tilde{S}_T^c - F_{t,T}^c$
<i>Venta activo básico</i>	S_t^v	$-\tilde{S}_T^c$
<i>Prestar</i>	$-\mu S_t^v$	$\mu S_t^v (1 + r^p)^{T-t}$
<i>Depósito sin remunerar</i>	$-(1 - \mu) S_t^v$	$(1 - \mu) S_t^v$
<i>Costes de transacción</i>	0	$-\eta$
RESULTADO NETO	0	$\mu S_t^v (1 + r^p)^{T-t} - F_{t,T}^c + (1 - \mu) S_t^v - \eta$

El resultado neto de la cartera es cierto, y para que no existan oportunidades de arbitraje no puede ser positivo,

$$\mu S_t^v (1 + r^p)^{T-t} - F_{t,T}^c + (1 - \mu) S_t^v - \eta \leq 0$$

Al resolver se obtiene el precio de futuros para una posición larga,

$$F_{t,T}^c \geq \mu S_t^v (1 + r^p)^{T-t} + (1 - \mu) S_t^v - \eta \quad [2.11]$$

El precio de liquidación, $F_{t,T}$, está comprendido entre el precio de compra y el de venta, e incluso en algunos mercados el diferencial es muy pequeño (Siegel y Siegel (1990)). Es decir:

$$F_{t,T}^c \leq F_{t,T} \leq F_{t,T}^v$$

y al sustituir las expresiones [2.10] y [2.11],

$$\mu S_t^v (1 + r^p)^{T-t} + (1 - \mu) S_t^v - \eta \leq F_{t,T} \leq S_t^c (1 + r^e)^{T-t} + \eta \quad [2.12]$$

El precio de futuros no está determinado de forma exacta, sino que está acotado superior e inferiormente. Cuando está comprendido entre esos límites no existen oportunidades de arbitraje, ya que las ganancias obtenidas de las estrategias de arbitraje no son suficientes para satisfacer los costes de transacción en que se incurre.

2.3.4. Precio de Futuros con Opciones de Entrega

En algunos contratos de futuros la posición corta tiene la posibilidad de elegir qué activo entregará, cuándo y dónde. Es decir, existen opciones de calidad, temporal y de localización.

La posición corta se beneficia de estas opciones cuando tienen valor. En este caso, el precio de futuros tiene que ser más reducido para compensar al comprador por el riesgo adicional que soporta en la liquidación del contrato, ya que no sabe con certeza qué activo del conjunto de entregables recibirá, ni cuándo ni dónde se realizará la entrega.

La existencia de esas opciones condiciona los resultados de una estrategia *reverse cash and carry* (venta en descubierto del activo básico y posición larga en futuros), ya que puede ocurrir que el activo que entregue la posición corta no sea el que se necesite para cubrir la posición en descubierto en el mercado de contado, ni tampoco se conoce el momento del tiempo concreto en que se liquida el contrato.

A continuación se trata de derivar una expresión general para el precio de futuros, para que no existan oportunidades de arbitraje sin riesgo, y cuando el contrato posee una opción temporal o de calidad. En ocasiones en un contrato coexisten ambas opciones, pero la literatura existente las analiza de forma separada y todavía no se ha obtenido una solución satisfactoria cuando se consideran de forma conjunta, ya que en ese caso existe una interacción entre ambas⁵.

⁵No se hace referencia a la opción de localización porque ésta puede considerarse como un tipo de opción de calidad.

2.3.4.1. Opción de Calidad

La opción de calidad permite a la posición corta seleccionar el activo del conjunto de entregables, previamente especificado, que utilizará para liquidar el contrato en el vencimiento. Puesto que la mejor estrategia para el vendedor es aquélla que maximiza el beneficio, elegirá el activo que en la maduración tenga el precio más reducido.

Esta opción sólo tiene valor si cuando se compra el contrato de futuros no se conoce con certeza qué activo entregable será el más barato en el vencimiento⁶. En este caso, el precio de futuros debe ser más reducido que el que corresponde a un contrato en el que no existe esa opción.

Para comprobar esta afirmación se supone que los mercados de futuros y de contado son perfectos, y que la liquidación diaria no afecta a los precios de futuros por lo que coinciden con los precios a plazo.

Consideremos dos contratos de futuros que sólo difieren en que uno de ellos requiere la entrega de un activo específico, mientras que en el otro existe un conjunto de activos de entre los que el tenedor de la posición corta puede elegir, esto es, contiene una opción que el permite elegir la calidad a entregar. Sea:

$F_{t,T}^i$ el precio de futuros en el momento actual, t , para un contrato que en el vencimiento, T , requiere la entrega del activo i .

$F_{t,T}$ el precio de futuros para un contrato en el que existe un conjunto de n activos entregables.

\tilde{S}_T^i el precio de contado del activo i en la maduración del contrato de futuros.

$\{\tilde{S}_T^j\}_{j=1,2,\dots,i,\dots,n}$ el conjunto de precios de contado de los activos $j = 1, 2, \dots, i, \dots, n$ en la fecha de vencimiento de los contratos de futuros.

Se trata de demostrar que el precio de futuros para el contrato en el que existe un conjunto de activos entregables es inferior al del contrato en el que no existe esta opción de calidad, esto es: $F_{t,T} \leq F_{t,T}^i$. Para ello

⁶Gay y Manaster (1984)

considérese una cartera formada por una posición larga en el contrato con precio de futuros $F_{t,T}^i$ y posición corta en el contrato con precio $F_{t,T}$. El Cuadro 2.7 resume sus flujos de tesorería.

CUADRO 2.7
OPCIÓN DE CALIDAD. REDUCCIÓN DEL PRECIO DE FUTUROS

POSICIÓN	FNC (t)	FNC (T)
Posición larga $F_{t,T}^i$	0	$\tilde{S}_T^i - F_{t,T}^i$
Posición corta $F_{t,T}$	0	$F_{t,T} - \min_j \{ \tilde{S}_T^j \}$
RESULTADO NETO	0	$F_{t,T} - F_{t,T}^i + \left[\tilde{S}_T^i - \min_j \{ \tilde{S}_T^j \} \right]$

El beneficio o pérdida en el vencimiento de la posición larga en futuros es $\tilde{S}_T^i - F_{t,T}^i$. La venta del contrato ofrece la posibilidad de entregar el activo más barato, y el resultado de la posición corta es $F_{t,T} - \min_j \{ \tilde{S}_T^j \}$.

Para construir esta cartera no se requiere inversión, y la ausencia de oportunidades de arbitraje sin riesgo garantiza que el resultado final no sea positivo,

$$F_{t,T} - F_{t,T}^i + \left[\tilde{S}_T^i - \min_j \{ \tilde{S}_T^j \} \right] \leq 0 \quad [2.13]$$

y como la diferencia entre los precios de contado es no negativa, $\tilde{S}_T^i - \min_j \{ \tilde{S}_T^j \} \geq 0$, debe ocurrir que:

$$F_{t,T} - F_{t,T}^i \leq 0$$

o bien,

$$F_{t,T} \leq F_{t,T}^i \quad [2.14]$$

El inversor puede obtener beneficios si no se verifica la expresión anterior y realiza las transacciones indicadas anteriormente. Esta estrategia no requiere inversión inicial y no existen flujos de tesorería hasta el vencimiento de los contratos. Para cancelar la posición larga se paga el precio de futuros $F_{t,T}^i$ y se recibe el activo i , que puede entregarse para liquidar la posición corta obteniéndose $F_{t,T}$. El resultado total de esta estrategia es positivo e igual a $F_{t,T} - F_{t,T}^i$.

Ambos precios sólo coincidirán si la opción no tiene valor, lo que sucederá cuando el activo entregable i sea en cualquier momento del tiempo hasta el vencimiento, el óptimo para liquidar el contrato que permite elegir entre n activos. Esto es:

$$\tilde{S}_k^i = \min_j \left\{ \tilde{S}_k^j \right\} \quad \forall k = t, t+1, \dots, T$$

En este caso la estrategia considerada ofrece un flujo de tesorería en el vencimiento conocido con certeza e igual a $F_{t,T} - F_{t,T}^i$, y puesto que no fue necesario realizar inversión, debe verificarse que,

$$F_{t,T} = F_{t,T}^i \quad [2.15]$$

En consecuencia, la opción sólo tiene valor si su presencia reduce el precio de futuros de equilibrio respecto al de otro contrato que únicamente difiere en que exige la entrega de un activo específico.

Analizada la relación entre los precios de futuros asociados a contratos con y sin opción de calidad, resta por determinar la expresión del precio de futuros de equilibrio cuando el contrato contiene dicha opción. Para simplificar se supone que los activos entregables no generan flujos de tesorería durante la vida del contrato y que su coste de posesión es nulo. Sea:

$F_{t,T}$ el precio de futuros en el momento inicial, t , para un contrato con vencimiento en T , que permite la entrega de cualquier activo del conjunto de entregables.

$\{S_t^j\}$ el conjunto de precios de contado a comienzos del período para los n activos entregables, $j = 1, 2, \dots, i, \dots, n$.

r es la tasa libre de riesgo anual, constante durante todo el período

$O_t(S_t^i; T; S_T^j)$ es el valor en t de una opción de cambio con vencimiento en T . Su tenedor posee el derecho de cambiar el activo básico j por el i , es decir, comprar el activo i al precio del j .

Considérese la siguiente estrategia. En el momento inicial se compra un activo entregable, por ejemplo el activo i , se toma una posición corta en futuros, se vende una opción de cambio y se pide prestado el valor actual del precio de futuros. Los flujos de tesorería de esta cartera se resumen en el Cuadro 2.8.

La compra del activo básico requiere un desembolso de S_t^i , por la venta de la opción se ingresa $O_t(S_t^i; T; S_T^j)$ y del endeudamiento se obtiene $F_{t,T}(1+r)^{-(T-t)}$. La suma de estos flujos de caja indica la inversión necesaria para construir esta cartera,

$$F_{t,T}(1+r)^{-(T-t)} - S_t^i + O_t(S_t^i; T; S_T^j) \quad [2.16]$$

El beneficio o pérdida del contrato de futuros en la fecha de vencimiento es $F_{t,T} - \min_j \{\tilde{S}_T^j\}$, ya que se entrega el activo subyacente que tiene el precio más reducido⁷; el desembolso necesario para liquidar la posición en la opción de cambio es igual al $\max_j \{\tilde{S}_T^i - \tilde{S}_T^j; 0\}$; del activo que se compró a comienzos del período se obtiene un flujo de tesorería igual a \tilde{S}_T^i , ya sea porque se entrega para cancelar la posición en futuros si éste es el más barato o porque, si existe otro con precio más reducido,

⁷El precio de futuros para un contrato de entrega inmediata debe ser igual al precio de contado del más barato a entregar, esto es: $\tilde{F}_{T,T} = \min_j \{\tilde{S}_T^j\}$. En caso contrario existirían oportunidades de arbitraje sin riesgo.

se vende en el mercado de contado; por último se devuelven los fondos que se pidieron prestados más los intereses correspondientes, lo que hace necesario un desembolso igual al precio de futuros $F_{t,T}$.

CUADRO 2.8

OPCIÓN DE CALIDAD. PRECIO DE FUTUROS DE EQUILIBRIO

POSICIÓN	FNC (t)	FNC (T)
Compra activo i	$-S_t^i$	\tilde{S}_T^i
Posición corta futuros	0	$F_{t,T} - \min_j \{ \tilde{S}_T^j \}$
Venta opción	$O_t(S_t^i; T; S_T^j)$	$-\max_j \{ \tilde{S}_T^i - \tilde{S}_T^j; 0 \}$
Endeudamiento	$F_{t,T} (1+r)^{-(T-t)}$	$-F_{t,T}$
RESULTADO NETO	$F_{t,T} (1+r)^{-(T-t)} - S_t^i + O_t(S_t^i; T; S_T^j)$	0

El resultado final de esta cartera es nulo⁸ y, para que no existan oportunidades de arbitraje, la inversión inicial requerida debe ser nula. Si se iguala la expresión [2.16] a cero y se resuelve por el precio de futuros,

$$F_{t,T} = \left[S_t^i - O_t(S_t^i; T; S_T^j) \right] (1+r)^{(T-t)} \quad [2.17]$$

Esta expresión indica que el precio de futuros se reduce en el valor en el vencimiento de la opción. La literatura existente aporta diversos métodos para estimar el valor de la opción, pero no existe un opinión unánime acerca de cuál es mejor. La razón de esta discrepancia es que estas opciones no se negocian en mercados organizados y por tanto no es posible comparar los valores teóricos con los de mercado.

⁸ $\tilde{S}_T^i - \max_j \{ \tilde{S}_T^i - \tilde{S}_T^j; 0 \} = \min_j \{ \tilde{S}_T^j \}$

2.3.4.2. Opción Temporal

La opción temporal permite a la posición corta elegir el día, de un período previamente especificado, en el que efectuará la entrega. El vendedor realiza esta elección de forma que se maximicen los beneficios que puede obtener del contrato. El valor de la opción depende de la tasa libre de riesgo y de la existencia, o no, de flujos de tesorería asociados al activo básico durante el período de entrega.

Si el activo subyacente no genera flujos de tesorería durante el período de entrega, la opción carece de valor y es óptimo entregar tan pronto como sea posible. Esto es así porque no se gana nada por posponer la entrega, sino que se pierde la remuneración que se podría obtener por la inversión del precio de futuros a comienzos del período⁹. En este caso se demostrará que los precios de futuros para dos contratos que sólo difieren en que uno de ellos contiene la opción temporal coinciden.

Por el contrario, cuando el activo subyacente genera flujos de tesorería durante el período de entrega, la opción puede tener valor y el precio de futuros debe ser más reducido que el que corresponde a otro contrato que no posee esa flexibilidad. No obstante, el valor de la misma depende del *trade-off* entre recibir esos flujos de tesorería y la remuneración por la inversión del precio de futuros a la tasa libre de riesgo; cuanto mayores sean éstos, más probable es que sea óptimo posponer la entrega y la posición corta valore más la opción.

A continuación se trata de obtener una expresión del precio de futuros de equilibrio para un contrato que contiene una opción temporal. A partir de ésta se comprobará la igualdad de precios cuando el valor de la misma es nulo.

Inicialmente se establecen las hipótesis de que los mercados son perfectos y que la liquidación diaria no afecta a los precios de futuros, de forma que éstos coinciden con los precios a plazo.

Considérense dos contratos de futuros que sólo difieren en que uno de ellos requiere la entrega en T_1 , mientras que el otro permite la entrega en cualquier momento del tiempo del intervalo $[T_1, T_2]$. También se

⁹Esto también es cierto para contratos sobre activos físicos, ya que además del coste de oportunidad por no invertir el precio de futuros también se soporta el coste de posesión (almacenamiento, seguros, etc.).

supone que el activo básico no genera flujos de tesorería durante el período de tiempo comprendido entre el momento inicial, t , y el vencimiento del contrato que no posee la opción¹⁰ y que su coste de posesión es nulo. Sean:

F_{t,T_1} el precio de futuros en el momento inicial, t , para un contrato que requiere la entrega en T_1 .

$F_{t,[T_1,T_2]}$ el precio de futuros en t para el contrato que permite la entrega en cualquier momento del tiempo del intervalo $[T_1, T_2]$.

$C(T_1, T)$ es el valor en T_1 de todos los flujos de tesorería generados por el activo subyacente durante el período de entrega, $T_1 \leq T \leq T_2$.

Para obtener la expresión del precio de futuros en el contrato que contiene la opción temporal, $F_{t,[T_1,T_2]}$, se construye una cartera formada por una posición larga en el contrato que requiere la entrega en T_1 y una posición corta en el contrato que contiene la opción de entrega en el intervalo $[T_1, T_2]$. Inicialmente no es necesario realizar inversión, tal y como se muestra en la primera columna del Cuadro 2.9.

En T_1 madura el contrato que no posee la opción. El beneficio o pérdida de esta posición es $\tilde{S}_{T_1} - F_{t,T_1}$, se acepta la entrega del activo subyacente por el que se paga su precio \tilde{S}_{T_1} , y se pide prestada la cantidad F_{t,T_1} . De esta forma el resultado de la cartera en T_1 es nulo.

La posición corta del contrato con la opción temporal puede entregar en T_1 o posponer la entrega; esta elección la realiza de forma que se maximicen los resultados de su posición. Considérese que el momento de entrega, no conocido con certeza a comienzos del período es en T , tal que $T_1 \leq T \leq T_2$.

¹⁰La relajación de esta hipótesis no altera la expresión final obtenida.

El flujo de tesorería de la posición corta en el contrato de futuros es $F_{t,[T_1,T_2]} - \tilde{S}_T$. El activo subyacente que se tiene por el vencimiento del contrato en T_1 se entrega para cancelar la posición corta en futuros y se obtiene su precio de contado \tilde{S}_T . También se reciben los flujos de tesorería que ha generado desde T_1 hasta T , cuyo valor es $C(T_1, T)(1+r)^{T-T_1}$ y se reintegra el préstamo junto con los intereses correspondientes.

CUADRO 2.9

OPCIÓN TEMPORAL. PRECIO DE FUTUROS DE EQUILIBRIO

POSICIÓN	FNC (t)	FNC (T ₁)	FNC (T)
Posición larga F_{t,T_1}	0	$\tilde{S}_{T_1} - F_{t,T_1}$	
Posición corta $F_{t,[T_1,T_2]}$	0		$F_{t,[T_1,T_2]} - \tilde{S}_T$
Aceptar entrega (T ₁)		$-\tilde{S}_{T_1}$	$\tilde{S}_T + C(T_1, T)(1+r)^{T-T_1}$
Endeudamiento (T ₁)		F_{t,T_1}	$-F_{t,T_1}(1+r)^{T-T_1}$
RESULTADO NETO	0	0	$F_{t,[T_1,T_2]} - [F_{t,T_1} - C(T_1, T)](1+r)^{T-T_1}$

El resultado de esta cartera en T es conocido con certeza e igual a:

$$F_{t,[T_1,T_2]} - [F_{t,T_1} - C(T_1, T)](1+r)^{T-T_1}$$

lo que es equivalente a recibir en T_1 el flujo de tesorería:

$$F_{t,[T_1,T_2]}(1+r)^{-(T-T_1)} - [F_{t,T_1} - C(T_1, T)]$$

Anteriormente se ha indicado que la elección del momento óptimo de entrega, T , se corresponde con aquél en el que se maximiza el resultado

del período comprendido entre T_1 y T_2 . La inversión inicial requerida para construir esta cartera fue nula, y para que no existan oportunidades de beneficios de arbitraje sin riesgo su importe máximo no puede ser positivo,

$$\max_{T \in [T_1, T_2]} \left\{ F_{t, [T_1, T_2]} (1+r)^{-(T-t)} - [F_{t, T_1} - C(T_1, T)] \right\} \leq 0 \quad [2.18]$$

Para cada momento del tiempo T en ese intervalo $[T_1, T_2]$ se tiene un valor de esta expresión, y una vez que se ha obtenido el que la maximiza se conocerá el precio de futuros para el contrato que contiene la opción temporal, $F_{t, [T_1, T_2]}$.

A partir de la ecuación [2.18] también se deduce que el precio de futuros para el contrato con la opción no puede ser superior al que corresponde al contrato que requiere la entrega en un determinado momento del tiempo, esto es:

$$F_{t, [T_1, T_2]} \leq F_{t, T_1} \quad [2.19]$$

Además si el contrato no genera flujos de tesorería durante el período de entrega,

$$C(T_1, T) = 0 \quad \forall T \in [T_1, T_2]$$

el valor máximo de [2.18] se alcanza cuando la entrega se realiza a comienzos del período, es decir cuando $T = T_1$. En este contexto la opción no tiene valor y ambos contratos son equivalentes; para que no existan oportunidades de arbitraje sin riesgo, los precios de futuros deben coincidir,

$$F_{t, [T_1, T_2]} = F_{t, T_1} \quad [2.20]$$

que pueden calcularse por alguna de las expresiones obtenidas anteriormente, [2.6] o [2.9], según existan o no flujos de tesorería asociados al activo subyacente en el período que transcurre desde el momento inicial t hasta el vencimiento T_1 .

2.3.5. Modelo Cost of Carry: Evidencia Empírica

Diversas pruebas empíricas se han realizado para comprobar la relación entre el precio de futuros y el de contado, así como para la incorporación de modificaciones en los supuestos del *Modelo Cost of Carry* original. Entre éstas cabe destacar la extensión a un modelo de equilibrio general realizada por Richard y Sundaresan (1981), la de Hemler y Longstaff (1991) que, con el mismo fin, incorporan la volatilidad del mercado y tipos de interés estocásticos para futuros sobre índices, y Dwyer, Locke y Yu (1996) que consideran una relación no lineal entre precios de futuros y de contado.

En las pruebas empíricas los resultados no son completamente satisfactorios y dependen en gran medida de los contratos utilizados así como del período de tiempo para el que se realizan.

En futuros sobre índices, Cornell y French (1983) observan que el precio de futuros es inferior al que se deduce del modelo, pero que ello es debido al efecto de los impuestos; el mismo resultado es obtenido por Figlewski (1984). Theobald y Yallup (1996) y Green y Joujon (2000) obtienen resultados mixtos: no existen oportunidades de arbitraje en algunos años del período considerado, pero sí en otros. Sarno y Valente (2000) confirman la existencia de una relación a largo plazo entre el precio de futuros y el de contado.

Aunque inicialmente los resultados empíricos muestren la existencia de oportunidades de beneficios de arbitraje en futuros sobre deuda, Kolb, Gay y Jordan (1982), Resnick y Henningar (1983), Resnick (1984), Klemkosky y Lasser (1985) y Kang y Park (2006), concluyen que el efecto de los costes de transacción las eliminaría verificándose el *Modelo Cost of Carry* para estos contratos.

En futuros sobre activos físicos, la divergencia de resultados es mayor dadas las características propias de los subyacentes. A modo de ejemplo confirman la relación de no arbitraje, al menos para el período de tiempo considerado, Heaney (1998) para contratos del London Metal Exchange y Cappola (2002) para petróleo.

2.4. ESTRUCTURA TEMPORAL DEL PRECIO DE FUTUROS

En cualquier momento del tiempo pueden existir varios contratos de futuros con el mismo activo subyacente pero con diferentes maduraciones. En este apartado se trata de obtener la relación de equilibrio entre los precios de futuros para contratos que sólo difieren en la fecha de vencimiento, y que se denomina *estructura temporal*.

Sean F_{t,T_1} y F_{t,T_2} los precios de futuros en t de dos contratos con vencimientos en T_1 y T_2 , respectivamente, siendo $t < T_1 < T_2$. Se supone que los mercados de contado y de futuros son perfectos, y que los precios de futuros coinciden con los precios a plazo. Inicialmente se considera que el activo subyacente no genera flujos de tesorería durante el período comprendido entre los vencimientos de los contratos y que su coste de posesión es nulo.

Considérese una cartera formada por una posición larga en el contrato con vencimiento en T_1 y una posición corta en el contrato con vencimiento en T_2 . No se paga nada para tomar una posición en futuros y el coste inicial de esta cartera es nulo como se indica en el Cuadro 2.10.

En T_1 vence el contrato con precio F_{t,T_1} . El beneficio o pérdida de la posición es la diferencia entre el precio de contado en ese momento, no conocido con certeza cuando se toma la posición, y el precio de futuros, $\tilde{S}_{T_1} - F_{t,T_1}$. Se acepta la entrega del activo subyacente y se paga su precio, \tilde{S}_{T_1} . Finalmente se pide prestada la cantidad F_{t,T_1} . En consecuencia, el resultado neto de la cartera en T_1 es nulo.

En la maduración del contrato con precio F_{t,T_2} , se tendrán los siguientes flujos de caja: la posición corta en futuros tiene un resultado incierto igual a la diferencia entre el precio de futuros y el de contado del subyacente, $F_{t,T_2} - \tilde{S}_{T_2}$. El activo básico que se tiene por el vencimiento del contrato en T_1 se entrega para cancelar esa posición corta en futuros, y se obtiene su precio en el mercado de contado, no

conocido con certeza a comienzos del período e igual a \tilde{S}_{T_2} . Por último se devuelven los recursos que se pidieron prestados en T_1 junto con los intereses.

A inversión nula no puede corresponder un beneficio cierto positivo,

$$F_{t,T_2} - F_{t,T_1}(1+r)^{T_2-T_1} \leq 0$$

y al resolver por F_{t,T_2} ,

$$F_{t,T_2} \leq F_{t,T_1}(1+r)^{T_2-T_1} \quad [2.21]$$

CUADRO 2.10

ESTRUCTURA TEMPORAL DEL PRECIO DE FUTUROS

POSICIÓN	FNC (t)	FNC (T ₁)	FNC (T ₂)
Posición larga F_{t,T_1}	0	$\tilde{S}_{T_1} - F_{t,T_1}$	
Posición corta F_{t,T_2}	0		$F_{t,T_2} - \tilde{S}_{T_2}$
Aceptar entrega (T ₁)		$-\tilde{S}_{T_1}$	\tilde{S}_{T_2}
Endeudamiento (T ₁)		F_{t,T_1}	$-F_{t,T_1}(1+r)^{T_2-T_1}$
RESULTADO NETO	0	0	$F_{t,T_2} - F_{t,T_1}(1+r)^{T_2-T_1}$

Si no existen restricciones para utilizar todos los recursos procedentes de una venta en descubierto se puede construir una cartera, sin realizar inversión inicial, con una posición corta en el contrato con vencimiento en T_1 y una posición larga en el contrato con vencimiento en T_2 . En el Cuadro 2.11 se muestran los flujos de tesorería en cada momento del tiempo.

En T_1 , del vencimiento del contrato de futuros se obtiene un resultado incierto igual a la diferencia entre el precio de futuros pactado y el del subyacente en el mercado de contado, $F_{t,T_1} - \tilde{S}_{T_1}$. Para cubrir esta posición corta en futuros se pide prestado el activo básico y se entrega. Por último se presta la cantidad F_{t,T_1} hasta T_2 . El resultado de la cartera en este momento del tiempo es nulo.

CUADRO 2.11
ESTRUCTURA TEMPORAL DEL PRECIO DE FUTUROS

POSICIÓN	FNC (t)	FNC (T_1)	FNC (T_2)
Posición corta F_{t,T_1}	0	$F_{t,T_1} - \tilde{S}_{T_1}$	
Posición larga F_{t,T_2}	0		$\tilde{S}_{T_2} - F_{t,T_2}$
Pedir prestado y entregar (T_1)		\tilde{S}_{T_1}	$-\tilde{S}_{T_2}$
Prestar (T_1)		$-F_{t,T_1}$	$F_{t,T_1}(1+r)^{T_2-T_1}$
RESULTADO NETO	0	0	$F_{t,T_1}(1+r)^{T_2-T_1} - F_{t,T_2}$

El contrato de futuros ofrece, al final del período, un resultado incierto de $\tilde{S}_{T_2} - F_{t,T_2}$; se acepta la entrega del activo básico que se destina a cancelar la posición en descubierto en el mercado de contado, y de la cantidad que se prestó se recupera el principal más los intereses correspondientes.

Con inversión nula, para que no existan oportunidades de beneficios de arbitraje, el resultado neto de la cartera en T_2 no puede ser positivo,

$$F_{t,T_1}(1+r)^{T_2-T_1} - F_{t,T_2} \leq 0$$

y al resolver,

$$F_{t, T_2} \geq F_{t, T_1} (1 + r)^{T_2 - T_1} \quad [2.22]$$

La combinación de las expresiones [2.21] y [2.22] permite obtener la relación temporal entre los precios de futuros, cuando no existen flujos de tesorería asociados al activo básico durante el período de tiempo comprendido entre T_1 y T_2 ,

$$F_{t, T_2} = F_{t, T_1} (1 + r)^{T_2 - T_1} \quad [2.23]$$

En definitiva, el precio de futuros con el vencimiento más distante es superior al de maduración más próxima, indicando que es una función creciente del tiempo hasta el vencimiento. La diferencia entre ambos refleja el coste de mantener el activo subyacente desde T_1 hasta T_2 .

Cuando existen flujos de tesorería asociados al activo subyacente entre T_1 y T_2 , la relación entre los precios de futuros viene dada por:

$$F_{t, T_2} = F_{t, T_1} (1 + r)^{T_2 - T_1} - C (1 + r)^{T_2 - T} \quad [2.24]$$

siendo C el flujo de tesorería que se recibe en T y $C (1 + r)^{T_2 - T}$ su valor final en T_2 .

En este contexto el precio de futuros con vencimiento más lejano, F_{t, T_2} , puede ser superior o inferior al de maduración más próxima. En el primer caso indica que el coste de mantener el activo básico desde T_1 hasta T_2 excede al valor final de los flujos de tesorería que genera, indicando que el precio de futuros es una función creciente del tiempo hasta la maduración. En caso contrario, cuando el coste de mantener el activo básico desde un vencimiento hasta el otro es inferior al valor final de los flujos de tesorería, el precio de futuros es una función decreciente del tiempo hasta la maduración¹¹.

¹¹Este resultado está directamente relacionado con el valor de la opción temporal. Ésta no tiene valor si el precio de futuros es una función creciente del tiempo hasta la maduración; sin embargo, cuando la relación es decreciente la opción tiene valor.

2.5. ESTRUCTURA INTERTEMPORAL DEL PRECIO DE FUTUROS

El *Modelo Cost of Carry* analizado permite obtener, en un momento del tiempo anterior al vencimiento, el precio de futuros en relación al de contado del activo subyacente; la condición de equilibrio requiere que no existan oportunidades de beneficios de arbitraje sin coste. Además refleja las expectativas acerca del precio que tendrá el activo básico en la maduración del contrato; por ello también existe una conexión entre el precio de futuros y el de contado esperado, $E(\tilde{S}_T)$, que se denomina *estructura intertemporal del precio de futuros*.

En condiciones de certeza esta relación se verifica en términos de igualdad, obteniéndose la *hipótesis de expectativas insesgadas del precio de futuros*. Si existe incertidumbre también se puede satisfacer este resultado, pero sólo si los agentes que toman posiciones son neutrales al riesgo. En este contexto en el que el precio de futuros pronostica correctamente el de contado que prevalecerá en el vencimiento, los flujos de tesorería esperados de una posición en futuros son nulos.

Sin embargo las situaciones señaladas, certeza o neutralidad al riesgo, no se corresponden con la realidad, y la evidencia empírica confirma que los cambios en los precios de futuros no son completamente aleatorios, lo que es consistente con la idea de la existencia de un sesgo¹².

De hecho Keynes (1930), con la formulación de la Teoría de la *Normal Backwardation*, ya postulaba la existencia de esta desviación entre el precio de futuros y la expectativa del de contado. En base a este planteamiento, la causa de tal discrepancia tiene su origen en que los agentes que toman posiciones con fines de cobertura tienen que pagar a

¹²Beck (1994) atribuye el sesgo en el precio de futuros a la incapacidad del mercado para incorporar la información disponible en un momento del tiempo, que permitiría predecir el precio de contado del subyacente en el vencimiento del contrato. Brenner y Kroner (1995) argumentan que el coste de mantener el activo podría explicar la diferencia entre el precio de futuros y el de contado esperado, más aún si algún componente de este coste es estocástico. La misma conclusión se extrae de Heaney (2002).

los especuladores un premio por el riesgo que soportan¹³. En ese sentido, si la posición neta de cobertura es corta, para inducir a los especuladores a tomar posiciones largas, el precio de futuros debe ser inferior al de contado esperado, mostrando una tendencia creciente conforme se aproxima el vencimiento. La relación contraria se observará si la posición neta de cobertura es larga¹⁴.

La literatura existente se centra en la explicación de las causas de estas diferencias, y se proponen dos enfoques: riesgo y presión por la cobertura.

2.5.1. Riesgo en Contratos de Futuros

Una de las propuestas para explicar las causas de este sesgo, se fundamenta en que los tenedores de posiciones en futuros soportan riesgo por el que deben ser compensados. La rentabilidad que demandan, $E(\tilde{R}_i)$, se refleja en la diferencia entre el precio de futuros asociado a un determinado contrato i , $F_{t,T}$, y la expectativa acerca del precio de contado que tendrá el subyacente en el vencimiento,

$$E(\tilde{R}_i) = E(\tilde{S}_T) - F_{t,T} \quad [2.25]$$

El precio de futuros reflejará una condición de equilibrio sólo si la rentabilidad esperada es la adecuada para el nivel de riesgo soportado.

La construcción de modelos de equilibrio general permite determinar la medida relevante del riesgo y la relación entre rentabilidad esperada y riesgo cuando los mercados están en equilibrio. En este contexto, el *modelo de valoración de activos de capital*, CAPM, determina que los inversores sólo deben ser compensados por aquella porción del riesgo de un activo que no pueden eliminar mediante la diversificación.

Tradicionalmente el CAPM se ha utilizado para obtener la relación entre rentabilidad y riesgo en mercados de renta variable. Se puede aplicar también a contratos de futuros, aunque es necesario realizar una

¹³La existencia de mercados de futuros se justifica porque permiten la transferencia de riesgo desde unos agentes hacia otros que están dispuestos a aceptarlo. El premio por esta transferencia es el cambio esperado en el tiempo del precio de liquidación o del precio de contado.

¹⁴En este caso se denomina Contango (Cootner (1960))

transformación de su versión estándar para considerar las particularidades propias de los futuros¹⁵.

Con las hipótesis de mercados perfectos y expectativas homogéneas de los inversores Sharpe (1964), Lintner (1965) y Mossin (1966) derivan un modelo de valoración de activos arriesgados en el equilibrio del mercado de capitales. Su ecuación fundamental es la *Línea del Mercado de Títulos*, SML,

$$E(\tilde{R}_j) = r + [E(\tilde{R}_M) - r] \beta_j \quad [2.26]$$

donde $E(\tilde{R}_j)$ es la tasa de rentabilidad esperada del activo j , r es la tasa libre de riesgo, $[E(\tilde{R}_M) - r]$ es el precio del mercado del riesgo e indica la rentabilidad que se puede alcanzar ante un incremento unitario del riesgo, y β_j es el coeficiente de riesgo sistemático, que muestra la volatilidad en la rentabilidad del activo j respecto a la de la cartera de mercado.

El CAPM pone de manifiesto que la rentabilidad esperada de un activo es la suma de la tasa libre de riesgo (o precio del tiempo) y del premio por el riesgo sistemático. Las consecuencias más importantes para la valoración de activos son, por una parte, que existe una relación lineal y positiva entre rentabilidad y riesgo sistemático, y por otra, sólo el riesgo sistemático es relevante para explicar la rentabilidad de los activos.

Tomando como referencia la ecuación fundamental del CAPM, puede deducirse la expresión del valor actual de un activo financiero. Si su rentabilidad total procede de la apreciación (depreciación) del precio, ésta será igual a:

$$E(\tilde{R}_j) = \frac{E(\tilde{S}_{jT}) - S_{jt}}{S_{jt}}$$

donde S_{jt} y \tilde{S}_{jT} son los precios del activo j a comienzos y al final del período, respectivamente.

¹⁵Con el trabajo de Dusak (1973) se inicia el estudio del premio por riesgo en mercados de futuros con la estructura del CAPM. Otra especificación posible es con un modelo multifactorial.

En un mercado eficiente el precio de un activo financiero debe coincidir con su valor intrínseco, y por tanto:

$$E(\tilde{R}_j) = \frac{E(\tilde{V}_{jT}) - V_{jt}}{V_{jt}} \quad [2.27]$$

Al sustituir [2.27] en [2.26], esto es en la ecuación del CAPM, y reordenar términos, se obtiene una expresión del valor actual del activo, que indica que éste es la diferencia entre su valor esperado y un ajuste por el riesgo, actualizado a la tasa libre de riesgo,

$$V_{jt} = \frac{E(\tilde{V}_{jT}) - \left[E(\tilde{R}_M) - r \right] \left[\frac{\text{cov}(V_{jT}, \tilde{R}_M)}{\text{var}(\tilde{R}_M)} \right]}{1 + r} \quad [2.28]$$

La adaptación de la expresión del CAPM a contratos de futuros, requiere tener en cuenta la distinción entre el precio de futuros y el valor del contrato. El primero hace referencia al precio al que se realizará la transacción en el vencimiento, y que se establece de forma que el valor inicial del contrato sea nulo.

Si además los mercados son perfectos y las tasas de interés son deterministas, la liquidación diaria no tiene efectos sobre el precio de futuros y el valor del contrato en la fecha de vencimiento es la diferencia entre el precio de futuros inicial y final. Por ello se verifican las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned} \tilde{V}_{iT} &= \tilde{F}_{T,T} - F_{t,T} \\ V_{it} &= 0 \end{aligned} \quad [2.29]$$

donde:

\tilde{V}_{iT} es el valor del contrato de futuros i en la fecha de vencimiento, no conocido con certeza a comienzos del período.

V_{it} indica el valor del contrato i cuando se inicia la negociación.

$\tilde{F}_{T,T}$ es el precio de futuros en la maduración.

$F_{t,T}$ es el precio de futuros a comienzos del período.

Al sustituir estas relaciones en la expresión [2.28] anterior, se tiene que:

$$0 = \frac{E(\tilde{F}_{T,T}) - F_{t,T} - \gamma \left[\frac{\text{cov}(\tilde{F}_{T,T} - F_{t,T}, \tilde{R}_M)}{\text{var}(\tilde{R}_M)} \right]}{1+r}$$

siendo $\gamma = [E(\tilde{R}_M) - r]$. Al reordenar términos:

$$E(\tilde{F}_{T,T}) - F_{t,T} = \gamma \left[\frac{\text{cov}(\tilde{F}_{T,T} - F_{t,T}, \tilde{R}_M)}{\text{var}(\tilde{R}_M)} \right]$$

y al dividir ambos miembros de esta ecuación por el precio de futuros, $F_{t,T}$, se obtiene la expresión de la rentabilidad de futuros en el equilibrio del mercado,

$$E(\tilde{R}_i) = \gamma \left[\frac{\text{cov}(\tilde{R}_i, \tilde{R}_M)}{\text{var}(\tilde{R}_M)} \right] \quad [2.30]$$

donde \tilde{R}_i indica la tasa de rentabilidad de una posición en el contrato de futuros i ,

$$\tilde{R}_i = \frac{\tilde{F}_{T,T} - F_{t,T}}{F_{t,T}}$$

La expresión [2.30] puede reescribirse para deducir una ecuación equivalente a la SML, que denominaremos *Línea del Mercado de Futuros*, FML:

$$E(\tilde{R}_i) = [E(\tilde{R}_M) - r] \beta_i \quad [2.31]$$

β_i es el coeficiente de riesgo sistemático de una posición en futuros, e indica la volatilidad del contrato respecto a la cartera de mercado.

La ecuación [2.31] indica que en el equilibrio del mercado de futuros, la rentabilidad esperada de una posición es igual al premio por el riesgo

sistemático. Puesto que para abrir una posición en futuros no es necesario realizar ningún desembolso, no se obtiene la rentabilidad del activo libre de riesgo.

Anteriormente se ha indicado que la diferencia entre el precio de futuros y la expectativa acerca del precio de contado en la maduración del contrato es igual a la rentabilidad esperada de una posición en futuros, por lo que sustituyendo la expresión [2.31] en [2.25],

$$E(\tilde{S}_T) - F_{t,T} = [E(\tilde{R}_M) - r] \beta_i$$

y al resolver por el precio de futuros se deduce que éste es igual al precio de contado esperado menos el premio por el riesgo sistemático,

$$F_{t,T} = E(\tilde{S}_T) - [E(\tilde{R}_M) - r] \beta_i \quad [2.32]$$

Este resultado tiene importantes consecuencias para la hipótesis de expectativas. El precio de futuros será un estimador insesgado del de contado que se espera que tenga el activo básico en el vencimiento, sólo si el contrato carece de riesgo sistemático.

En general existirá un sesgo. Si la relación entre la rentabilidad de futuros y la de la cartera de mercado es positiva, $\beta_i > 0$, mantener una posición larga en futuros supone soportar riesgo sistemático y por tanto se requiere una retribución, en términos de un precio más reducido, que es igual al premio por el riesgo sistemático. En este contexto, el resultado esperado del contrato es positivo y el precio de futuros es inferior a la expectativa que existe sobre el de contado¹⁶, $F_{t,T} < E(\tilde{S}_T)$.

Por el contrario, si la relación entre la rentabilidad de futuros y de la cartera de mercado es negativa, $\beta_i < 0$, el resultado de una posición larga es negativo y el precio de futuros es superior al de contado esperado. Este resultado es perfectamente consistente con el CAPM. Los títulos con coeficiente beta negativo tienen *buen* riesgo, en el sentido de que su valor aumenta cuando el de la cartera de mercado se reduce, y de esta forma ofrecen protección a los inversores.

¹⁶Puesto que en el vencimiento el precio de futuros debe coincidir con el de contado ($\tilde{F}_{T,T} = \tilde{S}_T$), el precio de futuros muestra una tendencia creciente durante la vida del contrato.

Empíricamente existe más evidencia en contra, que a favor, del riesgo sistemático como único factor explicativo del premio por riesgo; no obstante, las estimaciones dependen en gran medida de la aproximación de la cartera de mercado utilizada, así como del período de tiempo analizado. La especificación de la rentabilidad de un contrato con la estructura multifactorial del APT ofrece mejores resultados, lo que constata que el premio por riesgo no depende sólo de la relación de la rentabilidad de futuros con la del mercado, sino que existen factores explicativos adicionales¹⁷.

2.5.2. Presión por la Cobertura

El enfoque alternativo que explica las causas del sesgo en el precio de futuros, considera que éste difiere de la expectativa acerca del precio de contado incluso después de realizar el ajuste por el riesgo sistemático (Hirshleifer (1988, 1989, 1990)), por lo que no se verifica la expresión [2.32] anterior. Este resultado es consecuencia de que la demanda de posiciones especuladoras y de cobertura está desigualmente distribuida, y los especuladores ejercen una presión sobre el precio.

Si la posición neta de los agentes que practican cobertura es corta, la de los especuladores debe ser larga, y éstos estarán dispuestos a comprar contratos de futuros sólo si pueden obtener un beneficio adicional al premio por el riesgo sistemático¹⁸; en este contexto el precio de futuros debe ser más reducido que el indicado en la expresión [2.32]. En caso de que la posición neta de cobertura sea larga, los especuladores venderán contratos sólo si el precio de futuros supera al de la ecuación [2.32]. De Roon, Nijman y Veld (2000) introducen un componente adicional que refleja el efecto que, sobre el premio por riesgo en un determinado contrato, tiene la demanda de posiciones de cobertura en otro cuyo subyacente es de la misma tipología.

En definitiva, según este enfoque el sesgo en el precio de futuros tiene dos componentes: el premio por el riesgo sistemático y un factor

¹⁷En el Capítulo 5, en la página 164 se expone la evidencia empírica de los determinantes del premio por riesgo en contratos de futuros.

¹⁸Alternativamente puede expresarse en función del grado de aversión al riesgo. Se llega a la misma conclusión si los agentes con posiciones cortas de cobertura son más aversos al riesgo que los que mantienen las posiciones largas de cobertura.

adicional, ψ , que refleja la presión que ejercen los especuladores sobre el precio de futuros¹⁹,

$$F_{t,T} = E(\tilde{S}_T) - \left[E(\tilde{R}_M) - r \right] \beta_i - \psi \quad [2.33]$$

Si ψ es positivo, indica que la posición neta de cobertura es corta, mientras que cuando es negativo indica que esa posición neta es larga.

Los defensores del enfoque de riesgo sistemático consideran que, en el equilibrio del mercado, el componente de cobertura debe ser nulo, y el precio de futuros es tal que verifica la ecuación de la *Línea del Mercado de Futuros*. Cuando esto no ocurre el precio de futuros es superior o inferior al que corresponde para el nivel de riesgo sistemático del contrato correspondiente, e inducirá a que los agentes tomen posiciones y reconduzcan los precios hasta que la rentabilidad de futuros verifique de nuevo la expresión [2.31].

Sin embargo, otros autores argumentan que la existencia de costes de transacción reduce el número de agentes que potencialmente pueden tomar posiciones en el mercado. Los agentes que entran en el mercado para tomar posiciones opuestas a las de los que practican cobertura requerirán un beneficio adicional que les compense por los costes de transacción y por cualquier pérdida resultante de una variación en el precio distinta a la que habían previsto.

La evidencia empírica confirma la importancia de la presión por la cobertura, en relación al riesgo sistemático, como determinante del premio por riesgo²⁰.

2.6. CONCLUSIONES

En este capítulo se han utilizado tres formas alternativas de deducir la expresión de equilibrio del precio de futuros: en relación al precio de contado del activo básico, respecto al precio de futuros asociado a otro contrato que sólo difiere en la fecha de vencimiento y, por último, en

¹⁹De Roon, Nijman y Veld (2000) comprueban que la presión por la cobertura no es sólo relevante para el rendimiento de contratos de futuros; también lo es para la rentabilidad de los activos subyacentes de dichos contratos.

²⁰En el Capítulo 5, en la página 164 se expone la evidencia empírica de los determinantes del premio por riesgo en contratos de futuros

función de la expectativa existente acerca del precio de contado en la maduración.

En el primer caso, utilizando razonamientos de arbitraje, se deduce que el precio de futuros es igual al de contado del activo básico más el coste de oportunidad de mantener este activo desde que se toma la posición en futuros hasta el vencimiento. Si el título subyacente genera flujos de tesorería durante la vida del contrato el resultado anterior se reduce en el valor que éstos tienen en la maduración. La relajación de la hipótesis de mercados perfectos y la existencia de restricciones a las ventas en descubierto impide derivar una expresión exacta del precio de futuros; en este contexto está acotado superior e inferiormente, de forma que cuando pertenece a ese intervalo no existen oportunidades de beneficios de arbitraje.

La existencia de opciones de entrega introduce una flexibilidad adicional a la posición corta para poder elegir qué activo entregará, cuándo y dónde. Cuando estas opciones tienen valor, la posición larga no conoce con certeza los términos de entrega y se ha demostrado que el precio de futuros debe ser más reducido que el que corresponde a un contrato que carece de estas flexibilidades. En este contexto se ha obtenido una expresión general del precio de futuros de equilibrio en los casos en los que el contrato posee una opción de calidad o temporal.

La relación entre los precios asociados a contratos de distinta maduración, indica que si no existen flujos de tesorería entre sus vencimientos el precio de futuros es una función creciente del tiempo hasta la maduración. En caso contrario, la estructura temporal del precio de futuros depende del coste de oportunidad de mantener el activo básico entre un vencimiento y otro, así como de los flujos de tesorería que genere durante ese período.

Finalmente se ha deducido la conexión entre el precio de futuros y el de contado esperado, o *estructura intertemporal del precio de futuros*. Las pruebas empíricas confirman la existencia de un sesgo. La idea más generalizada es que los tenedores de posiciones en futuros soportan riesgo por el que exigen una remuneración, y la moderna Teoría Financiera postula que sólo se debe retribuir por el riesgo que no se puede eliminar con la diversificación, de ahí que la diferencia entre el precio de futuros y el de contado esperado sea igual al premio por el

riesgo sistemático. Otros autores indican que, además de este premio, existe otro componente que reduce el precio de futuros, y que refleja la presión que sobre el precio ejercen los operadores que toman posiciones opuestas a las de cobertura.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Beck, S., 1994. Cointegration and Market Efficiency in Commodities Futures Markets. *Applied Economics*, 26, 249-257.
- Bessembinder, H., 1992. Systematic Risk, Hedging Pressure, and Risk Premiums in Futures Markets. *Review of Financial Studies*, 5, 637-667.
- Bessembinder, H., 1993. An Empirical Analysis of Risk Premia in Futures Markets. *Journal of Futures Markets*, 13, 611-630.
- Bessembinder, H.; Chan, K., 1992. Time-Varying Risk Premia and Forecastable Returns in Futures Markets. *Journal of Financial Economics*, 32, 169-193.
- Bick, A., 1997. Two Closed Formulas for the Futures Price in the Presence of a Quality Option. *European Finance Review*, 1, 81-104.
- Black, F., 1976. The Pricing of Commodity Contracts. *Journal of Financial Economics*, 3, 167-179.
- Bodie, Z.; Rosanski, V., 1980. Risk and Return in Commodity Futures. *Financial Analysts Journal*, 36, 27-40.
- Boyle, P. P., 1989. The Quality Option and Timing Option in Futures Contracts. *Journal of Finance*, 44, 101-113.
- Brenner, R.; Kroner, K., 1995. Arbitrage, Cointegration and Testing the Unbiasedness Hypothesis in Financial Markets. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 30, 23-42.
- Bryant, H. L.; Bessler, D. A. ; Haigh, M. S., 2006. Causality in Futures Markets. *Journal of Futures Markets*, 26, 1039-1057.
- Bühler, W.; Kemf, A., 1995. DAX Index Futures: Mispricing and Arbitrage in German Markets. *Journal of Futures Markets*, 7, 833-859.
- Carter, C. A.; Rausser, G. C.; Schmitz, A., 1983. Efficient Asset Portfolios and the Theory of Normal Backwardation. *Journal of Political Economy*, 91, 319-331.

- Chacko, G.; Das, S., 2002. Pricing Interest Rate Derivatives: A General Approach. *Review of Financial Studies*, 15, 195-241.
- Chan, K. C.; Karolyi, G. A.; Longstaff, F. A.; Saunders, A. B., 1992. An Empirical Comparison of Alternative Models of the Short-Term Interest Rate. *Journal of Finance*, 47, 1209-1227.
- Chance, D. M.; Hemler, M. L., 1993. The Impact of Delivery Options on Futures Prices: A Survey. *Journal of Futures Markets*, 3, 127-155.
- Chang, E. C.; Chou, R. Y.; Nelling, E. F., 2000. Market Volatility and the Demand for Hedging in Stock Index Futures. *Journal of Futures Markets*, 20, 105-125.
- Chow, Y. F., 2001. Arbitrage, Risk Premium, and Cointegration Tests of the Efficiency of Futures Markets. *Journal of Business, Finance & Accounting*, 28, 693-713.
- Cootner, P. H., 1960. Returns to Speculators: Telser versus Keynes. *Journal of Political Economy*, 68, 396-404
- Coppola, A., 2008. Forecasting Oil Price Movements: Exploiting the Information in the Futures Markets. *Journal of Futures Markets*, 28, 34-56.
- Cornell, B., 1977. The Consumption Based Asset Pricing Model: A Note on Potential Tests and Applications. *Journal of Financial Economics*, 9, 103-108.
- Cornell, B.; French, K., 1983. Taxes and the Prices of Stock Index Futures. *Journal of Finance*, 38, 675-694.
- De Roon, F. A.; Nijman, T. E.; Veld, C., 2000. Hedging Pressure Effects in Futures Markets. *Journal of Finance*, 55, 1437-1456.
- Dusak, D., 1973. Futures Trading and Investor Returns: An Investigation of Commodity Market Risk Premium. *Journal of Political Economy*, 81, 1387-1406.
- Dwyer, G. P.; Locke, P.; Yu, W., 1996. Index Arbitrage and Nonlinear Dynamics between the S&P 500 Futures and Cash. *Review of Financial Studies*, 9, 301-332.

- Fama, E., 1976. Forward Rates as Predictors of Futures Spot Rates. ***Journal of Financial Economics***, 3, 361-377.
- Fama, E.; French, K., 1987. Commodity Futures Prices: Some Evidence on Forecast Power, Premiums, and the Theory of Storage. ***Journal of Business***, 60, 55-73.
- Figlewski, S., 1984. Performance and Basis Risk in Stock Index Futures. ***Journal of Finance***, 39, 657-670.
- Frank, J.; Garcia, P., 2009. Time-Varying Risk Premium: Further Evidence in Agricultural Futures Markets. ***Applied Economics***, 41, 715-725.
- French, K. R., 1986. Detecting Spot Price Forecasts in futures Prices. ***Journal of Business***, 59, 39-54.
- Friedman, B., 1979. Interest Rate Expectations versus Forward Rates: Evidence from an Expectations Survey. ***Journal of Finance***, 34, 965-973.
- Gay, G. D.; Manaster, S., 1984. The Quality Option Implicit in Futures Contracts. ***Journal of Financial Economics***, 13, 353-370.
- Green, C. J.; Joujon, E., 2000. Unified Tests of Causality and Cost of Carry: The Pricing of the French Stock Index Futures Contract. ***International Journal of Finance and Economics***, 5, 121-140.
- Hansen, L., Hodrick, R., 1980. Forward Exchange Rates as Optimal Predictors of Future Spot Rates: An Econometric Analysis. ***Journal of Political Economy***, 88, 829-853.
- Heaney, R., 1998. A Test of the Cost-of-Carry Relationship Using the London Metal Exchange Lead Contract. ***Journal of Futures Markets***, 18, 177-200.
- Heaney, R., 2002. Does Knowledge or the Cost of Carry Model Improve Commodity Futures Price Forecasting Ability? A Case Study Using the London Metal Exchange Lead Contract. ***International Journal of Forecasting***, 18, 45-65.
- Hemler, M.; Longstaff, F., 1991. General Equilibrium Stock Index Futures Prices. ***Journal of Financial and Quantitative Analysis***, 26, 287-308.

- Hirshleifer, D., 1988. Residual Risk, Trading Costs, and Commodity Futures Risk Premia. ***Review of Financial Studies***, 1, 173-193.
- Hirshleifer, D., 1989. Determinants of Hedging and Risk Premia in Commodity Futures Markets. ***Journal of Financial and Quantitative Analysis***, 24, 313-331.
- Hirshleifer, D., 1990. Hedging Pressure and Futures Price Movements in a General Equilibrium Model. ***Econometrica***, 58, 411-428.
- Hodrick, R. J.; Srivastava, S., 1983. An Investigation of Risk and Return in Forward Foreign Exchange. ***Journal of International Money & Finance***, 3, 5-29.
- Hodrick, R. J.; Srivastava, S., 1987. Foreign Currency Futures. ***Journal of International Economics***, 22, 1-24.
- Hong, H., 2000. A Model of Returns and Trading in Futures Markets. ***Journal of Finance***, 55, 959-988.
- Hsu, H.; Wang, J., 2004. Price Expectation and the Pricing of Stock Index Futures. ***Review of Quantitative Finance & Accounting***, 23, 167-184.
- Hull, J., 2008. **Options, Futures and Other Derivative Securities**. Prentice-Hall, Inc. 7^a Ed.
- Inci, A. C.; Lu, B., 2007. Currency Futures-Spot Basis and Risk Premium. ***International Financial Markets, Institutions and Money***, 17, 180-197.
- Jarrow, R. A., 2008. ***Financial Derivatives Pricing***. World Scientific.
- Kang, J.; Park, H. J., 2006. Tests of Alternate Models for the Pricing of Korean Treasury Bond Futures Contracts. ***Pacific-Basin Finance Journal***, 14, 410-425.
- Kawaller, I. G., Koch, P. D., Koch, T. W., 1987. The Temporal Price Relationship Between S&P 500 Futures and S&P 500 Index. ***Journal of Finance***, 42, 1309-1329.
- Keynes, J. M., 1930. ***A Treatise on Money***. Vol. 2, Macmillan and Company, London.

- Kho, B. C., 1996. Time Varying risk Premiums, Volatility, and Technical Trading Rule Profits: Evidence from foreign Currency Futures Markets. *Journal of Financial Economics*, 41, 249-290.
- Klemkosky, R.; Lasser, D., 1985. An Efficiency Analysis of the T-Bond Futures Market. *Journal of Futures Markets*, 5, 607-620.
- Kolb, R.; Gay, G.; Jordan, J., 1982. Are There Arbitrage Opportunities in the Treasury-Bond Futures Market?. *Journal of Futures Markets*, 2, 217-229.
- Kolb, R. W., 1992. Is Normal Backwardation Normal?. *Journal of Futures Markets*, 12, 75-91.
- Kolb, R. W., 1996. The Systematic Risk of Futures Contracts. *Journal of Futures Markets*, 16, 631-654.
- Lafuente, J. A.; Novales, A., 2003. Optimal Hedging under Departures from the Cost-of-Carry valuation: Evidence from the Spanish Stock Index Futures Market. *Journal of Banking and Finance*, 27, 1053-1078.
- Levich, R.; Thomas, L., 1993. The Significance of Technical Trading Rule Profitability in the Foreign Exchange Market: A Bootstrap Approach. *Journal of International Money & Finance*, 12, 451-474.
- Lin, B. H.; Chen, R. R.; Chou, J. H., 1999. Pricing and Quality Option in Japanese Government Bond Futures. *Applied Financial Economics*, 9, 51-65.
- Lintner, J., 1965. The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *Review of Economics and Statistics*, 47, 13-37.
- Low, A.; Muthuswamy, J.; Sakar, S.; Terry, E., 2002. Multiperiod Hedging with Futures Contracts. *Journal of Futures Markets*, 22, 1179-1203.
- Markowitz, H., 1952. Portfolio Selection. *Journal of Finance*, 7, 77-91.
- McCurdy, T. H.; Morgan, I., 1992. Evidence of Risk Premiums in Foreign Currency Futures Markets. *Review of Financial Studies*, 5, 65-83.

- Miffre, J., 2000. Normal Backwardation is Normal. *Journal of Futures Markets*, 20, 803-821.
- Miffre, J., 2001. Efficiency in the Pricing of the FTSE 100 Futures Contract. *European Financial Management*, 7, 9-22.
- Miffre, J., 2003. The Cross Section of Expected Futures Returns and the Keynesian Hypothesis. *Applied Financial Economics*, 13, 731-739.
- Miltersen, K. R.; Nielsen, J. A.; Sandmann, K., 2006. New No-Arbitrage Conditions and the Term Structure of Interest Rate Futures. *Annals of Finance*, 2, 303-325.
- Mossin, J., 1966. Equilibrium in a Capital Asset Market. *Econometrica*, 34, 768-783.
- Pan, M. S.; Liu, Y. A.; Roth, H. J., 2003. Volatility and Trading Demands in Stock Index Futures. *Journal of Futures Markets*, 23, 399-414.
- Raynauld, J.; Tessier, J., 1984. Risk Premiums in Futures Markets: An Empirical Investigation. *Journal of Futures Markets*, 4, 189-211.
- Resnick, B., 1984. The Relationship Between Futures Prices for U.S. T-Bonds. *Review of Research in Futures Markets*, 3, 88-104.
- Resnick, B.; Henningar, E., 1983. The Relationship Between futures and Cash Prices for U.S. Treasury Bonds. *Review of Research in Futures Markets*, 2, 287-299.
- Richard, S.; Sundaresan, K., 1981. A Continuous Time Equilibrium Model of Forward Prices and Futures Prices in a Multi-Good Economy. *Journal of Financial Economics*, 9, 347-371.
- Ritchken, P.; Sankarasubramanian, L., 1992. Pricing the Quality Option in Treasury Bond Futures. *Mathematical Finance*, 2, 197-214.
- Ritchken, P.; Sankarasubramanian, L., 1995. A Multifactor Model of the Quality Option in Treasury Futures Contracts. *Journal of Financial Research*, 18, 261-279.

- Rzepczynski, M. S., 1987. Risk Premiums in Financial Futures Markets, : the Case of Treasury Bond Futures. ***Journal of Futures Markets***, 7, 653-662.
- Sarno, L.; Valente, G., 2000. The Cost of Carry Model and Regime Shifts in Stock Index Futures Markets: An Empirical Investigation. ***Journal of Futures Markets***, 20, 603-624.
- Sequeira, J. M.; McAlber, M., 2000. Testing the Risk Premium and Cost-of-Carry Hypotheses for Currency Futures Contracts. ***Applied Financial Economics***, 10, 277-289.
- Sharpe, W. F., 1964. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under conditions of Risk. ***Journal of Finance***, 19, 425-442.
- Siegel, D. R.; Siegel, D. F., 1990. ***Futures Markets***. The Dryden Press, Chicago.
- Smimou, K., 2006. Estimation of Canadian Commodity market Risk Premiums under Price Limits: Two-Phase Fuzzy Approach. ***Omega***, 34, 477-491.
- Staikouras, S. K., 2004. The Information Content of Interest Rate Futures and Time-Varying Risk Premia. ***Applied Financial Economics***, 761-771.
- Theobald, M.; Yallup, P., 1996. Settlement, Tax and Non-Synchronous Effects in the Basis of U.K. Stock Index Futures. ***Journal of Banking & Finance***, 20, 1509-1530.
- Tobin, J., 1958. Liquidity Preference as Behaviour Towards Risk. ***Review of Economic Studies***, 26, 65-86.
- Vidal, J. P.; Ferreira, L. A., 2007. Multifactor and Analytical Valuation of Treasury Bond Futures with and Embedded Quality Option. ***Journal of Futures Markets***, 27, 275-303.
- Wang, C., 2004. Futures Trading Activity and Predictable Foreign Exchange Market Movements. ***Journal of Banking & Finance***, 28, 1023-1041.

Yadav, P. K.; Pope, P. F., 1994. Stock Index Futures Mispricing: Profit opportunities or risk premia?. *Journal of Banking & Finance*, 18, 921-953.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

CAPÍTULO 3
CONTRATOS DE FUTUROS SOBRE DEUDA

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

3.1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo está dedicado al estudio de los futuros sobre títulos de deuda. El activo básico de estos contratos es un instrumento financiero que no tiene existencia material en el mercado de contado. Se trata de un título teórico, denominado *bono nocional*, con características estándar respecto a la tasa de cupón y maduración definidas por cada mercado.

La especificación de este subyacente para los futuros sobre deuda, ofrece ciertas ventajas. Por una parte, evita los problemas que supondría negociar un contrato para cada uno de los bonos existentes en el mercado de contado. Por otra, posibilita que en cada vencimiento, toda la negociación se concentre en el mismo contrato, y por tanto se dota de liquidez al mercado.

La utilización de un bono hipotético tiene dos implicaciones inmediatas. Primera, los precios que se pactan en el mercado de futuros, indican lo que los inversores estarían dispuestos a pagar por este título teórico, si tuviera existencia real y se emitiera el día del vencimiento del contrato. Segunda, puesto que este activo no existe en el mercado de contado, y para liquidar una posición corta en la maduración del contrato es necesario entregar un bono, el mercado especifica un conjunto de emisiones reales entregables, de entre las que puede elegir. El vendedor del futuro posee, por tanto, una opción de calidad que, como se ha analizado en el capítulo anterior, afecta al precio de futuros de equilibrio.

Los títulos incluidos en la relación de entregables, sólo cumplen la condición de tener una vida remanente determinada desde la fecha de maduración del contrato de futuros, o desde el primer día del mes de vencimiento en aquellos mercados en los que existe también una opción temporal.

El problema que se plantea es, por una parte, que los títulos entregables tienen diferentes maduraciones y tasas de cupón, y rara vez existe alguno cuyas características coincidan con las del bono hipotético. Por otra, se conoce el precio de futuros del *nocional* y los de contado de las referencias reales, pero no los precios de futuros de estos últimos.

Por ello es necesario un mecanismo que relacione los títulos reales entre ellos y con el *nocional*, y que permita obtener el precio de futuros que corresponde a cada calidad entregada. El *Método del Factor de Conversión* establece equivalencias entre los títulos entregables y el *nocional*, y posibilita que la posición corta pueda entregar cualquier bono de ese conjunto.

Sin embargo presenta el inconveniente de que introduce determinados sesgos, de forma que sólo uno de los títulos del conjunto de entregables debería utilizarse para liquidar el contrato, puesto que con éste la posición corta obtendría el resultado más favorable. Éste es el *bono más barato a entregar* y su identificación resulta de vital importancia para el adecuado funcionamiento de estos mercados, ya que su cotización de contado sirve de referencia al precio de futuros.

Con estas premisas, a continuación se estudia el *Método del Factor de Conversión*. En el tercer apartado se analiza la identificación del *bono más barato a entregar* y los factores que determinan su existencia, y finalmente en el punto cuarto se obtiene la expresión de equilibrio del precio de futuros sobre deuda y se hace referencia al valor de la opción de entrega.

3.2. MÉTODO DEL FACTOR DE CONVERSIÓN

El *Método del Factor de Conversión* pretende relacionar el *nocional* y los títulos reales, y por tanto obtener el precio de futuros equivalente para cada calidad. Teóricamente su finalidad es igualar el valor relativo de todos los títulos entregables, para que la cantidad que la posición larga tenga que pagar por unidad monetaria de inversión sea la misma, independientemente del bono que la posición corta entregue. Este método consiste en un proceso en dos fases: en la primera se calculan los factores de conversión y, en la segunda, mediante un ajuste multiplicativo, los precios de entrega.

El *factor de conversión* de un determinado bono entregable es igual a su precio en el vencimiento del contrato de futuros, por cada unidad de valor facial, si su rendimiento en la maduración coincide con el cupón

del *nocional*¹. Teniendo en cuenta que la fecha de vencimiento del futuro y la del abono de cupón del título a entregar pueden no coincidir, el *factor de conversión* del entregable i es:

$$q^i = \frac{VA(C^i, r^n) - CC_T^i}{N^i} \quad [3.1]$$

donde:

r^n es la tasa de cupón del *nocional*.

C^i indica el cupón del entregable i .

N^i es el valor nominal del bono entregable i .

CC_T^i es el cupón corrido del entregable i en el vencimiento del contrato de futuros.

$VA(C^i, r^n)$ indica el valor, en el vencimiento del contrato de futuros, de todos los cupones que el entregable generará a partir de ese momento, cuando la tasa actuarial es la del *nocional*.

Al reordenar la expresión [3.1],

$$q^i N^i = VA(C^i, r^n) - CC_T^i \quad [3.2]$$

se puede observar que el *factor de conversión* es el coeficiente que hace equivaler el valor teórico del entregable con su nominal. Si además el valor facial del entregable coincide con el del *nocional*, se deduce que es el coeficiente que hace equivalentes ambos bonos².

¹Cuando se inicia la negociación de un nuevo vencimiento de un contrato de futuros, el mercado publica la relación de entregables y los *factores de conversión* correspondientes, que permanece inalterada durante la vida del contrato. El Eurex es una de las excepciones, y se pueden añadir nuevos bonos al conjunto de entregables una vez que se ha iniciado la negociación.

²Si no coincidieran los valores faciales, el *factor de conversión* permitiría igualar un *nocional* con el número de entregables que resulta del cociente entre el nominal del título teórico y el de la referencia real.

Al *factor de conversión* de un título entregable no le afectan las condiciones de los mercados de contado y de futuros, aunque sí que depende de su tasa de cupón y maduración. En este sentido, para bonos con el mismo vencimiento este coeficiente aumenta con el cupón. La relación con la maduración depende de la tasa de cupón; si es mayor que la del *nocional*, el *factor de conversión* es una función creciente del tiempo hasta el vencimiento, mientras que cuando es inferior se reduce conforme la maduración del bono sea más distante³.

Una vez obtenido el *factor de conversión* se calcula, mediante un ajuste multiplicativo, el precio de futuros equivalente para el título entregable, $F_{T,T}^i$. Se trata de un precio construido artificialmente, con el único fin de posibilitar la entrega de títulos reales. Si en el vencimiento del contrato, el precio de futuros del *nocional* es $F_{T,T}$, el que corresponde al entregable i es:

$$F_{T,T}^i = q^i F_{T,T} \quad [3.3]$$

En definitiva el *Método del Factor de Conversión* permite calcular la cantidad a pagar por la posición larga del contrato de futuros que recibe el título i , y que es igual al precio de futuros correspondiente más el cupón corrido,

$$P_T^i = q^i F_{T,T} + CC_T^i \quad [3.4]$$

donde P_T^i indica el importe a pagar y que es independiente del precio de contado del título que se entrega.

El beneficio de la entrega para la posición corta, π_T^i , es la diferencia entre los ingresos obtenidos de la cesión, o importe a pagar por el comprador del contrato, y el coste de compra del bono en el mercado de contado,

$$\pi_T^i = (q^i F_{T,T} + CC_T^i) - (S_T^i + CC_T^i) = q^i F_{T,T} - S_T^i \quad [3.5]$$

³Por ello para un determinado bono el *factor de conversión* es distinto según el vencimiento del contrato de futuros que se considere, ya que el tiempo hasta su maduración depende de la fecha de entrega considerada.

y la ausencia de oportunidades de arbitraje sin riesgo, en el vencimiento del contrato de futuros, debe garantizar que para la posición corta este resultado de la entrega sea nulo,

$$\pi_T^i = q^i F_{T,T} - S_T^i = 0 \quad \forall i \quad [3.6]$$

y por tanto:

$$F_{T,T} = \frac{S_T^i}{q^i} \quad \forall i \quad [3.7]$$

En consecuencia el precio de futuros en la maduración del contrato debe ser igual al cociente entre el precio de contado del bono entregable y su *factor de conversión*; es decir, el precio de futuros converge al de contado ajustado de cualquier referencia real del conjunto de entregables.

Por otra parte, anteriormente se ha indicado que el *Método del Factor de Conversión* se establece para que la posición corta sea indiferente en la elección del título que utilice para liquidar el contrato. Es decir, teóricamente, la diferencia entre el valor de un bono en el mercado de contado y su valor de cesión debería ser la misma, con independencia del bono que se entregue,

$$q^i F_{T,T} - S_T^i \equiv q^j F_{T,T} - S_T^j \quad \forall i, j \quad i \neq j \quad [3.8]$$

y teniendo en cuenta el resultado de la expresión [3.7] se tiene que, según el *Método del Factor de Conversión*, los precios de contado ajustados de todos los bonos entregables coinciden en la maduración del contrato,

$$\frac{S_T^i}{q^i} \equiv \frac{S_T^j}{q^j} \quad \forall i, j \quad i \neq j \quad [3.9]$$

En cualquier caso, estas relaciones que se deducen del procedimiento utilizado para calcular los valores de entrega, no se verifican en la práctica. Ello se debe a los supuestos implícitos en el cálculo del *factor de conversión*, que tienden a favorecer a unos bonos frente a otros, y que provocan la existencia de sesgos en el valor relativo de los títulos entregables, resultando en que uno de estos títulos es preferible frente a los otros para liquidar una posición.

3.3. BONO MÁS BARATO A ENTREGAR

El *Método del Factor de Conversión* es el procedimiento utilizado en los mercados para establecer la equivalencia entre los títulos entregables y el *nocional*. Implícitamente considera dos supuestos. Por una parte se asume que, en el vencimiento del contrato de futuros, la estructura temporal es horizontal a una tasa que coincide con el tipo de interés del *nocional*. Por otra, se determina el precio que tendría cada referencia real en la maduración del contrato, teniendo en cuenta el cupón del *nocional* en lugar del rendimiento del mercado, por lo que no considera la diferente sensibilidad de los títulos entregables ante cambios en las tasas de interés del mercado.

En consecuencia, las relaciones obtenidas anteriormente sólo se satisfacen si la estructura temporal es horizontal, a una tasa igual al cupón del bono hipotético. Sin embargo la estructura temporal normalmente no es plana, y aun en el caso de que lo sea el rendimiento del mercado puede diferir del tipo de interés del *nocional*.

Estos supuestos subyacentes en el cálculo del *factor de conversión*, junto al diferente tratamiento impositivo de los cupones y de las ganancias de capital, se traducen en diferencias en el valor relativo de los títulos reales, de forma que el beneficio de la entrega, π_T^i , difiere entre los bonos entregables⁴. Para uno de ellos se maximiza este beneficio, y constituye el *bono más barato a entregar*.

No obstante, el beneficio para el entregable más económico, que denotaremos por $\pi_T^{i^*}$, debe ser nulo. Si fuera positivo, la posición corta obtendría ganancias a expensas del comprador del contrato; en caso de

⁴La existencia de un conjunto de entregables y la utilización de un método de conversión de precios que no es exacto, introducen un riesgo adicional para aquellos operadores que utilizan los contratos con fines de cobertura, ya que los beneficios o pérdidas de su posición dependerán del bono utilizado en la entrega. Kane y Marcus (1984, 1986), Arak, Goodman y Ross (1986) y Kamara y Siegel (1987), diseñan estrategias óptimas de cobertura en contratos con opción de calidad. Grieves y Marcus (2005) muestran que si la estructura temporal es horizontal, sólo dos bonos, el de mayor y el de menor duración, son relevantes para las estrategias de cobertura. La evidencia empírica, confirma este resultado para Treasury Notes pero no para Treasury Bonds (Grieves, Marcus y Woodhams (2010)).

que fuese negativo, las ganancias serían alcanzadas por la posición larga.

Para el resto de bonos entregables el beneficio será negativo. La cuantía de esta pérdida, para un determinado entregable i , dependerá de la proximidad entre su precio de futuros equivalente, $F_{T,T}^i$, y su precio en el mercado de contado. En definitiva depende de su *factor de conversión*.

Oviedo (2006) propone una forma alternativa de cálculo del factor de conversión, que denomina *factor de conversión real*, con el que se calcula un precio de futuros equivalente de cada entregable más cercano al de contado, que el obtenido con el *Método del Factor de Conversión*, lo que se traduciría en menores pérdidas en caso de no entregar el más económico⁵. Considera un contexto de tasas de interés deterministas; propone que para el cálculo del *factor de conversión*, se considere el rendimiento implícito en el *bono nominal*, emitido teóricamente en la fecha de vencimiento del contrato de futuros, y cuyo precio de mercado sería igual al de liquidación del contrato en ese momento del tiempo. De esta forma los cupones del entregable en la expresión [3.1] anterior se actualizarían a esa tasa en lugar de considerar el cupón del bono hipotético. Con este planteamiento el *factor de conversión real* no sería un coeficiente predeterminado como sucede con el *Método del Factor del Conversión* utilizado en los mercados, puesto que su cálculo necesariamente se realizaría en la maduración del futuro.

Ben-Abdallah, Ben-Ameur y Breton (2009) comparan los resultados de los dos sistemas de cálculo del *factor de conversión* en un contexto de tipos de interés estocásticos. Concluyen que, en caso de que no se entregara el más económico, el método propuesto por Oviedo (2006) no siempre ofrecería una valoración menor de la pérdida. Comprueban que sólo conforme el tipo a largo plazo se distancie del cupón del *nominal*, la valoración con el *factor de conversión real* es mejor que la que

⁵Oviedo (2006) obtiene evidencia de que las pérdidas medias calculadas con el *factor de conversión* determinado por el mercado, duplican a las que resultarían si se utilizara el *factor de conversión real* que propone.

realizan los mercados, y la posición corta obtendría pérdidas, pero de menor cuantía.

En cualquier caso, la existencia de beneficios negativos para todos los entregables excepto para el más económico, no implica que existan oportunidades de arbitraje. Para capturar estas ganancias, la posición larga tendría que recibir un bono que no es el *más barato a entregar*. En principio el vendedor entrega el bono con el que consigue el mejor resultado, y por tanto no es posible obtener beneficios de arbitraje; no obstante, podría suceder en caso de que existieran dificultades en el mercado de contado para adquirir el título que es el más barato para liquidar la posición⁶, o incluso como consecuencia de los costes de transacción.

Si el entregable más económico es el que maximiza el beneficio en el vencimiento, y su valor tiene que ser igual a cero, debe verificarse que:

$$\pi_T^{i^*} = q^{i^*} F_{T,T} - S_T^{i^*} = 0 \quad [3.10]$$

y al resolver por el precio de futuros,

$$F_{T,T} = \frac{S_T^{i^*}}{q^{i^*}} \quad [3.11]$$

En definitiva, el precio de futuros en la maduración del contrato coincide con el precio de contado ajustado del entregable más económico. Por ello este título es el que introduce la conexión entre el mercado de contado y el de futuros.

A partir de las expresiones [3.10] y [3.11] se deduce una forma alternativa para identificar el entregable más económico. La condición de maximización del beneficio en el vencimiento es equivalente a

⁶Téngase en cuenta que el incremento de la demanda del *bono más barato a entregar*, ya sea por parte de las posiciones cortas para poder satisfacer las entregas, o por una presión inducida por las posiciones largas que provocaría escasez, se traduciría en un incremento del precio en el mercado de contado del entregable más económico. En este sentido Schulte y Violi (2002) analizan el impacto de los contratos de futuros del Eurex sobre el mercado de contado; argumentan que el elevado nivel de actividad de este mercado, ha incrementado el riesgo de escasez del bono que resulta ser el más económico para liquidar las posiciones de los contratos de futuros, y que tal presión podría evitarse si este título no fuera fácilmente identificable.

minimizar el precio de contado ajustado. La idea subyacente es que la relación entre el precio de contado de un título entregable y su *factor de conversión* representa el coste de compra del bono, S_T^i , por unidad de valor en la entrega, q^i , de forma que la posición corta elegirá el que minimice este cociente.

En consecuencia, en el vencimiento del contrato de futuros, el *bono más barato a entregar* es el título que optimiza el resultado para la posición corta bien porque su beneficio es máximo o, equivalentemente, porque tiene el menor precio de contado ajustado. En cualquier caso, la condición de equilibrio requiere que el beneficio en la entrega sea nulo.

Si se considera la relación entre el precio de los bonos y las tasas de interés, así como su sensibilidad a las variaciones de éstas, es posible realizar una caracterización del *bono más barato a entregar* cuando no se cumplen los supuestos subyacentes en el cálculo del *factor de conversión*.

Cuando la pendiente de la estructura temporal de los tipos de interés es positiva, los bonos tienen un rendimiento tanto más elevado cuanto más distante es su maduración, y relativamente sus precios serán más reducidos que los de los títulos a corto plazo; en este contexto los bonos a largo plazo son los que minimizan el precio de contado ajustado. En ocasiones puede ser decreciente y el entregable más económico es el de vencimiento más cercano.

Si la estructura temporal es horizontal, el rendimiento del mercado puede diferir del tipo de interés del *nocional*. Arak, Goodman y Ross (1986) comprueban que cuanto mayor es esta diferencia, la magnitud del sesgo es más importante.

En este contexto de estructura temporal plana y si el tipo de rendimiento del mercado supera al del título hipotético, Kilcollin (1982) demuestra que el sistema del *factor de conversión* tiende a favorecer la entrega de bonos con reducido cupón y vencimiento distante.

La idea implícita en este resultado es que estos bonos son más sensibles a cambios en los tipos de interés. Cuando el rendimiento del mercado se incrementa por encima del cupón abonado por el *nocional*, el precio de los bonos se reduce mientras que el *factor de conversión* permanece

constante, y el entregable que minimiza el precio de contado ajustado es aquél para el que la reducción proporcional de su precio es mayor.

Por el contrario, si el tipo de rendimiento del mercado es inferior al del *nocional*, la cesión de títulos con elevado cupón y vencimiento cercano resulta más favorable para la posición corta. En este caso el precio de los bonos se incrementa y el de contado ajustado se minimiza en los títulos menos sensibles a las variaciones en los tipos de interés.

Jones (1985) realiza esta caracterización del título *más barato a entregar* en términos de la duración del bono. Demuestra que si en el vencimiento del contrato de futuros la estructura temporal de los tipos de interés es plana a un rendimiento superior (inferior) al del *nocional*, el entregable más económico es el de mayor (menor) duración⁷. La idea implícita es equivalente a la expuesta anteriormente, y sólo hay que tener en cuenta que los bonos de mayor duración son más sensibles a los cambios en las tasas de interés.

Las diferencias en el valor relativo de los entregables, por no considerar el tipo de rendimiento de contado en el cálculo del *factor de conversión*, dependen del cupón y de la maduración de estos títulos. Esto es, existe a la vez un *efecto cupón* y un *efecto maduración*.

Meisner y Labuszewski (1984), utilizando contratos de futuros sobre Treasury Bonds del Chicago Board of Trade, obtienen el beneficio en la entrega para bonos con diferentes cupones y vencimientos, cuando la estructura temporal es horizontal a una tasa superior o inferior al del título teórico. Concluyen que si el rendimiento del mercado es inferior al del *nocional*, la magnitud total del sesgo es mayor que cuando es superior⁸. En relación a la importancia relativa del cupón y de la maduración, indican que el sesgo que tiene su origen en la diferente maduración de los bonos entregables, supera al procedente de las diferencias de cupón, cuando el tipo de interés de los bonos es inferior

⁷Grievies y Mann (2004) comprueban que en contratos sobre Treasury Bonds y Treasury Notes del Chicago Board of Trade, cuando el rendimiento del mercado está próximo al cupón del *nocional*, habría que modificar la caracterización propuesta por Jones (1985) para tener en cuenta también el efecto del cupón del entregable.

⁸Este resultado es una consecuencia de que los títulos de deuda son más sensibles a las reducciones que a los incrementos de las tasas de interés.

al del *nocional*; en otro caso, es más significativo el sesgo introducido por las diferencias de cupón.

En la caracterización del *bono más barato a entregar* no se ha tenido en cuenta el diferente gravamen de los cupones y de las ganancias de capital. En general los bonos al descuento suelen tener menores rendimientos que los títulos con premio, ya que su tratamiento impositivo es más favorable. Por ello, el precio de los bonos sobre la par es relativamente más reducido y, para una misma maduración, serán preferidos por la posición corta para entregarlos y liquidar la posición en futuros.

De lo expuesto anteriormente se puede afirmar que es bastante difícil realizar una predicción del bono óptimo que entregará la posición corta, ya que éste depende del nivel y de la pendiente de la estructura temporal en el vencimiento del contrato, así como de los efectos impositivos que afectan a los distintos bonos entregables.

3.4. RELACIÓN DE ARBITRAJE DEL PRECIO DE FUTUROS

En este apartado se trata de obtener el precio de futuros, antes del vencimiento, que corresponde a un contrato sobre un *bono nocional*. Las características propias de estos contratos quedan reflejadas en la expresión de equilibrio del precio.

En primer lugar, al ser el activo subyacente un título teórico, del que no se dispone de información acerca de su precio, se obtiene el precio de futuros en relación al de contado del bono que es *más barato a entregar* cuando se inicia la negociación.

Por otra parte, si durante la vida del contrato existen pagos de cupón asociados al entregable más económico, el precio de futuros se reduce en el valor en la maduración de esos flujos de tesorería.

Por último, en la medida en que fluctúen los tipos de interés, el *bono más barato a entregar* en la fecha de vencimiento puede ser otro

distinto al considerado inicialmente⁹. La posición corta es la que elige el título que utiliza para liquidar el contrato, por lo que posee una opción de calidad; por ello, para compensar al comprador por el riesgo adicional que soporta en la entrega, el precio de futuros se reduce en el valor en el vencimiento de esta opción¹⁰.

A continuación se obtiene primero la expresión del precio de futuros que corresponde a un contrato sobre un *bono notional* en un contexto en el que los tipos de interés permanecen invariables. Posteriormente se analiza la determinación del *bono más barato a entregar* antes del vencimiento. Por último se relaja el supuesto de tasas de interés constantes.

En cualquier caso las hipótesis fundamentales consideradas son que los mercados de contado y de futuros son perfectos, y que la liquidación diaria no afecta a los precios de futuros por lo que coinciden con los precios a plazo.

Si los tipos de interés permanecen constantes, el entregable más económico en el vencimiento del contrato, i^* , es conocido cuando se inicia la negociación en futuros y no cambia durante la vida del contrato.

Para obtener el precio de futuros de equilibrio considérese una cartera construida con una estrategia *cash and carry*: compra del entregable más económico en el mercado de contado¹¹, endeudamiento para financiar esa compra y posición corta en futuros. Sus flujos de tesorería se resumen en el Cuadro 3.1.

La adquisición del *bono más barato a entregar* requiere un desembolso igual a $(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*})$, es decir su precio de contado más el cupón corrido.

Esta cantidad se pide prestada a la tasa de interés r durante el período

⁹En el Eurex, a la relación inicial de entregables, el mercado puede incorporar otros bonos una vez que se ha iniciado la negociación. En este caso, aun cuando la tasa de interés permaneciera constante durante la vida del contrato, el *bono más barato a entregar* podría ser uno diferente del que tenía esa condición cuando se tomó la posición.

¹⁰En algunos mercados se permite además cierta flexibilidad respecto al momento de entrega. Esta opción temporal también afecta al precio de futuros.

¹¹Inicialmente se supone que no existen pagos de cupón asociados al *bono más barato a entregar* durante la vida del contrato.

de tiempo que media entre el momento actual y el vencimiento del contrato¹². Puesto que la posición corta en futuros no requiere ningún pago, la inversión inicial necesaria para construir esta cartera es nula.

CUADRO 3.1

PRECIO DE FUTUROS PARA EL CONTRATO SOBRE EL *BONO NOCIONAL*
ESTRATEGIA *CASH AND CARRY*

POSICIÓN	FNC (t)	FNC (T)
Comprar bono i^*	$-(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*})$	$q^{i^*} \tilde{F}_{T,T} + CC_T^{i^*}$
Endeudamiento	$(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*})$	$-(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*})(1+r)^{T-t}$
Pos. corta futuros	0	$F_{t,T} - \tilde{F}_{T,T}$
RESULTADO NETO	0	$F_{t,T} - \tilde{F}_{T,T} + q^{i^*} \tilde{F}_{T,T} + CC_T^{i^*} - (S_t^{i^*} + CC_t^{i^*})(1+r)^{T-t}$

Para liquidar la posición corta en futuros en la fecha de vencimiento, se entrega el título que se compró y se obtiene un flujo de tesorería, no conocido con certeza a comienzos del período, igual a la cantidad a pagar por el comprador del contrato, $q^{i^*} \tilde{F}_{T,T} + CC_T^{i^*}$. El resultado incierto de la posición corta es la diferencia entre el precio de futuros actual y el de la maduración, $F_{t,T} - \tilde{F}_{T,T}$. Para cancelar el endeudamiento se requiere un desembolso igual al principal más los intereses del período, $(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*})(1+r)^{T-t}$. El resultado final de la cartera es igual a:

¹²Habitualmente la compra de un bono se financia con la venta de un *repo* con plazo $T-t$ y tipo r . Esta venta permite ceder hasta la fecha de vencimiento del contrato de futuros el título comprado y como contrapartida se recibe el importe $(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*})$; en T se recupera de nuevo el bono y se paga $(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*})(1+r)^{T-t}$.

$$\left[F_{t,T} - \tilde{F}_{T,T} \right] + \left[q^{i^*} \tilde{F}_{T,T} + CC_T^{i^*} - \left(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*} \right) (1+r)^{T-t} \right] \quad [3.12]$$

donde el segundo sumando indica el beneficio obtenido de la entrega, $\pi_T^{i^*}$. Si i^* es el *bono más barato a entregar* en la maduración del contrato, para que no existan oportunidades de arbitraje este beneficio, no conocido con certeza a comienzos del período¹³, debe ser igual a cero:

$$\pi_T^{i^*} = q^{i^*} \tilde{F}_{T,T} + CC_T^{i^*} - \left(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*} \right) (1+r)^{T-t} = 0$$

y al resolver por $\tilde{F}_{T,T}$,

$$\tilde{F}_{T,T} = \frac{\left(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*} \right) (1+r)^{T-t} - CC_T^{i^*}}{q^{i^*}} \quad [3.13]$$

Si se sustituye la expresión [3.13] en el primer sumando de [3.12], se comprueba que el resultado en la maduración de la estrategia considerada es conocido con certeza a comienzos del período e igual a:

$$F_{t,T} - \frac{\left(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*} \right) (1+r)^{T-t} - CC_T^{i^*}}{q^{i^*}} \quad [3.14]$$

y puesto que la ausencia de oportunidades de arbitraje sin coste requiere que no sea positivo, al resolver por $F_{t,T}$,

$$F_{t,T} \leq \frac{\left(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*} \right) (1+r)^{T-t} - CC_T^{i^*}}{q^{i^*}} \quad [3.15]$$

Por otra parte, si no existen restricciones a las ventas en descubierto y los tipos de interés son constantes se puede construir una cartera con una estrategia *reverse cash and carry*. Esto es posible porque si el *bono más barato a entregar* no cambia durante la vida del contrato, el

¹³La incertidumbre de este beneficio tiene su origen en que el precio de futuros en la maduración no es conocido con certeza a comienzos del período. En caso de que el contrato posea también una opción temporal, tampoco se conocería el importe del cupón corrido.

comprador conoce con certeza el bono que recibirá en el vencimiento y que utilizará para liquidar su posición corta en el mercado de contado.

Esta cartera está formada por la venta en descubierto del entregable más económico, se presta lo obtenido de esta venta y se toma una posición larga en futuros. Sus resultados se recogen en el Cuadro 3.2 y la suma de los flujos de tesorería cuando se toma la posición, indica que no es necesario realizar inversión.

En el vencimiento del contrato se acepta la entrega del bono por el que se paga $(q^{i^*} \tilde{F}_{T,T} + CC_T^{i^*})$. Con este título se cubre la posición en descubierto en el mercado de contado. El resultado incierto de la posición larga en futuros es $\tilde{F}_{T,T} - F_{t,T}$. Por último se recuperan los fondos que se prestaron más los intereses.

CUADRO 3.2

PRECIO DE FUTUROS PARA EL CONTRATO SOBRE EL *BONO NOCIONAL*
ESTRATEGIA *REVERSE CASH AND CARRY*

POSICIÓN	FNC (t)	FNC (T)
Vender bono i^*	$(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*})$	$-(q^{i^*} \tilde{F}_{T,T} + CC_T^{i^*})$
Prestar	$-(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*})$	$(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*})(1+r)^{T-t}$
Pos. larga futuros	0	$\tilde{F}_{T,T} - F_{t,T}$
RESULTADO NETO	0	$\tilde{F}_{T,T} - F_{t,T} + (S_t^{i^*} + CC_t^{i^*})(1+r)^{T-t} - q^{i^*} \tilde{F}_{T,T} - CC_T^{i^*}$

De nuevo, dado que en la maduración del contrato el bono i^* es el entregable más económico, el beneficio procedente de la entrega, $\pi_T^{i^*}$, debe ser nulo. El resultado neto de la estrategia considerada es conocido con certeza cuando se toma la posición e igual a:

$$\frac{(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*})(1+r)^{T-t} - CC_T^{i^*}}{q^{i^*}} - F_{t,T} \quad [3.16]$$

y puesto que la inversión inicial necesaria fue nula, la ausencia de oportunidades de arbitraje sin coste requiere que no sea positivo. Al resolver por el precio de futuros:

$$F_{t,T} \geq \frac{(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*})(1+r)^{T-t} - CC_T^{i^*}}{q^{i^*}} \quad [3.17]$$

La combinación de las expresiones [3.15] y [3.17] permite obtener, en un contexto de tasas de interés constantes, el precio de futuros de equilibrio para el contrato sobre el *bono notional*,

$$F_{t,T} = \frac{(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*})(1+r)^{T-t} - CC_T^{i^*}}{q^{i^*}} \quad [3.18]$$

En el contexto más general en el que existan pagos de cupón asociados al entregable más económico durante la vida del contrato, el precio de futuros debe ser:

$$F_{t,T} = \frac{(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*})(1+r)^{T-t} - CC_T^{i^*} - \sum_{t=0}^T C_t^{i^*} (1+r)^{T-t}}{q^{i^*}} \quad [3.19]$$

siendo $\sum_{t=0}^T C_t^{i^*} (1+r)^{T-t}$ el valor en el vencimiento de todos los abonos de cupón recibidos durante la vida del contrato.

En consecuencia, antes de la maduración el precio de futuros también depende del precio de contado del bono que es el *más barato a entregar* cuando se toma la posición, y se corresponde con aquél que maximiza el resultado de una estrategia *cash and carry*¹⁴,

¹⁴Una forma alternativa para identificar al título *más barato a entregar* antes del vencimiento es obtener la tasa repo implícita en una estrategia *cash and carry*. El entregable más económico es el bono que maximiza esta tasa.

$$\max_j \left\{ F_{t,T} - \frac{\left(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*} \right) (1+r)^{T-t} - CC_T^{i^*} - \sum_{t=0}^T C_t^{i^*} (1+r)^{T-t}}{q^{i^*}} \right\} \quad [3.20]$$

Este valor máximo debe ser igual a cero, ya que de lo contrario existirían oportunidades de obtener beneficios de arbitraje. Para el resto de bonos entregables será negativo.

En el análisis precedente se ha supuesto que los tipos de interés son constantes durante la vida del contrato de futuros. No obstante lo habitual es que éstos fluctúen, y aunque con la expresión [3.20] se puede identificar el entregable más económico antes del vencimiento, en la maduración del contrato podría ser otro título. En este sentido, aunque el inversor haya realizado una estrategia *cash and carry* cuando el bono i^* era el entregable más económico, si en la maduración otro bono posee esta característica puede obtener un resultado positivo si vende el título i^* en el mercado de contado y compra el que en ese momento es el *más barato a entregar*, para utilizarlo en la liquidación de la posición corta en futuros¹⁵.

En definitiva, el vendedor del contrato posee una opción de calidad que tiene valor, y el precio de futuros debe ser inferior al obtenido en la expresión [3.19]. En particular, y como se demostró en el capítulo anterior, éste se reduce en el valor en la maduración de esta opción,

$$F_{t,T} = \frac{\left(S_t^{i^*} + CC_t^{i^*} \right) (1+r)^{T-t} - CC_T^{i^*} - \sum_{t=0}^T C_t^{i^*} (1+r)^{T-t}}{q^{i^*}} - O_T \left(S_t^{i^*}, T, S_t^j \right)$$

donde i^* es el entregable más económico a comienzos del período y $O_T \left(S_t^{i^*}, T, S_t^j \right)$ es el valor de la opción en el vencimiento del contrato.

¹⁵Nótese que si no conoce con certeza a comienzos del período cuál va a ser el entregable más económico en el vencimiento, no se puede construir una cartera con una estrategia *reverse cash and carry*, ya que el tenedor de la posición larga no sabe cuál será el bono que recibirá, y que puede ser uno diferente del que necesite para liquidar la posición corta en futuros.

Esta expresión pone de manifiesto que en la medida en que el comprador del contrato no puede elegir el bono que recibirá en la fecha de vencimiento, tiene que ser compensado por ese riesgo adicional que soporta en la liquidación, y para ello el precio de futuros se ajusta a la baja.

En cualquier caso, esta opción no se negocia en mercados organizados, motivo por el cual se desconoce su valor. La medida y modelización de la opción de entrega ha sido objeto de estudio utilizando distintas metodologías, tanto con tipos de interés deterministas (Gay y Manaster (1984), Kane y Marcus (1986^a), Barnhill y Seale (1988), Hegde (1988, 1990), Boyle (1989), Hemler (1990)), como estocásticos (Ritchken y Sankarasubramanian (1992, 1995), Chen, Chou y Lin (1999), Vidal y Ferreira (2007)).

La evidencia empírica muestra que, generalmente, los precios de futuros están infravalorados respecto al valor teórico que les correspondería, lo que sugiere que el mercado sobrevalora la opción de entrega implícita. No obstante los resultados numéricos de las distintas pruebas para estimar el valor de la opción, realizadas con el mismo contrato, fundamentalmente con futuros sobre Treasury Bonds del Chicago Board of Trade, muestran discrepancias significativas, aunque en todas ellas se concluye que la opción tiene un valor elevado¹⁶. Ritchken y Sankarasubramanian (1995) obtienen que el valor de la opción tres meses antes de la fecha de entrega es el 2% del tamaño del contrato.

En los contratos que sólo poseen la opción de calidad, Lin y Paxson (1995) para el futuro sobre el bono alemán, obtienen que el valor de la opción es sólo de nueve puntos básicos del tamaño del contrato. En futuros sobre bonos de Japón, Lin, Chen y Chou (1999) comprueban que es igual a 0,02%. Vidal y Ferreira (2007) en contratos sobre deuda del Eurex, concluyen la opción de calidad no es significativa, y su valor medio es 0,037%.

¹⁶En el contrato de futuros sobre Treasury Bonds del Chicago Board of Trade, además de la opción de calidad, la posición corta también puede elegir el momento del tiempo, de un período especificado, en el que realizará la entrega; se argumenta que esta opción temporal podría ser la causa de las discrepancias cuando se ignora y se valora exclusivamente la de calidad. Otro de los argumentos es el elevado número de entregables que el mercado especifica para cada vencimiento, que dificulta la comparación de las estrategias de entrega.

Por último, aunque la opción de calidad se considera la más importante, ignorar la opción temporal, en caso de que exista para un determinado contrato, llevaría a valoraciones incorrectas de estrategias óptimas de entrega. Gay y Manaster (1986) y Kane y Marcus (1986^b) analizan la opción temporal exclusivamente, mientras que Arak y Goodman (1987), Boyle (1989), Gay y Manaster (1981), Chen y Yeh (2005), Hranaoiva, Jarrow y Tomek (2005) la analizan conjuntamente con la opción de calidad.

En resumen, la existencia de opciones de entrega dificulta la valoración de los contratos de futuros sobre bonos, y los resultados de las pruebas empíricas indican que el mercado sobrevalora estas opciones, por lo que el precio de futuros observado es más reducido que el que correspondería.

3.5. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que las pruebas empíricas de los capítulos 4 y 5 se realizan considerando los futuros sobre de deuda del Eurex, este capítulo se ha centrado en el estudio de estos contratos.

Su principal característica, que es determinante para el precio, es que el activo subyacente es un título teórico sin existencia material en el mercado de contado, denominado *bono nocional*. Por ello, puesto que para liquidar una posición corta abierta en la fecha de maduración es necesario entregar un bono, el mercado especifica un conjunto de títulos de deuda que difieren, tanto en el cupón como en la maduración, entre ellos y con el nocional.

Al objeto de homogeneizar los títulos entregables, el mercado establece para cada uno de ellos, un *factor de conversión*. Sin embargo, los supuestos implícitos en el cálculo de este coeficiente, impide establecer la equivalencia entre los bonos, y sólo uno de ellos es el que debería utilizar la posición corta para liquidar el contrato, por ser el que le ofrece un resultado mejor.

El hecho de que la posición larga desconozca, cuando compra el contrato, el título que recibirá en la liquidación, añade un componente adicional a la expresión del precio de futuros de equilibrio. Se trata del

valor de la opción de entrega, que refleja la compensación, en términos de un precio menor, que obtiene la posición larga por la incertidumbre en el vencimiento del contrato. Además, en algunos mercados se permite también una cierta flexibilidad respecto al momento de entrega, por lo que la posición corta posee también una opción temporal. La existencia de estas flexibilidades complica la valoración de los futuros sobre deuda, y las pruebas empíricas concluyen que el mercado sobrevalora estas opciones.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arak, M.; Goodman, L. S., 1987. Treasury Bond Futures: Valuing the Delivery Options. *Journal of Futures Markets*, 7, 269-286.
- Arak, M.; Goodman, L. S.; Ross, S., 1986. The Cheapest to Deliver Bond on the Treasury Bond Futures Contract. *Advances in Futures and Options Research*, Vol.1, Parte B, 49-74.
- Balbás, A.; Reichardt, S., 2006. On the Future Contract Quality Option: A New Look. *Working Paper* 06-37. Universidad Carlos III.
- Barnhill, T. M., 1990. Quality Option Profits, Switching Option Profits, and Variation Margin Costs: An Evaluation of Their Size and Impact on Treasury Bond Futures Prices. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 25, 65-86.
- Barnhill, T. M.; Seale, W., 1988. Optimal Exercise of the Switching Option in Treasury Bond Arbitrages. *Journal of Futures Markets*, 8, 517-532.
- Ben-Abdallah, R.; Ben-Ameur, H.; Breton, M., 2009. An Analysis of the Notional Bond System Applied to the CBOT T-Bond Futures. *Journal of Banking and Finance*, 33, 534-545.
- Benninga, S.; Wiener, Z., 1999. An Investigation of Cheapest-to-Deliver on Treasury Bond Futures Contracts. *Journal of Computational Finance*, 2, 39-55.
- Bick, A., 1997. Two Closed-form Formulas for the Futures Price in the Presence of a Quality Option. *European Finance Review*, 1, 81-104.
- Boyle, P. P., 1989. The Quality Option and Timing Option in Futures Contracts. *Journal of Finance*, 44, 101-113.
- Chance, D. M.; Hemler, M. L., 1993. The Impact of Delivery Options in Futures Prices: A Survey. *Journal of Futures Markets*, 13, 127-155.

- Chen, R. R.; Chou, J. H.; Lin, B. H., 1999. Pricing the Quality Option in Japanese Government Bond Futures. ***Applied Financial Economics***, 9, 51-65.
- Chen, R. R.; Ju, H-S.; Yeh, S-K., 2009. Embedded Options in Treasury Bond Futures Prices: New Evidence. ***Journal of Fixed Income***, 19, 82-85.
- Chen, R. R.; Yeh, S. K., 2005. Analytical Bounds for Treasury Bond Futures Prices. ***Working Paper***, Rutgers University.
- Gay, G. D.; Manaster, S., 1981. Equilibrium Treasury Bond Futures Pricing in the Presence of Implicit Delivery Options. ***Journal of Futures Markets***, 11, 613-623.
- Gay, G. D.; Manaster, S., 1984. The Quality Option Implicit in Futures Contracts. ***Journal of Financial Economics***, 13, 353-370.
- Gay, G. D.; Manaster, S., 1986. Implicit Delivery Options and Optimal Delivery Strategies for Financial Futures Contracts. ***Journal of Financial Economics***, 16, 41-72.
- Grievés, R.; Mann, S. V., 2004. An Overlooked Coupon Effect in Treasury Futures Contracts. ***Journal of Derivatives***, 12, 56-61.
- Grievés, R.; Marcus, A. J., 2005. Delivery Options and Treasury-Bond Futures Hedge Ratios. ***Journal of Derivatives***, 13, 70-76.
- Grievés, R.; Marcus, A. J., 2010. Delivery Options and Convexity in Treasury Bond and Note Futures. ***Review of Financial Economics***, 19, 1-7.
- Grievés, R.; Marcus, A. J.; Woodhams, A., 2010. Delivery Options and Convexity in Treasury Bond and Note Futures. ***Review of Financial Economics***, 19, 1-7.
- Hegde, S. P., 1988. An Empirical Analysis of Implicit Delivery Options in the Treasury Bond Futures Contracts. ***Journal of Banking and Finance***, 12, 469-492
- Hegde, S. P., 1990. An Ex-Post Valuation of the Quality Option Implicit in the Treasury Bond Futures Contract. ***Journal of Banking and Finance***, 14, 741-760.

- Hemler, M. L., 1990. The Quality Delivery Option in Treasury Bond Futures Contracts. *Journal of Finance*, 45, 1565-1586.
- Henrard, M., 2006. Bond Futures and Their Options: More than the Cheapest-to-Deliver; Quality and Margining. *Journal of Fixed Income*, 16, 62-75.
- Hranaoiva, J.; Jarrow, R. A.; Tomek, W. G., 2005. Estimating the Value of Delivery Options in Futures Contracts. *Journal of Financial Research*, 28, 363-383.
- Hull, J. C.; White, A., 1990. Pricing Interest-Rate Derivative Securities. *Review of Financial Studies*, 3, 573-592.
- Jones, R. A., 1985. Conversion Factor Risk in Treasury Bond Futures: Comment. *Journal of Futures Markets*, 5, 115-119.
- Jordan, B. D.; Kuipers, D. R., 1997. Negative Option Values Are Possible: The Impact of Treasury Bond Futures on the Cash U.S. Treasury Market. *Journal of Financial Economics*, 46, 67-102.
- Kamara, A.; Siegel, A. F., 1987. Optimal Hedging in Futures Markets with Multiple Delivery Specifications. *Journal of Finance*, 42, 4, 1007-1021.
- Kamara, A., 1990. Delivery Uncertainty and the Efficiency of Futures Markets. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 25, 45-64.
- Kane, A.; Marcus, A. J., 1984. Conversion Factor Risk and Hedging in the Treasury-Bond Futures Market. *Journal of Futures Markets*, 4, 55-64.
- Kane, A.; Marcus, A. J., 1986^a. The Quality Option in the Treasury-Bond Futures Market: An Empirical Assessment. *Journal of Futures Markets*, 6, 231-248.
- Kane, A.; Marcus, A. J., 1986^b. Valuation and Optimal Exercise of Wild Card Option in the Treasury Bond Futures Market. *Journal of Finance*, 41, 195-207.

- Kang, J.; Park, H-J., 2006. Tests of Alternate Models for the Pricing of Korean Treasury Bond Futures Contracts. *Pacific-Basin Finance Journal*, 14, 410-425.
- Kilcollin, T. E., 1982. Difference Systems in Financial Futures Markets. *Journal of Finance*, 37, 1183-1197.
- Klemkosky, R. C.; Lasser, D. J., 1985. An Efficiency Analysis of the T-Bond Futures market. *Journal of Futures Markets*, 5, 607-620.
- Kolb, R. W.; Gay, G. D.; Jordan, J. V., 1982. Are There Arbitrage Opportunities in the Treasury Bond Futures Market?. *Journal of Futures Markets*, 2, 217-229.
- Lin, B-H.; Chen, R-R.; Chou, J-H., 1999. Pricing and Quality Option in Japanese Government Bond Futures. *Applied Financial Economics*, 9, 51-65.
- Lin, B. H.; Paxson, D. A., 1995. Term Structure Volatility and Futures Embedded Options. *Journal of Business, Finance and Accounting*, 22, 101-127.
- Livingston, M., 1984. The Cheapest Deliverable Bond for the CBT Treasury Bond Futures Contract. *Journal of Futures Markets*, 4, 161-172.
- Livingston, M., 1987. The Effect of Coupon Level on Treasury Bond Futures Delivery. *Journal of Futures Markets*, 7, 303-309.
- Meisner, J. F.; Labuszewski, J. W., 1984. Treasury Bond Futures Delivery Bias. *Journal of Futures Markets*, 4, 569-577.
- Núñez, S., 1992. Relaciones de Arbitraje en los Mercados Derivados de Deuda Pública en España: Análisis Preliminar. *Revista Española de Economía. Monográfico: Mercados Financieros Españoles*, 163-190.
- Oviedo, R. A., 2006. Improving the design of Treasury-Bond Futures Contracts. *Journal of Business*, 79, 1293-1315.
- Rendleman, R. J., 2004. Delivery Options in the Pricing and Hedging of Treasury Bond and Note Futures. *Journal of Fixed Income*, 14, 20-31

- Resnick, B. G.; Hennigar, E., 1983. The Relationship Between Futures and Cash Prices for U.S. Treasury Bonds. ***Review of Research in Futures Markets***, 2, 287-299.
- Resnick, B. G., 1984. The Relationship Between Futures Prices for U.S. Treasury Bonds. ***Review of Research in Futures Markets***, 3, 88-104.
- Ritchken, P.; Sankarasubramanian, L., 1992. Pricing the Quality Option in Treasury Bond Futures. ***Mathematical Finance***, 2, 197-214.
- Ritchken, P.; Sankarasubramanian, L., 1995. A Multifactor Model of the Quality Option in Treasury Futures Contracts. ***Journal of Financial Research***, 18, 261-279.
- Schulte, W.; Violi, R., 2002. Interactions Between Cash and Derivative Bond Markets: Some Evidence for the Europe. Bank for International Settlements, ***BIS papers***, 12, 222-267.
- Vidal, J. P.; Ferreira, A., 2007. Multifactor and Analytical Valuation of Treasury Bond Futures with an Embedded Quality Option. ***Journal of Futures Markets***, 27, 275-303.

CAPÍTULO 4
EFFECTO MADURACIÓN EN FUTUROS
SOBRE DEUDA

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

4.1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo se centra en el estudio de un aspecto específico de la volatilidad del precio de futuros y se analiza su relación con el tiempo hasta el vencimiento. Se estudia la Hipótesis de Samuelson (Samuelson (1965)) que pronostica una relación negativa, de forma que a medida que se aproxima la maduración del contrato la volatilidad del precio será más elevada, indicando la existencia de un *efecto maduración* en el precio de futuros. Alternativamente, también predice que, en un determinado momento del tiempo, la volatilidad del precio en contratos con vencimiento cercano es mayor que la de los contratos con vencimiento más distante.

Analizar este comportamiento temporal de la volatilidad del precio de futuros, es importante por varias razones.

Una de ellas está relacionada con el depósito de margen que los operadores en contratos de futuros tienen que realizar. En el primer capítulo se indicó, que una de las variables consideradas por la Cámara de Compensación para establecer el depósito de margen, así como para realizar cambios en el mismo, es la volatilidad del precio de futuros del contrato en el que se desea operar. En particular, cuanto mayor es la volatilidad, también lo será el requerimiento de margen. Por ello, de confirmarse el incremento de volatilidad del precio a medida que se aproxima el vencimiento, tal y como sugiere la Hipótesis de Samuelson, y teniendo en cuenta que la finalidad de este depósito es que la Cámara de Compensación se proteja de posibles incumplimientos, debería requerir depósitos adicionales como medida de protección frente a resultados desfavorables derivados del aumento de volatilidad.

El estudio del *efecto maduración* también se justifica por las implicaciones que tiene para los agentes participantes en los mercados de futuros. Los operadores que utilizan los contratos de futuros como instrumento de cobertura de la exposición al riesgo que tiene su origen en posiciones en el mercado de contado, y con la finalidad de minimizar la volatilidad del precio, elegirían contratos con vencimiento más próximo o más lejano dependiendo de si la relación es positiva o negativa.

Además los operadores ajustarán sus ratios de cobertura en función de la variación del precio de futuros. En particular, cuando la volatilidad del precio siga un comportamiento como el que se deriva de la Hipótesis de Samuelson, cambiarán su cobertura tomando posiciones en contratos con vencimiento más lejano. En caso de no hacerlo, soportarían una volatilidad del precio mayor y el premio por riesgo requerido sería más elevado. En este sentido, Low, Muthuswamy, Sajar y Terry (2001) proponen un modelo de cobertura multiperíodo que incorpora el *efecto maduración*, y muestran que funciona mejor que otras estrategias que no consideran esta relación entre volatilidad y tiempo hasta el vencimiento.

Respecto a los especuladores, teniendo en cuenta que las oportunidades de obtener beneficios dependen de la volatilidad del precio de futuros, tomarán posiciones en contratos con vencimiento más o menos cercano en función de la relación específica entre volatilidad y tiempo hasta la maduración.

Por último, una variable de suma importancia para la valoración de opciones es la volatilidad del activo subyacente. El *efecto maduración* del precio de futuros no puede obviarse cuando se trata de valorar opciones sobre futuros y, en caso de confirmarse tal relación, sería necesario estimar la estructura temporal de la volatilidad, que dependería del tiempo remanente hasta el vencimiento del activo básico, esto es, del contrato de futuros. Por otra parte, si cuanto más cercano está el vencimiento la volatilidad del subyacente es mayor, las ganancias potenciales para los operadores con posiciones largas en opciones serían más elevadas, lo que sugiere que el precio de las opciones sobre futuros debe incrementarse, para que los vendedores de dichas opciones sean compensados por el riesgo que soportan.

Este capítulo se estructura de la forma siguiente. A continuación, en los puntos segundo y tercero se revisa la literatura, teórica y empírica, existente acerca de la relación entre volatilidad del precio de futuros y tiempo hasta el vencimiento del contrato. El cuarto apartado se destina al análisis empírico del *efecto maduración* en futuros Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund y Euro-Buxl® que se negocian en el Eurex. Por último se extraen las conclusiones.

4.2. EFECTO MADURACIÓN DEL PRECIO DE FUTUROS

Samuelson (1965) analiza el comportamiento temporal de la volatilidad del precio de futuros, y predice que se incrementa a medida que se aproxima la maduración del contrato. Esta dinámica temporal del precio de futuros es conocida como Hipótesis de Samuelson o *efecto maduración*.

La idea implícita es que cuando el vencimiento del contrato es lejano, se dispone de escasa información del precio que en la fecha de maduración tendrá el activo básico. La percepción acerca de nuevos acontecimientos que puedan suceder durante la vida del contrato, cambiará poco con la llegada de nueva información y, por tanto, no se observarán grandes cambios en el precio de futuros. Sin embargo, a medida que se aproxima el vencimiento del contrato, y puesto que el precio de futuros converge al de contado del subyacente, la nueva información afectará más a la actividad del mercado y por tanto a su precio.

La Hipótesis de Samuelson descansa en dos supuestos. Por una parte, considera que el precio de futuros es un estimador insesgado del precio de contado del subyacente en la maduración del contrato. Por otra, supone que el precio del activo básico sigue un proceso autorregresivo de primer orden.

Rutledge (1976) argumenta que otra especificación acerca del proceso de generación del precio de contado sería igualmente válida. En particular, supone un modelo en el que el precio de contado se genera mediante un proceso autorregresivo de primer orden en el cambio del precio. Con este supuesto, la volatilidad del precio de futuros podría reducirse conforme se aproximara el vencimiento del contrato, resultando en un *efecto maduración inverso*.

Sin embargo Samuelson (1976) afirma que, aunque el proceso generador de precios de contado incluya términos de orden mayor, la volatilidad del precio de futuros sería creciente y, necesariamente, cuando el vencimiento esté distante será menor que cuando esté próximo.

Anderson y Dantine (1983) ofrecen una explicación alternativa acerca del comportamiento temporal de la volatilidad del precio de futuros.

Indican que no es el tiempo hasta el vencimiento la variable que determina la volatilidad, sino el grado en el que la información que llega al mercado permite disipar la incertidumbre acerca de los factores que inciden sobre el precio. En su modelo incorporan una tasa de flujo de información que varía en el tiempo, y obtienen que la variabilidad del precio de futuros es sistemáticamente mayor en los períodos en los que se desvela gran cantidad de incertidumbre¹. En este contexto la Hipótesis de Samuelson es un caso particular, puesto que conforme se aproxima la maduración del contrato, hay más información disponible acerca del activo subyacente, y por tanto menos incertidumbre.

Hong (2000) indica que es la asimetría de información entre los especuladores y los que operan para proteger sus posiciones del mercado de contado, lo que condiciona el cumplimiento, o no, de la Hipótesis de Samuelson. En particular, cuando el grado de asimetría de información es reducido se observaría un *efecto maduración*, mientras que en caso contrario no necesariamente se cumpliría la relación negativa entre volatilidad del precio y tiempo hasta el vencimiento.

Bessembinder, Coughenour, Seguin y Smeller (1996), con la finalidad de identificar la condición que hace que la Hipótesis de Samuelson se verifique en algunos mercados pero no en otros, presentan un análisis diferente acerca de las cuestiones económicas implícitas en el *efecto maduración*. Indican que ni la concentración de información cerca de la fecha de vencimiento, ni el supuesto de que el precio de futuros sea un estimador insesgado del precio de contado del subyacente, son condiciones necesarias para observar un *efecto maduración* en el precio de futuros. Sugieren que, empíricamente, este efecto existirá en aquellos mercados en los que la relación entre el precio de contado del subyacente y el coste neto de mantenerlo sea negativa, resultado que se conoce en la literatura como *hipótesis de covarianza negativa*. En este sentido, predicen que es poco probable que se observe el cumplimiento de la Hipótesis de Samuelson en contratos de futuros financieros, mientras que previsiblemente existirá un *efecto maduración* en futuros sobre activos físicos.

¹El modelo propuesto por Anderson y Dantine (1983) se conoce en la literatura como *state variable model*.

Gurrola y Herrerías (2011) comprueban que existe una relación negativa entre el precio de contado y el coste neto de mantener el activo básico, incluso cuando en el contrato de futuros se observa un *efecto maduración inverso*, lo que es contradictorio con el resultado de Bessembinder et al. (1996). Para predecir una posible relación positiva entre volatilidad y tiempo hasta el vencimiento, aun cuando se observe una covarianza negativa, incorporan un parámetro adicional: el ratio entre la volatilidad del precio de contado del subyacente y la volatilidad del coste neto de mantenerlo. Concluyen que el *efecto maduración inverso* es más probable que se confirme cuando la volatilidad del precio del subyacente no sea lo suficientemente grande en relación a la del coste neto de mantenerlo.

4.3. EFECTO MADURACIÓN DEL PRECIO DE FUTUROS: EVIDENCIA EMPÍRICA

Numerosos estudios han analizado si, empíricamente, la volatilidad del precio de futuros muestra un comportamiento como el que se deriva de la Hipótesis de Samuelson. Utilizando diferentes contratos, períodos de tiempo y metodologías, en general los resultados confirman el *efecto maduración* para futuros sobre activos físicos, principalmente agrícolas, mientras que para futuros financieros o es estadísticamente no significativo o incluso es inexistente.

Rutledge (1976) estudia los contratos de futuros sobre cacao, trigo, aceite de soja y plata; sus resultados muestran un *efecto maduración inverso* para trigo y aceite de soja, mientras que se verifica la Hipótesis de Samuelson para los contratos sobre plata y cacao.

Basándose en la idea propuesta por Anderson y Dantine (1983), Anderson (1985) estudió la volatilidad en nueve contratos sobre activos físicos; obtuvo que, aunque en seis de los contratos considerados se confirma el *efecto maduración*, la estacionalidad es más importante para explicar el comportamiento de la varianza de los cambios del precio de futuros. A una conclusión similar llegan Kenyon, Kenneth, Jordan, Seale y McCabe (1987) en el estudio de contratos sobre trigo, cebada y soja. Duong y Kalev (2008), con datos intradiarios, concluyen que el flujo de información no es una condición importante para la verificación empírica de la Hipótesis de Samuelson.

También obtienen evidencia a favor del *efecto maduración* para contratos de futuros agrícolas Milonas (1986), Khoury y Yourougou (1993) y Galloway y Kolb (1996); concluyen que en mercados en los que se observan efectos estacionales sobre la oferta y la demanda, cabe esperar el cumplimiento de la relación negativa entre volatilidad del precio de futuros y el tiempo hasta el vencimiento del contrato.

Daal, Farhat y Wei (2006), analizan un conjunto muy amplio de contratos sobre activos físicos (5.149 contratos entre agrícolas, energéticos y metales) tanto del mercado estadounidense como de otros foráneos, durante un extenso período (desde 1960 hasta el año 2000). El *efecto maduración* se confirma, aproximadamente, para la mitad de los contratos de futuros agrícolas y energéticos analizados, mientras que esta hipótesis se verifica sólo en el 32% de los contratos sobre metales. Del *efecto maduración inverso* se obtiene evidencia en el 11% de los futuros agrícolas, 14% de los energéticos y 17% de contratos sobre metales. En resumen, para futuros no financieros, estos autores obtienen una cierta evidencia de la Hipótesis de Samuelson, aunque no tan contundente como la obtenida en otros trabajos.

Con datos intradiarios, Duong y Kalev (2008) y Kalev y Duong (2008), entre otros, confirman la Hipótesis de Samuelson en futuros agrícolas. Asimismo concluyen que no se verifica para otros contratos (financieros, metales y energía).

En general, se corrobora la *hipótesis de covarianza negativa* para contratos sobre activos físicos. Entre las pruebas en este sentido cabe destacar los trabajos de Bessembinder et al. (1996), Galloway y Kolb (1996), Duong y Kalev (2008) y Kalev y Duong (2008), que afirman que esta *hipótesis* es un factor clave para observar un *efecto maduración* en el precio de futuros. Por el contrario Daal, Farhat y Wei (2006), obtienen evidencia débil de la *hipótesis de covarianza negativa*, e indican que estos resultados inducen a que otros factores podrían ser los causantes de la relación negativa entre volatilidad del precio y tiempo hasta el vencimiento.

En futuros financieros, los resultados de las pruebas para verificar la Hipótesis de Samuelson no son tan concluyentes. Grammatikos y Saunders (1986) no obtienen evidencia a favor en ninguno de los seis contratos de futuros sobre divisas considerados en su estudio. Milonas

(1986), para contratos sobre Treasury Bonds y Treasury Bills, confirma el incumplimiento de la Hipótesis de Samuelson. Chen, Duan y Hung (1999) documentan que la volatilidad del precio en el contrato sobre el índice Nikkei225 disminuye conforme se aproxima la fecha de vencimiento, observándose por tanto un *efecto maduración inverso*. Moosa y Bollen (2001) concluyen que la volatilidad no depende del tiempo hasta el vencimiento para el futuro sobre S&P500. Bessembinder et al. (1996) para futuros financieros concluyen que, al no observarse la *hipótesis de covarianza negativa* que postulan, no se verifican las conclusiones de Samuelson para estos contratos. Con datos intradiarios, Duong y Kalev (2008) y Kalev y Duong (2008), también verifican el incumplimiento de la Hipótesis de Samuelson para futuros financieros.

Barnhill, Jordan y Seale (1987) realizan uno de los pocos estudios que ofrecen evidencia a favor de la Hipótesis de Samuelson en futuros sobre Treasury Bonds. En la misma línea, Madarassy (2003) analiza once futuros financieros y sus resultados muestran la presencia del *efecto maduración* para todos los contratos analizados, siendo más importante en futuros sobre divisas y menos en aquellos contratos en los que el subyacente son índices o tipos de interés; este resultado confirma la Hipótesis de Samuelson y contradice la de Bessembinder et al. (1996).

Daal, Farhat y Wei (2006), en el trabajo indicado anteriormente, también incluyen contratos sobre índices, divisas y deuda. En este tipo de contratos, la evidencia a favor del *efecto maduración* se limita al 16,8% de los contratos sobre divisas, al 13,8% de los futuros sobre índices y al mismo porcentaje en los de deuda. Los resultados extremos se encuentran en los contratos sobre tipos de interés a 30 días, en el que ninguno de los analizados muestra una relación negativa entre volatilidad del precio y tiempo hasta la maduración, y en futuros sobre LIBOR, en el que de un total de 116, sólo en tres se verifica la Hipótesis de Samuelson. El *efecto maduración inverso* se confirma en el 19,8% de los contratos sobre divisas, en el 28,9% de los contratos sobre índices y en el 32% de los contratos sobre deuda.

Gurrola y Herrerías (2011) analizan el contrato de futuros sobre la tasa de interés interbancaria de equilibrio de México. Obtienen que el *efecto maduración* existe en algunos contratos que vencen en los años 2003 y 2004, mientras que el *efecto maduración inverso* es el que predomina

en contratos con vencimiento posterior al año 2004. En todos los contratos analizados se observa la relación negativa entre el precio de contado del activo básico y el coste de mantenerlo. La inclusión en el modelo del parámetro para predecir el *efecto maduración inverso* aun cuando la covarianza sea negativa, permite confirmar la importancia de la relación entre la volatilidad del precio del activo básico y la del coste neto de mantenerlo, como factor clave para explicar el *efecto maduración inverso* observado.

La evidencia para el mercado español se centra en contratos sobre el IBEX35. Aragón y Fernández (2002) confirman la Hipótesis de Samuelson para este contrato de futuros. Posteriormente Quiroga y Sánchez (2004) llegan a la misma conclusión y además muestran la importancia que adquiere el flujo de información a medida que se aproxima la fecha de vencimiento del contrato de futuros.

4.4. EFECTO MADURACIÓN EN FUTUROS SOBRE DEUDA DEL EUREX

En este apartado se realiza el análisis empírico de la Hipótesis de Samuelson en contratos de futuros sobre deuda que se negocian en el Eurex. En particular se estudian los contratos de futuros Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund y Euro-Buxl®.

La evidencia previa para futuros financieros, en general, no confirma la Hipótesis de Samuelson. En contratos sobre deuda, la excepción a este resultado son los trabajos de Barnhill, Jordan y Seale (1987), Madarassy (2003) y, con evidencia más débil, Daal, Farhat y Wei (2006). El resultado más común es que parece existir un *efecto maduración inverso*, o en caso de observarse una relación negativa entre volatilidad y tiempo hasta la maduración, ésta no es significativa.

A continuación, en primer lugar se describen los datos utilizados. Posteriormente se define la medida de volatilidad utilizada en el análisis. Por último se comprueba si, empíricamente, es posible confirmar la Hipótesis de Samuelson para los contratos estudiados, utilizando dos procedimientos: test no paramétrico basado en el *coeficiente de correlación de rangos de Spearman* y regresión lineal de la volatilidad del precio de futuros y tiempo hasta el vencimiento del contrato en cuestión.

4.4.1. Datos

La información utilizada proviene de la base de datos del Eurex de la que se han extraído los precios de liquidación diarios de los contratos de futuros Euro-Schatz (FGBS), Euro-Bobl (FGBM), Euro-Bund (FGBL) y Euro-Buxl® (FGBX), con vencimientos desde marzo del año 2000 hasta diciembre de 2010.

Una característica de los contratos de futuros es que tienen una duración limitada por su fecha de maduración; en nuestro caso, en cada vencimiento, los contratos se negocian durante un período de nueve meses. Por ello, un procedimiento habitual consiste en enlazar series de precios del mismo activo subyacente. Esto requiere elegir el momento del tiempo en el que se cambia del contrato con el vencimiento más cercano al siguiente².

Carchano y Pardo (2009) estudian la relevancia que tiene la elección del momento del tiempo en el que se cambia de un contrato a otro; utilizan cinco procedimientos diferentes para contratos de futuros sobre índices, y concluyen que no hay diferencias significativas entre las series resultantes. Sin embargo, Ma, Mercer y Walker (1992) indican que la forma en la que se construyen las series de precios tiene efectos impredecibles, y podría distorsionar los resultados de las pruebas empíricas³.

Tomando como referencia los posibles inconvenientes que pudieran derivarse al unir diferentes vencimientos, para generar una única serie de precios de liquidación para cada activo básico, además de que el objetivo de este trabajo es analizar la volatilidad del precio en función

²A modo de ejemplo, uno de los procedimientos más utilizados en las pruebas empíricas, tanto en futuros sobre activos físicos como financieros, toma como punto de enlace de un vencimiento con otro, el último día de negociación del mes precedente al de maduración.

³Daal, Farhat y Wei (2006) estudian la verificación de la Hipótesis de Samuelson sin enlazar las series de precios. En el caso particular de los futuros agrícolas, confirman una cierta evidencia del *efecto maduración*, pero que alcanza sólo al 45,7% de los contratos analizados. También muestran los resultados cuando enlazan contratos de un determinado subyacente, y obtienen que, con la agregación, la volatilidad del precio de todos los futuros agrícolas estudiados confirma el *efecto maduración*. Concluyen que el procedimiento seguido en las pruebas empíricas de enlazar las series altera los resultados, en particular en lo que respecta a la evidencia de la Hipótesis de Samuelson. En su trabajo, se observa una distorsión en favor del *efecto maduración*.

del tiempo hasta la maduración particular del contrato negociado, se ha considerado más adecuado no enlazar series. En este sentido, se define un *contrato* como una combinación de subyacente, mes de vencimiento y año. De esta forma es posible comprobar si los futuros con el mismo subyacente y distinta maduración muestran, o no, una evolución similar de la volatilidad del precio a medida que se aproxima su vencimiento.

Puesto que se analizan los contratos con vencimientos en el período 2000-2010 y, en cada año, para cada activo básico hay cuatro fechas de maduración (marzo, junio, septiembre y diciembre), la muestra para la que se analiza la Hipótesis de Samuelson en futuros sobre títulos de deuda del Eurex se compone de 176 contratos.

Los contratos analizados se liquidan (por entrega) el décimo día del mes de maduración, y la negociación cesa dos días antes. Aunque en el mes de vencimiento como máximo se dispone de seis precios de liquidación⁴, el procedimiento habitual en estudios empíricos de contratos de futuros, consiste en excluir la información del mes de vencimiento. Se argumenta que el escaso volumen de negociación en dicho período, así como la convergencia del precio de futuros al de contado del subyacente, que en futuros sobre títulos de deuda es el *bono más barato a entregar*, distorsionaría los resultados⁵.

Después de realizar los ajustes en las series de precios, el período de tiempo estudiado comprende desde el 10 de junio de 1999 (inicio de la negociación de los contratos que se extinguen en marzo de 2000) hasta el 30 de noviembre de 2010 (último día de negociación del mes anterior al vencimiento de diciembre de 2010).

⁴En el Chicago Board of Trade, la maduración de los contratos es el tercer viernes del mes de vencimiento, por lo que se dispone de más información acerca del comportamiento del precio de liquidación en dicho período.

⁵En el apartado siguiente se muestran los resultados estadísticos de la volatilidad del precio de futuros, obtenidos con las series de precios de liquidación que cumplen con los ajustes descritos, y por tanto, se han excluido los observados en cada mes de vencimiento. Además se ha realizado la estadística descriptiva incluyendo el mes de maduración (no se presentan estos resultados), y se observa que en la mayoría de contratos, la volatilidad media es menor que cuando se excluye el mes de vencimiento. Esto sugiere que los precios de liquidación de dicho período reducen la volatilidad media del contrato analizado, lo que podría ser consecuencia del reducido número de días de negociación en ese mes y del escaso volumen de negociación. Esta evidencia también justifica la exclusión en el análisis empírico del mes de vencimiento.

En definitiva, se dispone de información de 176 contratos de futuros que vencen en el período comprendido desde marzo del año 2000 hasta diciembre de 2010. Teniendo en cuenta que la negociación de un contrato en particular comienza nueve meses antes de su maduración y que se excluye el mes de vencimiento, para cada uno de ellos se dispone de alrededor de 180 precios de liquidación, a excepción de los futuros Euro-Buxl® que vencen en el período comprendido desde diciembre de 2003 hasta diciembre de 2005, para los que únicamente hay disponible información de los tres meses anteriores a su vencimiento, y para el que vence en marzo de 2006, del que sólo se tienen los precios de liquidación de los seis meses anteriores al último día de negociación.

4.4.2. Volatilidad del Precio de Futuros

En los trabajos empíricos realizados se proponen diferentes medidas de la volatilidad del precio de futuros⁶. En este trabajo la volatilidad diaria se calcula como el valor absoluto del logaritmo neperiano de la tasa de cambio del precio.

La variable temporal relevante es el tiempo hasta la maduración, τ , que se mide en días de negociación, y cuyo rango de variación, teniendo en cuenta que se ha excluido el mes de vencimiento, oscila desde el valor máximo $\tau = 185$ hasta el mínimo $\tau = 6$, aproximadamente⁷. Si $F_{i,\tau}$ y $F_{i,\tau+1}$ son los precios de liquidación del contrato i en τ y $\tau+1$, respectivamente, la volatilidad del precio es⁸:

⁶Galloway y Kolb (1996) utilizan el estimador de la varianza de la rentabilidad. Daal, Farhat y Wei (2006) proponen como medida de la volatilidad el cuadrado del logaritmo neperiano de la variación entre los precios de liquidación adyacentes. Kalev y Duong (2008), con datos intradiarios, calculan el *rango realizado* como la suma de todas las diferencias entre los precios de futuros máximo y mínimo en intervalos de quince minutos.

⁷El extremo inferior del rango de variación toma, en función del número de días de negociación durante el mes de vencimiento, los valores 4, 5 ó 6. Para los futuros Euro-Buxl® del período que abarca desde diciembre de 2003 hasta marzo de 2006, el extremo superior del intervalo de τ es aproximadamente 60, excepto para el contrato que vence en marzo de 2006 que es 126.

⁸Téngase en cuenta que este resultado es equivalente al obtenido como $\left| \ln \left(\frac{F_{i,t}}{F_{i,t-1}} \right) \right|$, siendo $F_{i,t}$ y $F_{i,t-1}$ los precios de liquidación del contrato i en t y $t-1$, respectivamente.

$$VF_{i,\tau} = \left| \ln \frac{F_{i,\tau}}{F_{i,\tau+1}} \right| \quad [4.1]$$

En el Cuadro 4.1 se muestran los resultados del análisis estadístico de la volatilidad del precio para cada uno de los contratos objeto de estudio. Su valor medio no es estadísticamente significativo para ningún contrato. La volatilidad media mínima se observa en los años 2005 y 2007, a excepción del futuro Euro-Buxl® que alcanza su valor mínimo en el 2001. Por el contrario, el 2009 es el año de máxima volatilidad en el precio de los futuros Euro-Bobl y Euro-Bund, 2008 para Euro-Schatz y 2005 para Euro-Buxl®.

En cualquier caso, sí que se observa una concordancia entre la volatilidad media del precio y el plazo de vencimiento del subyacente del futuro en cuestión. Así, los futuros Euro-Schatz tienen como entregables los títulos de deuda con menos tiempo remanente hasta su vencimiento, en particular entre 1,75 y 2,25 años, y precisamente éstos son los contratos que muestran, de entre todos, la menor volatilidad media en el período analizado. Por el contrario, los entregables de los futuros Euro-Buxl® tienen un vencimiento entre 24 y 35 años, y estos contratos son los que muestran la mayor volatilidad media en el intervalo analizado. La misma relación entre volatilidad media del precio de futuros y tiempo hasta el vencimiento del subyacente se observa para los futuros Euro-Bobl y Euro-Bund. Este resultado confirma que la volatilidad del precio de futuros está relacionada con las características del subyacente y, por tanto, con la estructura temporal de los tipos de interés.

En relación a la desviación estándar de la volatilidad del precio se observa el mismo patrón: valores máximos para los futuros Euro-Buxl® y mínimos para Euro-Schatz.

Por último los resultados estadísticos muestran que todos los futuros presentan asimetría positiva y, excepto seis contratos, son leptocúrticos. El estadístico Bera-Jarque rechaza al 5% la hipótesis de normalidad en todos los contratos.

CUADRO 4.1

VOLATILIDAD DEL PRECIO DE FUTUROS: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Este cuadro muestra la estadística descriptiva de la volatilidad del precio de futuros, de cada uno de los subyacentes y vencimientos, desde marzo del año 2000 hasta diciembre de 2010. Se calcula como el valor absoluto del logaritmo neperiano de la variación de precios de liquidación consecutivos, excluyendo el mes de vencimiento. *Obs* indica el número de días de negociación que, para cada contrato, se calcula la volatilidad del precio. La media y la desviación estándar son resultados anualizados. *B_J* es el estadístico Bera-Jarque para la hipótesis de normalidad.

		Euro-Schatz						Euro-Bobl					
		Obs.	Media	Std	Asim.	Kurt.	B _J	Obs.	Media	Std	Asim.	Kurt.	B _J
2000	Mar	180	0,0013	0,0010	1,46	5,83	124,31	180	0,0027	0,0018	0,99	4,12	38,92
	Jun	180	0,0011	0,0009	1,87	9,06	380,00	180	0,0025	0,0016	1,24	5,39	89,16
	Sep	181	0,0010	0,0009	2,49	11,76	765,35	181	0,0021	0,0015	1,63	6,73	185,13
	Dec	181	0,0009	0,0007	1,66	7,03	206,02	181	0,0019	0,0013	1,33	4,63	73,01
2001	Mar	180	0,0010	0,0013	6,52	54,15	20901,19	180	0,0018	0,0012	1,31	4,82	76,26
	Jun	181	0,0010	0,0007	1,73	7,25	226,77	181	0,0019	0,0013	1,16	3,94	47,40
	Sep	182	0,0010	0,0007	1,09	3,75	40,11	182	0,0022	0,0017	2,22	11,81	738,46
	Dec	182	0,0012	0,0009	2,18	10,82	608,01	182	0,0025	0,0018	1,83	7,94	286,59
2002	Mar	181	0,0012	0,0009	2,44	13,23	969,80	181	0,0027	0,0020	1,93	8,05	303,95
	Jun	182	0,0012	0,0009	2,38	13,06	938,78	182	0,0026	0,0018	1,94	8,94	381,63
	Sep	181	0,0011	0,0008	1,62	7,33	220,18	181	0,0025	0,0015	0,97	3,56	30,50
	Dec	181	0,0011	0,0007	0,79	2,84	18,85	181	0,0025	0,0015	0,85	3,45	23,36
2003	Mar	182	0,0011	0,0007	0,82	2,90	20,31	182	0,0026	0,0016	0,80	3,44	20,73
	Jun	181	0,0011	0,0008	1,29	4,83	75,42	181	0,0027	0,0019	1,22	4,94	73,47
	Sep	181	0,0011	0,0008	1,37	5,30	96,11	181	0,0030	0,0020	1,18	4,68	63,37
	Dec	180	0,0012	0,0008	1,25	4,90	73,59	180	0,0031	0,0020	1,09	4,35	49,30
2004	Mar	180	0,0011	0,0009	1,34	4,94	81,95	180	0,0029	0,0021	1,40	5,13	92,53
	Jun	180	0,0010	0,0008	1,78	7,13	223,11	180	0,0023	0,0018	1,97	8,37	332,93
	Sep	180	0,0009	0,0007	1,86	7,82	277,83	180	0,0020	0,0016	2,36	11,40	696,32
	Dec	180	0,0008	0,0006	1,96	9,47	429,14	180	0,0019	0,0014	2,27	12,47	825,96
2005	Mar	180	0,0007	0,0005	1,21	4,06	52,54	180	0,0017	0,0012	1,22	4,12	53,77
	Jun	180	0,0006	0,0005	1,33	4,69	74,65	180	0,0016	0,0011	1,28	4,69	70,48
	Sep	180	0,0006	0,0004	1,15	4,20	50,45	180	0,0016	0,0011	1,28	4,88	75,42
	Dec	180	0,0006	0,0005	1,35	5,42	98,99	180	0,0016	0,0011	1,26	4,93	75,40
2006	Mar	180	0,0006	0,0005	1,63	6,71	182,36	180	0,0017	0,0012	1,25	4,83	71,96
	Jun	180	0,0006	0,0004	1,78	7,23	228,98	180	0,0018	0,0013	1,32	4,72	74,88
	Sep	181	0,0006	0,0004	1,60	6,71	180,46	181	0,0018	0,0012	1,53	7,01	192,23
	Dec	181	0,0006	0,0005	2,36	13,11	939,03	181	0,0017	0,0011	0,99	3,69	33,07
2007	Mar	180	0,0006	0,0004	1,25	5,80	106,05	180	0,0016	0,0010	1,34	6,17	129,61
	Jun	180	0,0005	0,0004	2,20	12,59	835,01	180	0,0015	0,0011	3,80	29,22	5589,62
	Sep	182	0,0006	0,0005	2,59	13,20	991,96	182	0,0016	0,0012	2,00	9,22	414,74
	Dec	182	0,0008	0,0007	1,93	7,96	299,16	182	0,0019	0,0012	1,04	3,66	36,14
2008	Mar	182	0,0012	0,0011	4,41	35,47	8586,22	182	0,0025	0,0017	1,26	4,67	69,47
	Jun	181	0,0014	0,0011	2,28	12,43	827,82	181	0,0029	0,0019	1,09	4,02	43,71
	Sep	180	0,0015	0,0011	1,60	6,40	163,10	180	0,0032	0,0021	0,94	3,34	27,45
	Dec	180	0,0016	0,0012	1,78	7,40	240,63	180	0,0035	0,0025	1,52	6,02	137,60
2009	Mar	181	0,0016	0,0013	2,06	8,10	323,78	181	0,0036	0,0026	1,44	5,21	99,20
	Jun	180	0,0015	0,0013	2,13	8,33	349,54	180	0,0036	0,0026	1,44	5,40	105,28
	Sep	180	0,0012	0,0009	2,01	9,08	398,33	180	0,0032	0,0023	1,25	4,64	66,93
	Dec	180	0,0010	0,0007	1,68	7,35	226,83	180	0,0025	0,0019	1,32	4,71	74,36
2010	Mar	180	0,0008	0,0007	3,89	29,64	5776,82	180	0,0021	0,0015	1,19	4,41	57,64
	Jun	180	0,0008	0,0011	7,79	79,94	46223,82	180	0,0020	0,0015	1,41	4,88	85,78
	Sep	180	0,0007	0,0005	1,16	4,41	55,27	180	0,0021	0,0015	1,31	4,72	74,00
	Dec	180	0,0008	0,0005	0,90	3,43	25,58	180	0,0025	0,0017	1,23	4,63	65,38

(Continúa en la página siguiente)

Capítulo 4. Efecto Maduración en Futuros sobre Deuda

		Euro-Bund						Euro-Buxl®					
		Obs.	Media	Std	Asim.	Kurt.	BJ	Obs.	Media	Std	Asim.	Kurt.	BJ
2000	Mar	180	0,0051	0,0031	0,74	3,11	16,55	180	0,0087	0,0055	0,73	2,89	16,06
	Jun	180	0,0045	0,0028	1,08	4,44	50,20	180	0,0079	0,0051	0,87	3,53	24,98
	Sep	181	0,0036	0,0025	1,44	6,49	154,20	181	0,0068	0,0046	1,37	5,52	104,54
	Dec	181	0,0029	0,0019	1,03	3,92	38,49	181	0,0054	0,0035	0,94	3,50	28,55
2001	Mar	180	0,0025	0,0018	1,56	6,66	173,48	180	0,0046	0,0030	1,11	4,22	47,77
	Jun	181	0,0025	0,0017	1,40	5,61	110,42	181	0,0045	0,0030	1,20	4,85	69,46
	Sep	182	0,0027	0,0018	1,23	4,56	64,49	182	0,0045	0,0030	1,02	4,38	45,84
	Dec	182	0,0033	0,0021	1,19	4,64	63,38	182	0,0058	0,0040	1,69	8,21	292,58
2002	Mar	181	0,0039	0,0025	1,94	9,59	441,39	181	0,0064	0,0045	1,72	7,40	235,27
	Jun	182	0,0039	0,0024	1,83	9,02	376,53	182	0,0065	0,0046	1,73	7,39	236,71
	Sep	181	0,0037	0,0021	1,06	4,33	47,43	181	0,0060	0,0041	1,35	5,35	96,46
	Dec	181	0,0037	0,0022	0,91	3,75	29,42	181	0,0057	0,0038	0,92	3,73	29,65
2003	Mar	182	0,0038	0,0023	0,86	3,64	25,65	182	0,0061	0,0040	0,82	3,23	21,01
	Jun	181	0,0040	0,0027	1,03	4,09	40,68	181	0,0060	0,0041	1,01	3,54	33,13
	Sep	181	0,0044	0,0030	1,19	4,89	70,05	181	0,0087	0,0161	8,27	75,48	41686,41
	Dec	180	0,0045	0,0030	1,19	4,90	69,50	59	0,0193	0,0071	0,92	3,85	10,12
2004	Mar	180	0,0039	0,0030	1,58	6,10	146,79	53	0,0153	0,0061	1,53	5,77	37,57
	Jun	180	0,0031	0,0024	1,88	7,16	235,78	57	0,0140	0,0053	1,22	3,92	16,10
	Sep	180	0,0028	0,0022	2,19	9,65	475,05	59	0,0135	0,0053	1,29	4,87	24,83
	Dec	180	0,0026	0,0019	1,92	9,14	393,30	58	0,0138	0,0049	0,60	2,32	6,57
2005	Mar	180	0,0027	0,0021	2,05	9,95	488,58	55	0,0197	0,0070	2,02	8,85	115,69
	Jun	180	0,0026	0,0016	0,94	4,03	34,18	57	0,0170	0,0058	0,81	2,84	6,28
	Sep	180	0,0025	0,0018	1,28	5,25	86,78	59	0,0169	0,0071	1,49	4,91	30,69
	Dec	180	0,0027	0,0019	1,11	4,23	48,21	58	0,0186	0,0069	0,94	3,21	8,67
2006	Mar	180	0,0027	0,0019	0,98	3,39	30,10	121	0,0085	0,0044	0,95	3,52	19,44
	Jun	180	0,0028	0,0018	1,01	3,51	32,28	180	0,0058	0,0037	0,99	3,85	34,87
	Sep	181	0,0029	0,0018	0,85	3,40	22,78	181	0,0057	0,0035	0,98	4,24	40,77
	Dec	181	0,0028	0,0017	0,94	3,67	29,84	181	0,0057	0,0034	0,99	4,29	42,12
2007	Mar	180	0,0026	0,0015	0,76	3,34	18,24	180	0,0052	0,0029	0,56	2,75	9,87
	Jun	180	0,0024	0,0014	0,79	3,49	20,60	180	0,0049	0,0028	0,78	3,14	18,55
	Sep	182	0,0026	0,0017	1,46	6,00	133,26	182	0,0053	0,0035	1,19	4,62	62,87
	Dec	182	0,0030	0,0018	1,01	3,77	35,68	182	0,0061	0,0040	1,00	3,51	32,05
2008	Mar	182	0,0037	0,0024	1,10	4,01	44,52	182	0,0071	0,0046	1,07	3,90	41,07
	Jun	181	0,0041	0,0025	1,05	4,12	42,86	181	0,0080	0,0047	0,83	3,24	21,48
	Sep	180	0,0043	0,0027	0,82	3,11	20,10	180	0,0080	0,0050	1,03	3,93	38,30
	Dec	180	0,0046	0,0033	1,43	5,64	113,83	180	0,0096	0,0072	1,72	6,88	201,97
2009	Mar	181	0,0053	0,0037	1,16	4,13	50,21	181	0,0109	0,0082	1,39	4,71	80,26
	Jun	180	0,0059	0,0038	0,98	3,61	31,73	180	0,0124	0,0083	1,11	3,98	44,36
	Sep	180	0,0052	0,0034	1,10	4,17	46,85	180	0,0098	0,0068	1,29	4,52	66,99
	Dec	180	0,0041	0,0031	1,39	5,27	96,82	180	0,0074	0,0052	1,43	5,43	105,88
2010	Mar	180	0,0033	0,0023	1,18	4,78	65,51	180	0,0061	0,0040	1,40	6,02	127,22
	Jun	180	0,0033	0,0023	1,35	5,66	107,87	180	0,0063	0,0047	2,16	11,21	644,89
	Sep	180	0,0034	0,0024	1,60	6,96	193,80	180	0,0068	0,0052	2,02	8,86	379,51
	Dec	180	0,0041	0,0026	1,16	4,60	59,78	180	0,0088	0,0061	1,29	4,87	76,54

4.4.3. Relación entre la Volatilidad y el Tiempo hasta el Vencimiento: Evidencia Empírica

La contrastación empírica para confirmar, o no, la existencia de una relación negativa entre volatilidad del precio y tiempo hasta la

maduración en futuros Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund y Euro-Buxl® se realiza mediante dos procedimientos.

En el primero se propone un test no paramétrico, basado en el *coeficiente de correlación de rangos de Spearman*. A continuación se analiza el *efecto maduración* mediante la regresión de la volatilidad del precio respecto al tiempo hasta el vencimiento. Para finalizar, se estudia la robustez de los resultados obtenidos.

4.4.3.1. Análisis Preliminar del Efecto Maduración: Test No Paramétrico

El *coeficiente de correlación de rangos de Spearman* permite analizar, sin necesidad de estimar parámetros, si existe asociación entre dos variables y, en su caso, el signo de la misma.

En el estudio del *efecto maduración* en contratos de futuros, las variables a considerar son, por una parte, el tiempo que cada día de negociación le resta al contrato para su vencimiento. Por otra, la volatilidad del precio de futuros, que en este trabajo se calcula como el valor absoluto de la variación logarítmica del precio de liquidación entre dos fechas consecutivas, tal y como se ha indicado en la expresión [4.1] del apartado anterior.

Para medir la correspondencia entre el tiempo hasta el vencimiento y la volatilidad del precio en un contrato particular, se calcula el *coeficiente de correlación de rangos de Spearman*,

$$R_i = 1 - \frac{6 \sum_{n=1}^N d_{n,i}^2}{N(N^2 - 1)} \quad [4.2]$$

donde:

R_i es el *coeficiente de correlación de rangos de Spearman* del contrato i , $i = 1, 2, \dots, 176$

$d_{n,i}$ es la diferencia entre los rangos correspondientes a los valores de las características estudiadas (volatilidad y tiempo hasta el vencimiento) para el contrato i .

N es el número total de asociaciones entre las variables y que coincide con τ , es decir, con el número de días de negociación para las que se calcula la volatilidad en cada contrato i .

Este coeficiente toma valores entre -1 y $+1$. Un valor próximo a cero indicaría que ambas variables apenas tienen relación, mientras que valores próximos a la unidad muestran que es estrecha. Si resultara positivo denotaría una relación directa, mientras que en caso de ser negativo significaría la existencia de una asociación contraria.

En nuestro caso, un coeficiente negativo para un determinado contrato, indica una correspondencia negativa entre la volatilidad y tiempo hasta el vencimiento, tal y como postula la Hipótesis de Samuelson, mientras que si resulta positivo indica un *efecto maduración inverso*.

La significatividad del *coeficiente de correlación de rangos de Spearman* se calcula con el siguiente estadístico:

$$R_i \sqrt{\frac{N-2}{1-R_i^2}} \sim t_{N-2} \quad [4.3]$$

que permite aceptar, o rechazar, la hipótesis nula de ausencia de relación entre el tiempo hasta la maduración y la volatilidad del precio del contrato i .

El Cuadro 4.2 contiene el *coeficiente de correlación de rangos de Spearman* para cada uno de los futuros sobre deuda estudiados, así como el valor del estadístico correspondiente.

Aunque en 74 contratos se obtiene una correspondencia negativa, estadísticamente sólo es significativa en 18, que representan el 10,2% del conjunto de futuros sobre deuda analizados. La mayor concentración de contratos con esta característica se constata en 2007 y 2008, en los que el 25% y 37,5%, respectivamente, de los futuros que vencen esos años muestran un *efecto maduración*. Por otra parte, en el 14% de los futuros Euro-Buxl® se observa este tipo de relación, no siendo destacable en el resto de contratos. Estos resultados denotarían que, en principio, el *efecto maduración* no es una característica de los futuros financieros analizados, tal y como se ha constatado en otros trabajos empíricos y predice la *hipótesis de covarianza negativa* de Bessembinder et al. (1996).

CUADRO 4.2

VOLATILIDAD DEL PRECIO DE FUTUROS: COEFICIENTE SPEARMAN

Este cuadro muestra el coeficiente de correlación de rangos de Spearman para analizar la asociación entre volatilidad del precio y tiempo hasta el vencimiento de cada contrato. $t(R)$ indica el valor del estadístico para el contraste de la hipótesis nula de ausencia de relación. *, ** y *** indican significatividad al 1%, 2,5% y 5% respectivamente.

Nota: FGBS, FGBM, FGBL y FGBX indican futuro Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund y Euro-Buxl®, respectivamente.

		Euro-Schatz		Euro-Bobl		Euro-Bund		Euro-Buxl®	
		R_{FGBS}	$t(R)$	R_{FGBM}	$t(R)$	R_{FGBL}	$t(R)$	R_{FGBX}	$t(R)$
2000	Mar	0,1818	2,47**	0,0954	1,28	0,0635	0,85	0,0363	0,49
	Jun	0,1189	1,60	0,1400	1,89	0,1293	1,74	0,1027	1,38
	Sep	0,1135	1,52	0,1619	2,19***	0,2055	2,80*	0,1881	2,56**
	Dec	0,2462	3,39*	0,2116	2,89*	0,3154	4,43*	0,2350	3,23*
2001	Mar	0,0592	0,79	0,0041	0,06	0,1044	1,40	0,1133	1,52
	Jun	-0,1327	-1,79	-0,1320	-1,78	-0,0651	-0,87	-0,0202	-0,27
	Sep	0,1413	1,90	0,0747	1,00	-0,0383	-0,51	-0,0096	-0,13
	Dec	0,0800	1,07	-0,0282	-0,38	-0,1258	-1,69	-0,1553	-2,10***
2002	Mar	-0,0761	-1,02	-0,1625	-2,20***	-0,2079	-2,84*	-0,2068	-2,82*
	Jun	0,0841	1,13	0,0758	1,01	0,1252	1,68	0,2800	3,89*
	Sep	-0,0783	-1,05	0,0052	0,07	0,0452	0,60	-0,0103	-0,14
	Dec	-0,0044	-0,06	-0,0642	-0,86	-0,0607	-0,81	-0,1454	-1,96
2003	Mar	0,2248	3,08*	0,0681	0,91	0,0870	1,17	0,1643	2,22***
	Jun	0,0820	1,10	0,0379	0,51	-0,0192	-0,26	0,0075	0,10
	Sep	-0,0357	-0,48	-0,1052	-1,41	-0,1292	-1,74	-0,1921	-2,61*
	Dec	0,0063	0,08	0,0411	0,55	0,1200	1,61	0,1894	1,46
2004	Mar	0,2577	3,56*	0,3079	4,32*	0,3156	4,44*	0,1389	1,00
	Jun	0,2103	2,87*	0,1474	1,99***	0,1246	1,68	-0,2321	-1,77
	Sep	0,0739	0,99	-0,0013	-0,02	0,0251	0,34	0,0240	0,18
	Dec	0,0763	1,02	0,1078	1,45	0,0427	0,57	-0,1750	-1,33
2005	Mar	0,1896	2,58**	0,1277	1,72	0,0362	0,48	0,0038	0,03
	Jun	0,1659	2,25***	0,0788	1,06	0,0196	0,26	0,0246	0,18
	Sep	0,0078	0,10	0,0419	0,56	-0,0022	-0,03	0,3853	3,15*
	Dec	-0,0602	-0,80	-0,0298	-0,40	0,0303	0,40	0,0489	0,37
2006	Mar	-0,0032	-0,04	-0,0039	-0,05	-0,0535	-0,71	0,1023	1,13
	Jun	-0,0124	-0,16	0,0375	0,50	0,0156	0,21	-0,0045	-0,06
	Sep	-0,0296	-0,40	-0,0728	-0,97	-0,0532	-0,71	-0,0858	-1,15
	Dec	0,0046	0,06	-0,0029	-0,04	-0,0404	-0,54	0,0735	0,98
2007	Mar	0,0563	0,75	0,0904	1,21	0,0945	1,27	0,0647	0,87
	Jun	0,0602	0,81	0,0874	1,17	0,0569	0,76	0,0135	0,18
	Sep	-0,2596	-3,59*	-0,1852	-2,51**	-0,1027	-1,38	0,0019	0,03
	Dec	-0,3574	-5,10*	-0,2574	-3,55*	-0,1220	-1,64	-0,0331	-0,44
2008	Mar	-0,2404	-3,30*	-0,2146	-2,93*	-0,1291	-1,74	-0,1335	-1,80
	Jun	-0,1831	-2,49**	-0,1728	-2,34**	-0,1535	-2,07***	-0,1506	-2,03***
	Sep	0,0299	0,40	-0,0001	0,00	0,0419	0,56	0,1082	1,45
	Dec	-0,0116	-0,15	0,0201	0,27	-0,0041	-0,06	-0,0843	-1,13
2009	Mar	-0,0017	-0,02	0,0142	0,19	-0,1941	-2,64*	-0,2548	-3,52*
	Jun	0,1831	2,48**	0,0710	0,95	-0,0256	-0,34	0,1773	2,40**
	Sep	0,1690	2,29**	0,1715	2,32**	0,2631	3,64*	0,3710	5,33*
	Dec	0,2491	3,43*	0,2494	3,44*	0,2326	3,19*	0,1808	2,45**
2010	Mar	0,2002	2,73*	0,1114	1,50	0,0498	0,67	0,0512	0,68
	Jun	0,0085	0,11	-0,0382	-0,51	-0,0050	-0,07	-0,0021	-0,03
	Sep	-0,0632	-0,84	-0,0652	-0,87	-0,1205	-1,62	-0,1592	-2,15***
	Dec	0,0327	0,44	-0,0088	-0,12	-0,1175	-1,58	-0,1438	-1,94

La relación es significativamente positiva en el 16,5% de los contratos objeto de estudio, indicando para esos futuros un *efecto maduración inverso*, más acorde con la literatura previa. Sólo es reseñable que esta correspondencia positiva se observa en el 25% de los futuros Euro-Schatz, así como en la mitad del conjunto de contratos que vencen en los años 2000 y 2009.

En resumen sólo el 10,2% de los futuros sobre deuda del período 2000-2010, muestran evidencia a favor del *efecto maduración*, mientras que en el 16,5% se observa un *efecto maduración inverso*. Por último, en el 73,3% de los contratos analizados, se confirma que no existe ninguna relación entre volatilidad y tiempo hasta la maduración. Además de no aportar evidencia a favor de la Hipótesis de Samuelson, estos resultados denotan que, en principio, el tiempo hasta el vencimiento no es un determinante importante de la volatilidad del precio de futuros.

4.4.3.2. Análisis del Efecto Maduración: Test Paramétrico

Con la premisa, ampliamente justificada en la literatura, acerca de que los contrastes no paramétricos son menos potentes en relación a los paramétricos, se utiliza un procedimiento más preciso para contrastar la Hipótesis de Samuelson, basado en la regresión lineal de la volatilidad del precio de futuros y el tiempo hasta el vencimiento del contrato:

$$VF_{i,t} = \gamma_i + \delta_i \tau_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad t = 1, 2, \dots, T \quad [4.4]$$

donde T es el último día de negociación del mes anterior al de vencimiento del contrato i en cuestión. El resto de variables de la expresión [4.4] son:

$VF_{i,t}$ es la volatilidad, en t , del precio de futuros del contrato i , calculada según la expresión [4.1] anterior.

i es el contrato con un determinado subyacente (Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund, Euro-Buxl®), mes de vencimiento (marzo, junio, septiembre o diciembre) y año (desde el 2000 hasta el 2010); $i=1, 2, \dots, 176$

$\tau_{i,t}$ indica el número de días de negociación que en cada momento del tiempo t , le resta al contrato i para su maduración⁹.

$\varepsilon_{i,t}$ es la perturbación aleatoria.

Los parámetros a estimar son γ_i y δ_i . El primero de ellos, γ_i , indica el nivel de volatilidad del precio que no depende del tiempo hasta el vencimiento. Se verificará el cumplimiento de la Hipótesis de Samuelson si el coeficiente δ_i es negativo y estadísticamente significativo; en tal caso, a medida que disminuya el tiempo pendiente para la maduración, aumentará la volatilidad del precio del contrato en cuestión.

En el proceso de estimación de los parámetros γ_i y δ_i es necesario tener en cuenta la presencia de heteroscedasticidad y autocorrelación, de estructura desconocida¹⁰. White (1980) propone una aproximación a la matriz de covarianzas del estimador MCO que no necesita de una representación exacta de la forma funcional que adopta la heteroscedasticidad, por lo que no genera los sesgos que pudieran derivarse de una especificación incorrecta. Newey y West (1987) introducen un término adicional a la estimación de la matriz de varianzas propuesta por White (1980), que corrige la autocorrelación sin necesidad de especificar la estructura de la misma. La importancia de

⁹En algunos trabajos utilizan como variable explicativa la raíz cuadrada del tiempo hasta el vencimiento (Bessembinder et al.(1996) y Allen y Cruickshank (2000)), o la transformación logarítmica; para analizar la robustez de los resultados aquí obtenidos, se han realizado las regresiones con el logaritmo neperiano del tiempo hasta el vencimiento obteniendo, en general, las mismas conclusiones.

¹⁰En series de datos con heteroscedasticidad y/o autocorrelación, los estimadores MCO son lineales e insesgados, pero su varianza no es mínima, por lo que los contrastes de hipótesis carecen de validez. La estimación por MCG proporcionaría estimadores eficientes, en el supuesto de que la especificación de la estructura de ambas características fuera la correcta.

este resultado se justifica porque permite realizar inferencias con los estimadores mínimo cuadrático ordinarios, sin necesidad de precisar la forma que adopten la heteroscedasticidad y la autocorrelación.

Atendiendo a lo anterior, la estimación de los parámetros de las regresiones se realiza con el método de mínimos cuadrados ordinarios, con el ajuste de la matriz de varianzas-covarianzas propuesto por Newey y West (1987) que solventa los dos problemas mencionados¹¹.

El Cuadro 4.3 contiene los resultados de las estimaciones de los coeficientes γ_i y δ_i para cada contrato, así como el estadístico para la significatividad de estos parámetros. También se muestra el coeficiente R^2 de la bondad del ajuste y el estadístico Durbin-Watson para la hipótesis de ausencia de autocorrelación de primer orden.

A destacar en primer lugar que el coeficiente R^2 , a diferencia de la evidencia en contratos sobre activos físicos, es muy pequeño en todos los futuros analizados. Este resultado está en línea con el de otros trabajos con futuros financieros (Duong y Kalev (2008), Gurrola y Herrerías (2011)), lo que indicaría, por una parte, que existen factores que afectan a la volatilidad del precio de futuros en contratos sobre deuda, que no están contemplados en el modelo y, por otra, que el tiempo hasta el vencimiento tiene escasa capacidad explicativa de la volatilidad del precio. El estadístico Durbin-Watson permite aceptar la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación¹².

¹¹Téngase en cuenta que los resultados de la estimación de los coeficientes γ_i y δ_i con el procedimiento descrito son los mismos que los obtenidos por MCO estándar; la aportación de la corrección de Newey y West (1987) es que obtiene estimaciones más robustas.

¹²A excepción de cinco contratos.

CUADRO 4.3

REGRESIÓN DE LA VOLATILIDAD Y EL TIEMPO HASTA EL VENCIMIENTO

Este cuadro muestra, para cada contrato, los coeficientes obtenidos con la estimación Newey-West (1987) de la regresión lineal de la volatilidad del precio de futuros y el tiempo hasta el vencimiento. $t(\hat{\gamma}_i)$ y $t(\hat{\delta}_i)$ indican el valor del estadístico para el contraste de la hipótesis de significatividad de los coeficientes. DW es el estadístico Durbin-Watson para la hipótesis de ausencia de autocorrelación serial. *, **, y *** indican significatividad al 1%, 2,5% y 5% respectivamente.

		Euro-Schatz						Euro-Bobl					
		$\hat{\gamma}_i(\times 10^2)$	$t(\hat{\gamma}_i)$	$\hat{\delta}_i(\times 10^2)$	$t(\hat{\delta}_i)$	$R^2(\%)$	DW	$\hat{\gamma}_i(\times 10^2)$	$t(\hat{\gamma}_i)$	$\hat{\delta}_i(\times 10^2)$	$t(\hat{\delta}_i)$	$R^2(\%)$	DW
2000	Mar	0,0554	6,20*	0,0004	3,39*	5,78	2,26	0,1675	8,28*	0,0003	1,46	0,95	2,19
	Jun	0,0576	6,53*	0,0003	2,93*	3,20	2,38	0,1330	8,83*	0,0005	2,85*	2,98	2,24
	Sep	0,0446	5,33*	0,0003	3,37*	4,68	2,22	0,1094	7,85*	0,0005	2,89*	3,81	2,09
	Dec	0,0360	5,60*	0,0003	4,20*	6,83	2,14	0,0970	6,40*	0,0004	2,92*	4,01	2,13
2001	Mar	0,0489	3,23†	0,0002	0,98	1,26	1,19	0,1297	8,58*	0,0000	-0,17	0,01	1,89
	Jun	0,0920	7,58*	-0,0002	-2,33**	3,52	1,66	0,1769	7,22*	-0,0004	-1,97	3,17	1,63
	Sep	0,0598	6,83*	0,0002	1,78	2,04	1,70	0,1362	8,49*	0,0003	1,48	0,90	1,62
	Dec	0,0844	4,77*	0,0000	0,18	0,03	1,65	0,2014	5,75*	-0,0002	-0,76	0,61	1,80
2002	Mar	0,0983	7,55*	-0,0001	-1,46	0,91	1,65	0,2391	8,04*	-0,0004	-1,99***	1,95	1,84
	Jun	0,0596	6,71*	0,0003	2,19***	3,60	1,80	0,1481	8,01*	0,0004	1,71	2,21	1,72
	Sep	0,0910	8,38*	-0,0001	-1,06	0,71	1,92	0,1736	7,66*	0,0001	0,36	0,11	1,94
	Dec	0,0940	8,53*	-0,0001	-1,28	0,89	1,97	0,2116	11,09*	-0,0003	-2,11***	1,70	2,20
2003	Mar	0,0603	6,84*	0,0002	2,63*	3,91	1,95	0,1737	10,02*	0,0002	1,07	0,47	2,22
	Jun	0,0690	7,38*	0,0001	0,93	0,46	2,11	0,1883	8,35*	0,0001	0,38	0,06	2,19
	Sep	0,0896	7,99*	-0,0001	-0,71	0,32	1,93	0,2544	9,60*	-0,0004	-1,70	1,59	2,11
	Dec	0,0833	9,37*	0,0000	0,34	0,04	1,88	0,2108	9,65*	0,0001	0,75	0,19	2,02
2004	Mar	0,0474	5,58*	0,0004	4,14*	6,69	1,99	0,1048	5,34*	0,0011	5,44*	9,64	2,02
	Jun	0,0520	5,20*	0,0002	2,36**	2,98	1,85	0,1249	5,42*	0,0004	1,96	2,12	1,79
	Sep	0,0526	7,78*	0,0001	1,71	0,95	2,05	0,1375	9,00*	0,0001	0,39	0,06	2,02
	Dec	0,0469	6,91*	0,0001	1,65	1,52	2,04	0,1020	6,83*	0,0003	1,88	2,15	2,22
2005	Mar	0,0395	5,84*	0,0001	2,22***	2,28	2,17	0,1053	6,35*	0,0002	1,57	1,10	2,11
	Jun	0,0337	6,76*	0,0001	2,34**	3,09	1,86	0,1022	7,92*	0,0001	1,13	0,59	1,84
	Sep	0,0417	7,48*	0,0000	0,15	0,02	2,06	0,1073	8,31*	0,0001	0,55	0,19	1,98
	Dec	0,0510	7,22*	-0,0001	-0,85	0,49	1,94	0,1311	7,62*	-0,0001	-0,91	0,55	2,08
2006	Mar	0,0434	7,31*	0,0000	0,47	0,11	2,00	0,1227	9,29*	0,0000	0,06	0,00	2,17
	Jun	0,0394	6,87*	0,0000	0,87	0,47	2,08	0,1123	6,35*	0,0002	0,98	0,58	2,17
	Sep	0,0450	9,75*	0,0000	-0,16	0,01	2,10	0,1271	8,87*	0,0000	0,01	0,00	2,13
	Dec	0,0401	7,81*	0,0001	1,19	0,68	1,97	0,1169	9,82*	0,0001	0,62	0,21	2,00
2007	Mar	0,0338	9,56*	0,0001	2,12***	1,60	1,95	0,0904	9,44*	0,0002	2,13***	1,88	1,89
	Jun	0,0297	7,56*	0,0001	1,70	1,91	1,92	0,0810	7,74*	0,0003	2,29**	2,49	2,06
	Sep	0,0658	7,31*	-0,0002	-3,39*	10,43	1,79	0,1554	10,12*	-0,0004	-3,36*	4,78	2,16
	Dec	0,0908	11,71*	-0,0003	-5,41*	9,61	1,77	0,1920	14,35*	-0,0006	-5,33*	7,84	2,09
2008	Mar	0,1179	9,94*	-0,0003	-2,99*	3,39	1,84	0,2561	10,31*	-0,0008	-3,85*	7,35	1,95
	Jun	0,1184	7,77*	-0,0002	-1,42	1,25	1,87	0,2645	11,06*	-0,0006	-3,08*	3,42	1,91
	Sep	0,1002	7,64*	0,0001	0,72	0,27	2,00	0,2319	8,62*	0,0000	0,05	0,00	2,05
	Dec	0,1248	6,42*	-0,0001	-0,68	0,30	2,01	0,2625	7,74*	-0,0001	-0,38	0,07	2,11
2009	Mar	0,1064	8,30*	0,0001	0,59	0,12	2,05	0,2455	8,23*	0,0001	0,53	0,11	2,13
	Jun	0,0607	5,67*	0,0005	3,74*	6,44	2,09	0,2073	8,47*	0,0006	2,13***	1,68	2,26
	Sep	0,0615	5,97*	0,0003	2,21***	3,31	1,93	0,1619	6,88*	0,0007	2,63*	3,43	2,23
	Dec	0,0428	5,84*	0,0003	4,05*	6,08	2,05	0,1020	5,68*	0,0008	4,27*	7,19	2,16
2010	Mar	0,0433	6,57*	0,0002	2,56**	1,98	2,16	0,1257	6,87*	0,0003	1,61	1,17	2,06
	Jun	0,0523	5,80*	0,0001	0,66	0,18	1,72	0,1632	5,99*	-0,0002	-0,78	0,49	1,72
	Sep	0,0590	8,62*	-0,0001	-1,01	0,48	1,71	0,1679	9,61*	-0,0002	-1,26	0,67	1,86
	Dec	0,0556	8,24*	0,0000	0,29	0,06	1,74	0,1740	7,92*	0,0001	0,25	0,05	1,85

(Continúa en la página siguiente)

Capítulo 4. Efecto Maduración en Futuros sobre Deuda

		Euro-Bund						Euro-Buxl®					
		$\hat{\gamma}_i (\times 10^2)$	$t(\hat{\gamma}_i)$	$\hat{\delta}_i (\times 10^2)$	$t(\hat{\delta}_i)$	$R^2(\%)$	DW	$\hat{\gamma}_i (\times 10^2)$	$t(\hat{\gamma}_i)$	$\hat{\delta}_i (\times 10^2)$	$t(\hat{\delta}_i)$	$R^2(\%)$	DW
2000	Mar	0,3358	9,74*	0,0003	1,08	0,44	2,17	0,5998	8,61*	0,0003	0,38	0,08	2,08
	Jun	0,2570	9,14*	0,0007	2,33**	2,38	2,14	0,4701	8,35*	0,0010	1,81	1,45	2,05
	Sep	0,1598	7,24*	0,0011	3,95*	7,00	2,08	0,3056	6,91*	0,0020	3,54*	6,78	1,98
	Dec	0,1270	5,90*	0,0009	3,83*	7,99	1,95	0,2678	6,93*	0,0013	3,17*	5,57	1,87
2001	Mar	0,1477	8,21*	0,0003	1,82	1,39	2,10	0,2752	8,20*	0,0006	2,05***	1,59	1,93
	Jun	0,2109	9,02*	-0,0003	-1,66	1,42	2,06	0,3272	7,55*	0,0000	-0,05	0,00	1,78
	Sep	0,1955	10,28*	0,0000	-0,13	0,01	2,17	0,3162	8,72*	0,0001	0,32	0,06	1,85
	Dec	0,2864	7,88*	-0,0005	-1,69	2,26	1,97	0,5550	8,80*	-0,0014	-2,75*	4,80	1,89
2002	Mar	0,3596	8,97*	-0,0008	-2,77*	4,14	1,87	0,6006	9,57*	-0,0014	-2,96*	3,69	1,98
	Jun	0,2222	9,88*	0,0006	2,19***	2,56	1,85	0,2697	6,45*	0,0021	4,20*	8,20	1,95
	Sep	0,2468	7,69*	0,0002	0,58	0,34	1,91	0,4207	6,16*	0,0002	0,27	0,06	1,86
	Dec	0,3111	11,42*	-0,0005	-2,24***	1,73	2,21	0,5150	11,09*	-0,0011	-2,70*	2,91	2,04
2003	Mar	0,2524	11,52*	0,0003	1,45	0,59	2,21	0,3457	8,37*	0,0010	2,43**	2,55	2,16
	Jun	0,2959	9,13*	-0,0001	-0,23***	0,02	2,19	0,4409	8,58*	-0,0001	-0,21	0,02	2,20
	Sep	0,3830	10,20*	-0,0007	-2,23	2,02	2,11	0,6420	10,74*	-0,0001	-0,07	0,00	1,07
	Dec	0,2706	9,60*	0,0006	2,12***	1,41	2,09	0,3058	3,24*	0,0043	1,58	4,59	2,07
2004	Mar	0,1338	5,07*	0,0016	5,54*	10,37	2,13	0,2632	4,35*	0,0019	1,37	1,11	2,19
	Jun	0,1690	5,90*	0,0005	1,92	1,95	1,86	0,3932	5,59*	-0,0022	-1,27	2,06	1,90
	Sep	0,1838	9,76*	0,0002	0,87	0,24	2,13	0,2684	5,72*	0,0015	0,88	0,92	2,24
	Dec	0,1670	7,83*	0,0002	0,99	0,50	2,19	0,4070	6,77*	-0,0025	-1,55	3,26	2,33
2005	Mar	0,1630	5,68*	0,0003	0,92	0,78	1,82	0,4660	4,24*	-0,0010	-0,38	0,25	1,96
	Jun	0,1802	9,20*	0,0001	0,34	0,05	1,97	0,3658	4,41*	0,0007	0,31	0,16	1,89
	Sep	0,1851	9,03*	0,0000	-0,12	0,01	2,01	0,1051	2,09***	0,0084	4,94*	17,26	2,49
	Dec	0,2036	8,09*	-0,0001	-0,33	0,05	2,16	0,3669	4,69*	0,0018	0,82	0,88	2,11
2006	Mar	0,1978	9,83*	0,0000	-0,06	0,00	2,15	0,3214	7,64*	0,0014	2,00***	2,46	2,03
	Jun	0,2011	6,98*	0,0000	0,10	0,01	2,23	0,4241	6,98*	-0,0001	-0,17	0,02	2,10
	Sep	0,2191	10,46*	-0,0001	-0,76	0,18	2,23	0,4494	10,15*	-0,0004	-1,16	0,50	2,12
	Dec	0,1938	9,78*	0,0001	0,37	0,08	2,06	0,3447	8,25*	0,0007	1,55	1,54	2,07
2007	Mar	0,1549	9,19*	0,0003	1,72	1,47	2,04	0,3425	9,53*	0,0003	0,89	0,47	2,00
	Jun	0,1537	8,24*	0,0002	1,09	0,72	2,01	0,3533	7,54*	0,0000	0,02	0,00	1,83
	Sep	0,2199	8,93*	-0,0003	-1,40	1,25	2,01	0,4346	8,34*	-0,0005	-1,20	0,73	2,06
	Dec	0,2562	11,75*	-0,0004	-2,28**	2,04	2,01	0,4782	7,44*	-0,0004	-0,66	0,30	1,82
2008	Mar	0,3465	9,01*	-0,0008	-2,57**	4,17	1,83	0,6266	9,74*	-0,0012	-2,20***	2,59	1,90
	Jun	0,3620	12,07*	-0,0007	-2,70*	2,58	1,85	0,6807	10,11*	-0,0011	-1,76	2,04	1,70
	Sep	0,2916	8,04*	0,0002	0,62	0,24	1,90	0,4882	7,67*	0,0009	1,55	1,18	1,90
	Dec	0,3731	8,57*	-0,0004	-1,18	0,58	2,00	0,8833	7,52*	-0,0020	-2,08***	2,89	1,76
2009	Mar	0,4838	11,41*	-0,0011	-3,05*	3,32	1,94	1,1203	8,52*	-0,0035	-3,43*	6,84	1,67
	Jun	0,4076	9,92*	0,0002	0,44	0,07	2,01	0,6143	7,04*	0,0029	3,39*	4,58	1,87
	Sep	0,2365	7,75*	0,0014	3,98*	6,41	1,96	0,3229	4,57*	0,0040	4,73*	13,39	1,93
	Dec	0,1677	5,74*	0,0013	3,77*	7,28	2,00	0,3665	7,68*	0,0017	3,06*	4,28	2,14
2010	Mar	0,2111	7,46*	0,0003	1,18	0,58	2,08	0,4010	8,62*	0,0004	0,89	0,36	2,18
	Jun	0,2553	6,75*	-0,0002	-0,63	0,26	2,00	0,5205	6,13*	-0,0007	-1,07	0,92	2,05
	Sep	0,2960	10,20*	-0,0005	-1,83	1,65	1,96	0,6471	8,35*	-0,0016	-2,51**	3,77	1,97
	Dec	0,3397	8,96*	-0,0005	-1,52	1,45	2,04	0,7713	8,88*	-0,0015	-1,98***	2,11	1,90

A modo de resumen se ha elaborado el Cuadro 4.4, en el que se recogen, para cada uno de los futuros analizados, el porcentaje de contratos para los que la volatilidad del precio sigue un comportamiento como el descrito por Samuelson, los que muestran un *efecto maduración inverso* y, por último, aquéllos para los que el tiempo hasta

el vencimiento no tiene incidencia sobre la volatilidad. La última fila muestra la proporción respecto del total de contratos analizados.

CUADRO 4.4

REGRESIÓN DE LA VOLATILIDAD Y EL TIEMPO HASTA EL VENCIMIENTO:
RESUMEN DE RESULTADOS

Este cuadro muestra, en el *Panel A*, el porcentaje para cada uno de los futuros, en los que se confirma el *efecto maduración*, *efecto maduración inverso*, así como la inexistencia de relación. En la última fila se indica la proporción respecto del total de contratos analizados. El análisis se realiza mediante la regresión lineal de la volatilidad del precio de futuros y el tiempo hasta el vencimiento, siguiendo el procedimiento de estimación propuesto por Newey y West (1987). La volatilidad se calcula como el valor absoluto del logaritmo neperiano de la variación de precios de liquidación entre fechas consecutivas. Se excluye el mes de vencimiento. En el *Panel B*, se recoge el porcentaje de contratos que vencen en cada uno de los años y cuya volatilidad verifica una de las características estudiadas.

Panel A

	$\hat{\delta}_i < 0$	$\hat{\delta}_i > 0$	$\hat{\delta}_i = 0$
Euro-Schatz	9,09%	34,09%	56,82%
Euro-Bobl	13,64%	20,45%	65,91%
Euro-Bund	15,91%	18,18%	65,91%
Euro-Buxl®	18,18%	22,73%	59,09%
% TOTAL	14,20%	23,87%	61,93%

Panel B

	$\hat{\delta}_i < 0$	$\hat{\delta}_i > 0$	$\hat{\delta}_i = 0$
2000	0,00%	75,00%	25,00%
2001	12,50%	6,25%	81,25%
2002	37,50%	18,75%	43,75%
2003	6,25%	18,75%	75,00%
2004	0,00%	25,00%	75,00%
2005	0,00%	18,75%	81,25%
2006	0,00%	6,25%	93,75%
2007	31,25%	18,75%	50,00%
2008	43,75%	0,00%	56,25%
2009	12,50%	68,75%	18,75%
2010	12,50%	6,25%	81,25%
% TOTAL	14,20%	23,87%	61,93%

Sólo en el 14,20% de los contratos, la relación entre la volatilidad del precio y el tiempo hasta la maduración confirma la Hipótesis de Samuelson¹³, mientras que el 23,87% muestran un *efecto maduración inverso*. En más de la mitad, en concreto en el 61,93% de los futuros objeto de análisis, se constata la ausencia de un vínculo entre volatilidad y tiempo hasta la maduración.

En cualquier caso, tanto el *efecto maduración* como el *efecto maduración inverso* guardan relación con las características del subyacente. Así, la concordancia negativa se observa con más firmeza en los futuros Euro-Buxl® que tienen como entregables bonos a más largo plazo; por el contrario, la relación positiva es más propia de los futuros Euro-Schatz, cuyo activo básico son títulos de deuda con el plazo más corto de entre todos los entregables de los diferentes contratos.

El análisis temporal, resumido también en el Cuadro 4.4, revela que en los años 2000 y 2009 predomina un *efecto maduración inverso*, mientras que un comportamiento como el postulado por la Hipótesis de Samuelson se concentra básicamente en los contratos que vencen en los años 2002, 2007 y 2008.

4.4.3.3. Robustez de los resultados

En las dos pruebas realizadas, aunque como consecuencia de emplear diferentes metodologías se observen pequeñas discrepancias, se concluye que en los futuros Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund y Euro-Buxl® del Eurex, la Hipótesis de Samuelson tiene escasa relevancia.

Esta conclusión podría estar condicionada por la medida de volatilidad empleada en el análisis, o incluso por el tratamiento realizado en los datos, como consecuencia de las características propias de los contratos de futuros.

En esta sección, para probar la robustez del resultado, se analiza el *efecto maduración* con otra medida de la volatilidad. También se considera un tratamiento diferente de datos; por una parte, se incluyen

¹³Este porcentaje indica que son 25 los contratos cuya volatilidad del precio presenta la característica estudiada. Hay otros 35 en los que la relación también es negativa, pero no es estadísticamente significativa.

los precios de liquidación del mes de vencimiento y, por otra, se generan series de precios mediante un procedimiento rollover.

En relación a la medida de volatilidad, Daal, Farhat y Wei (2006) proponen el cuadrado del logaritmo neperiano de la variación entre los precios de liquidación adyacentes,

$$\sigma_{i,\tau}^2 = \left(\ln \frac{F_{i,\tau}}{F_{i,\tau+1}} \right)^2 \quad [4.5]$$

donde $F_{i,\tau}$ y $F_{i,\tau+1}$ son los precios de liquidación del contrato i en τ y $\tau+1$, respectivamente. Se estiman los parámetros γ_i y δ_i de la regresión [4.4] anterior con el método propuesto por Newey y West (1987).

El Cuadro 4.5 contiene la información resumida del coeficiente indicativo del *efecto maduración*, tanto por tipo de contrato como para cada uno de los años. Obviamente, contrato a contrato se observan discrepancias entre estos coeficientes estimados y los obtenidos en la sección anterior, en la que la volatilidad se calcula como el valor absoluto del logaritmo neperiano de la variación del precio (Cuadro 4.3). No obstante, la conclusión general sigue siendo la misma: el *efecto maduración* en futuros sobre deuda tiene escasa relevancia, se observa una mayor proporción de contratos con *efecto maduración inverso*, y por último, al igual que se ha obtenido anteriormente, en más del 60% de los futuros analizados no se evidencia relación entre volatilidad del precio y tiempo hasta el vencimiento¹⁴. En referencia al análisis temporal, se extraen idénticas conclusiones a las indicadas anteriormente.

En cualquier caso, la medida de volatilidad ahora utilizada favorece la verificación del efecto maduración en detrimento del resultado de la sección anterior referente a la ausencia de relación.

¹⁴Daal, Farhat y Wei (2006), que proponen esta medida de volatilidad, tampoco observan *efecto maduración* en futuros financieros.

CUADRO 4.5

REGRESIÓN PARA LA ROBUSTEZ DE LA MEDIDA DE VOLATILIDAD:
RESUMEN DE RESULTADOS

Este cuadro muestra, en el *Panel A*, el porcentaje para cada uno de los futuros, en los que se confirma el *efecto maduración*, *efecto maduración inverso*, así como la inexistencia de relación. En la última fila se indica la proporción respecto del total de contratos analizados. El análisis se realiza mediante la regresión lineal de la volatilidad del precio de futuros y el tiempo hasta el vencimiento, siguiendo el procedimiento de estimación propuesto por Newey y West (1987). La volatilidad se calcula como el cuadrado del logaritmo neperiano de la variación de precios de liquidación entre fechas consecutivas. Se excluye el mes de vencimiento. En el *Panel B*, se recoge el porcentaje de contratos que vencen en cada uno de los años y cuya volatilidad verifica una de las características estudiadas.

Panel A

	$\hat{\delta}_i < 0$	$\hat{\delta}_i > 0$	$\hat{\delta}_i = 0$
Euro-Schatz	13,64%	25,00%	61,36%
Euro-Bobl	18,18%	20,46%	61,36%
Euro-Bund	18,18%	22,73%	59,09%
Euro-Buxl®	13,64%	25,00%	61,36%
% TOTAL	15,34%	23,86%	60,80%

Panel B

	$\hat{\delta}_i < 0$	$\hat{\delta}_i > 0$	$\hat{\delta}_i = 0$
2000	0,00%	81,25%	18,75%
2001	31,25%	25,00%	43,75%
2002	31,25%	12,50%	56,25%
2003	6,25%	12,50%	81,25%
2004	0,00%	25,00%	75,00%
2005	0,00%	12,50%	87,50%
2006	0,00%	12,50%	87,50%
2007	37,5%	18,75%	43,75%
2008	37,5%	0,00%	62,50%
2009	12,50%	62,50%	25,00%
2010	12,50%	0,00%	87,50%
% TOTAL	15,34%	23,86%	60,80%

A continuación, se analiza si los ajustes realizados en los datos tienen incidencia en el resultado. En la sección correspondiente al tratamiento de datos se ha indicado que, en los trabajos empíricos con contratos de futuros, la práctica habitual consiste en excluir los precios de liquidación del mes de vencimiento, ya que se argumenta que su inclusión podría distorsionar los resultados. Analizamos ahora el *efecto maduración* incorporando a las series de precios de liquidación, los datos correspondientes al mes de vencimiento.

Se calcula la volatilidad como el valor absoluto del logaritmo neperiano del cambio en el precio de liquidación según la expresión [4.1] anterior, y se estiman los coeficientes de la regresión [4.4] con el procedimiento de Newey y West (1987). El Cuadro 4.6 contiene el resumen de las estimaciones.

En comparación con los resultados anteriores del Cuadro 4.4, en el que se excluían los precios de liquidación del mes de vencimiento del contrato en cuestión, si bien contrato a contrato se observan discrepancias, la conclusión general acerca de la escasa relevancia de la Hipótesis de Samuelson, presencia de *efecto maduración inverso* y ausencia de relación entre volatilidad y tiempo hasta el vencimiento para una cantidad elevada de contratos, sigue inalterada. Sin embargo, se observa que al incorporar la información del mes de vencimiento, aumenta tanto el número de futuros con *efecto maduración* en el precio como los que muestran *efecto maduración inverso*; o dicho de otro modo, para un número mayor de contratos se confirma una correspondencia, en un sentido o en otro, entre la volatilidad del precio y tiempo hasta la maduración.

CUADRO 4.6

REGRESIÓN PARA LA ROBUSTEZ DEL TRATAMIENTO DE DATOS:
RESUMEN DE RESULTADOS

Este cuadro muestra, en el *Panel A*, el porcentaje para cada uno de los futuros, en los que se confirma el *efecto maduración*, *efecto maduración inverso*, así como la inexistencia de relación. En la última fila se indica la proporción respecto del total de contratos analizados. El análisis se realiza mediante la regresión lineal de la volatilidad del precio de futuros y el tiempo hasta el vencimiento, siguiendo el procedimiento de estimación propuesto por Newey y West (1987). La volatilidad se calcula como el valor absoluto del logaritmo neperiano de la variación de precios de liquidación entre fechas consecutivas. Se incluye el mes de vencimiento. En el *Panel B*, se recoge el porcentaje de contratos que vencen en cada uno de los años y cuya volatilidad verifica una de las características estudiadas.

Panel A

	$\hat{\delta}_i < 0$	$\hat{\delta}_i > 0$	$\hat{\delta}_i = 0$
Euro-Schatz	9,09%	34,09%	56,82%
Euro-Bobl	13,63%	22,73%	63,64%
Euro-Bund	25,00%	27,27%	47,73%
Euro-Buxl®	22,73%	22,73%	54,54%
TOTAL	17,61%	26,70%	55,69%

Panel B

	$\hat{\delta}_i < 0$	$\hat{\delta}_i > 0$	$\hat{\delta}_i = 0$
2000	0,00%	81,25%	18,75%
2001	31,25%	12,50%	56,25%
2002	18,75%	12,50%	68,75%
2003	12,50%	37,50%	50,00%
2004	6,25%	37,50%	56,25%
2005	0,00%	18,75%	81,25%
2006	0,00%	0,00%	100,00%
2007	31,25%	18,75%	50,00%
2008	56,25%	0,00%	43,75%
2009	12,50%	62,50%	25,00%
2010	25,00%	12,50%	62,50%
TOTAL	17,61%	26,70%	55,69%

Por último, puesto que los contratos de futuros tienen vida limitada, una práctica habitual consiste en unir los vencimientos de los futuros con el mismo activo subyacente, para generar una única serie de precios de liquidación para todo el período analizado¹⁵. Una forma posible de enlazar precios, consiste en considerar como punto de conexión, entre un vencimiento y otro, el último día de negociación del mes precedente al de maduración¹⁶.

Siguiendo este procedimiento se ha generado una única serie de precios para cada uno de los futuros analizados, que comprende desde el 10/06/1999 hasta el 30/11/2010. Se dispone por tanto de cuatro series, y cada una de ellas contiene 2.923 precios de liquidación.

De nuevo se ha calculado la volatilidad del precio con la expresión [4.1], esto es, como el valor absoluto del logaritmo neperiano de la variación del precio de futuros entre dos días consecutivos. Para comprobar la existencia de *efecto maduración* se estima la regresión [4.4] anterior, en la que se incluyen variables dummy para mes y año. El Cuadro 4.7 contiene los resultados de las estimaciones con el procedimiento Newey y West (1987).

Se observa que en todos los contratos el coeficiente indicativo de la relación entre volatilidad del precio y tiempo hasta la maduración es positivo, aunque sólo es estadísticamente significativo en el futuro Euro-Schatz; de hecho, en el apartado anterior se obtuvo que el 34,09% de estos futuros (Cuadro 4.4) mostraban un *efecto maduración inverso*. En los futuros Euro-Bobl, el coeficiente es positivo, pero sólo es significativo a un nivel de confianza del 90%. Por último, en los futuros Euro-Bund y Euro-Buxl®, aunque la estimación del parámetro es positiva, no es estadísticamente significativa.

En resumen, cuando se considera una única serie de precios de liquidación para cada futuro se observa, o bien, un *efecto maduración inverso*, o bien, ausencia de relación entre volatilidad y tiempo hasta el

¹⁵Galloway y Kolb (1996), Bessembinder et al. (1996), Kalev y Duong (2008), en trabajos para la constatación empírica de la Hipótesis de Samuelson, entre otros.

¹⁶Téngase en cuenta que al enlazar series de esta forma se excluyen los precios de liquidación de cada mes de vencimiento.

vencimiento. En consecuencia no se obtiene evidencia a favor de la Hipótesis de Samuelson¹⁷.

CUADRO 4.7

PROCEDIMIENTO ROLLOVER: RESULTADOS DE LA REGRESIÓN

Este cuadro muestra los resultados de la regresión de la volatilidad del precio y el tiempo hasta el vencimiento. Se enlazan las series de precios. No se incluye el mes de vencimiento. La volatilidad se calcula como el valor absoluto del logaritmo neperiano de la variación de precios de liquidación entre fechas consecutivas. El análisis se realiza mediante la regresión lineal de la volatilidad del precio de futuros y el tiempo hasta el vencimiento, en la que se incluyen variables dummy para mes y año. Se sigue el procedimiento de estimación propuesto por Newey y West (1987). * y ** indican significatividad al 1% y al 10%, respectivamente.

	Euro-Schatz	Euro-Bobl	Euro-Bund	Euro-Buxl®
$\hat{\delta}_i (\times 10^2)$	0,00033	0,00037	0,00063	0,00083
$t(\hat{\delta}_i)$	3,14*	1,77**	1,54	1,06

4.5. CONCLUSIONES

En este capítulo se ha estudiado si los futuros Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund y Euro-Buxl® del Eurex muestran, tal y como predice la Hipótesis de Samuelson, un *efecto maduración* en el período comprendido desde el año 2000 hasta el 2010. Esto es, si la volatilidad del precio se incrementa conforme se aproxima el vencimiento del contrato.

Se han utilizado dos metodologías. La primera basada en un test no paramétrico; en particular, en el *coeficiente de correlación de rangos de Spearman*. La segunda, mediante la estimación de los coeficientes de la regresión lineal de la volatilidad del precio y el tiempo hasta el vencimiento.

¹⁷Daal, Farhat y Wei (2006) cuando enlazan las series de precios, obtienen un *efecto maduración inverso* para ocho de los diez futuros sobre deuda analizados. Madarassy (2003) en futuros sobre deuda obtienen evidencia tanto del *efecto maduración* como del *inverso*.

Con las discrepancias propias en los resultados, que tienen su origen en la utilización de metodologías diferentes, en ambos casos se concluye que la Hipótesis de Samuelson no es relevante en futuros sobre deuda, puesto que solamente en un porcentaje reducido de contratos, alrededor del 15%, la volatilidad del precio se incrementa conforme se aproxima el vencimiento del contrato en cuestión. Un número mayor de contratos evidencian un *efecto maduración inverso*, y por tanto la relación entre volatilidad y tiempo hasta la maduración es positiva. No obstante, en la mayoría de los contratos analizados (alrededor del 60%) no se observa ningún vínculo entre volatilidad y precio.

Las pruebas de robustez realizadas, basadas tanto en la medida de volatilidad utilizada como en el tratamiento de datos confirman las conclusiones anteriores. Además, en el caso de considerar una única serie de precios para todo el período, se obtiene un *efecto maduración inverso* o ausencia de relación entre volatilidad del precio y tiempo hasta el vencimiento.

En definitiva, y tal y como predice la *hipótesis de covarianza de negativa* de Bessembinder et al. (1996), para estos futuros financieros no se observa un incremento de volatilidad del precio a medida que se aproxima su maduración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahn, H-J.; Cai, J.; Cheung, Y-L., 2002. What Moves German Bund Futures Contracts on Eurex?. *Journal of Futures Markets*, 22, 679-696.
- Allen, S. N.; Cruickshank, S. N., 2002. Empirical Testing of Samuelson Hypothesis: An Application to Futures Markets in Australia, Singapore and the UK. *Working Paper*. Edith Cowan University.
- Anderson, R. W., 1985. Some Determinants of the Volatility of Futures Prices. *Journal of Futures Markets*, 5, 331-348.
- Anderson, R. W.; Dantine, J., 1983. The Time Pattern of Hedging and the Volatility of Futures Prices. *Review of Economic Studies*, 50, 249-266.
- Aragó, F.; Fernández, A., 2002. Expiration and Maturity Effect: Empirical Evidence from the Spanish Spot and Futures Stock Index. *Applied Economics*, 34, 1617-1626.
- Barnhill, T. M.; Jordan, J. V.; Seale, W. E., 1987. Maturity and Refunding Effects on Treasury-Bond Futures Price Variance. *Journal of Financial Research*, 10, 121-131.
- Beaulieu, M. C., 1998. Time to Maturity in the Basis of Stock Market Indices: Evidence from the S&P 500 and the MMI. *Journal of Empirical Finance*, 3, 177-195.
- Bessembinder, H.; Coughenour, J. F.; Seguin, P. J.; Smeller, M. M., 1995. Mean Reversion in Equilibrium Asset Prices: Evidence from the Futures Term Structure. *Journal of Finance*, 50, 361-375.
- Bessembinder, H.; Coughenour, J. F.; Seguin, P. J.; Smeller, M. M., 1996. Is There a Term Structure of Futures Volatilities? Reevaluating the Samuelson Hypothesis. *Journal of Derivatives*, 4, 45-57.
- Black, J.; Tonks, I., 2000. Time Series Volatility of Commodity Futures Prices. *Journal of Futures Markets*, 20, 127-144.

- Board, J. L. G.; Sutcliffe, C. M. S., 1990. Information, Volatility, Volume and Maturity: an Investigation of Stock Index Futures. ***Review of Futures Markets***, 9, 532-549.
- Carchano, O.; Pardo, A., 2009. Rolling Over Stock Index Futures Contracts. ***Journal of Futures Markets***, 29, 684-694.
- Castelino, M. G.; Francis, J. C., 1982. Basis Speculation in Commodity Futures: the Maturity Effect. ***Journal of Futures Markets***, 2, 195-206.
- Chamberlain, T. W., 1989. Maturity Effects in Futures Markets: Some Evidence from the City of London. ***Scottish Journal of Political Economy***, 36, 90-95.
- Chen, Y. C.; Duan, J. C.; Hung, M. W., 1999. Volatility and Maturity Effects in the Nikkei Index Futures. ***Journal of Futures Markets***, 19, 895-909.
- Daal, E.; Farhat, J.; Wei, P. P., 2006. Does Futures Exhibit Maturity Effect? New Evidence from an Extensive Set of US and Foreign Futures Contracts. ***Review of Financial Economics***, 15, 113-128.
- Duong, H. N.; Kalev, P.S., 2008. The Samuelson Hypothesis in Futures Markets: an Analysis Using Intraday Data. ***Journal of Banking and Finance***, 32, 489-500.
- Dusak, K., 1979. The Relation between Volatility and Maturity in Futures Contracts. En Leuthold, R. M. (ed.), ***Commodity Markets and Futures Prices***, Chicago Mercantile Exchange, Chicago, 25-36
- Floros, C.; Vougas, D. V., 2006. Samuelson's Hypothesis in Greek Stock Index Futures Market. ***Investment Management and Financial Innovations***, 3, 154-170.
- Galloway, T.; Kolb, R. W., 1996. Futures Prices and the Maturity Effect. ***Journal of Futures Markets***, 16, 809-828.
- Grammatikos, T.; Saunders, A., 1986. Futures Price Variability: a Test of Maturity and Volume Effects. ***Journal of Futures Markets***, 16, 809-828.
- Gurrola, P.; Herrerías, R., 2011. Maturity Effects in the Mexican Interest Rate Futures Market. ***Journal of Futures Markets***, 31, 371-393.

- Han, L-M.; Kling, J. L.; Sell, C. W., 1999. Foreign Exchange Futures Volatility: Day-of-the-Week, Intraday, and Maturity Patterns in the Presence of Macroeconomic Announcements. ***Journal of Futures Markets***, 19, 665-693.
- Hong, H., 2000. A Model of Returns and Trading in Futures Markets. ***Journal of Finance***, 55, 959-988.
- Kalev, P. S.; Duong, H. N., 2008. A Test of the Samuelson Hypothesis Using Realized Range. ***Journal of Futures Markets***, 28, 680-696.
- Kenyon, D.; Kenneth, K.; Jordan, J.; Seale, W.; McCabe, N., 1987. Factor Affecting Agricultural Futures Price Variance. ***Journal of Futures Markets***, 7, 73-91.
- Khoury, N.; Yourougou, P., 1993. Determinants of Agricultural Futures Price Volatilities: Evidence from Winnipeg Commodity Exchange. ***Journal of Futures Markets***, 13, 345-356.
- Leistikow, D., 1989. Announcements and Futures Price Variability. ***Journal of Futures Markets***, 9, 477-486.
- Low, A.; Muthuswamy, J.; Sajar, S.; Terry, E., 2001. Multiperiod Hedging with Futures Contracts. ***Journal of Futures Markets***, 22, 1179-1203.
- Ma, C. K.; Mercer, J. M.; Walker, M. A., 1992. Rolling Over Futures Contracts: A Note. ***Journal of Futures Markets***, 12, 203-217.
- Madarassy, A., 2003. Maturity Effects in Futures Markets: Evidence from Eleven Financial Futures Markets. ***Working Paper 03-06***. Santa Cruz Center for International Economics.
- Milonas, N. T., 1986. Price Variability and the Maturity Effect in Futures Markets. ***Journal of Futures Markets***, 6, 443-460.
- Moosa, I. A.; Bollen, B., 2001. Is There a Maturity Effect in the Price of the S&P500 Futures Contract?. ***Applied Economic Letters***, 8, 693-695.
- Newey, W.; West, K., 1987. Hypothesis Testing with Efficient Method of Moment Estimation. ***International Economic Review***, 28, 777-787.

- Quiroga, R.; Sánchez, I., 2004. Samuelson Hypothesis Revised: the Case of the IBEX 35 Index Future. ***International Conference on Stochastic Finance***, Lisboa.
- Rutledge, D. J. S., 1976. A Note on the Variability of Futures Prices. ***Review of Economics and Statistics***, 58, 118-120.
- Samuelson, P. A., 1965. Proof that Proper Anticipated Prices Fluctuate Randomly. ***Industrial Management Review***, 6, 41-49.
- Samuelson, P. A., 1976. Is Real-World Price a Tale Told by the Idiot of Chance?. ***Review of Economics and Statistics***, 58, 120-123.
- White, H., 1980. A Heteroscedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroscedasticity. ***Econometrica***, 48, 817-838.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

CAPÍTULO 5
PREMIO POR RIESGO EN FUTUROS
SOBRE DEUDA

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

5.1. INTRODUCCIÓN

Los contratos de futuros son activos cuyo coste es nulo. El depósito de margen no constituye un desembolso por la adquisición del contrato, ni un pago parcial por la transacción que tendrá lugar en el vencimiento¹. Por ello, su rentabilidad procede exclusivamente del premio por riesgo.

La idea acerca de la existencia de premios por riesgo en futuros fue desarrollada inicialmente por Keynes (1930), al indicar que los inversores que utilizan los contratos de futuros para cubrir sus posiciones del mercado de contado, transfieren el riesgo a los especuladores, que requieren una retribución.

De hecho, la existencia de los mercados de futuros se justifica porque permiten trasladar el riesgo desde unos agentes, que buscan protección, hacia otros que están dispuestos a aceptarlo. En principio, esta transferencia sólo es posible si los que asumen el riesgo obtienen una compensación, o premio, que se refleja en el cambio esperado del precio de liquidación en el tiempo.

Este capítulo se centra en el análisis del premio por riesgo en futuros sobre deuda que se negocian en el Eurex. Además de que permite analizar la dinámica temporal entre los precios de contado y de futuros, su estudio tiene doble motivación. En primer lugar, porque estos contratos forman parte de la cartera del inversor, cuyo resultado depende del premio por riesgo de los activos que la componen, en particular del correspondiente a los futuros incluidos en la misma. Segundo, porque el precio de futuros es un indicador del precio de contado que prevalecerá en la fecha de maduración, y sirve de referencia a los agentes económicos para tomar sus decisiones de inversión en activos financieros; excepto si el contexto es de certeza o de neutralidad al riesgo en caso de incertidumbre, ambos precios difieren y el sesgo es, precisamente, el premio por riesgo.

No obstante, la relevancia del premio por riesgo para tomar decisiones de inversión y su efecto sobre el resultado de una cartera, o de una posición de cobertura en particular, depende de la valoración que del

¹El requerimiento de margen es sólo una medida de seguridad, que satisfacen tanto la posición corta como la larga, y con la que se pretende garantizar que los operadores cumplirán con los compromisos contraídos.

mismo realice el mercado, es decir, si es consistente con el nivel de riesgo soportado.

Por ello el estudio del premio por riesgo en contratos de futuros requiere previamente identificar su naturaleza y, posteriormente, analizar si es adecuado con el nivel de riesgo implícito, para lo que se precisa de un modelo de valoración.

En este ámbito se centra este capítulo, cuyo objetivo es estudiar el premio por riesgo sistemático en el marco teórico del CAPM. El estudio empírico tiene la finalidad de inferir si la formación del precio de futuros tiene lugar de forma que la rentabilidad esperada de una posición es una relación lineal y positiva del premio por el riesgo sistemático. En definitiva se trata de comprobar si se verifican las conclusiones de este modelo de valoración de activos, en el equilibrio del mercado, para los futuros Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund y Euro-Buxl® del Eurex. Además la consideración de contratos de forma individualizada permite analizar previamente, si los futuros que sólo difieren en la fecha de vencimiento tienen, o no, el mismo nivel de riesgo sistemático.

Con estas premisas, la estructura de este capítulo es como sigue. A continuación se analizan los determinantes del premio por riesgo en futuros y se hace referencia a la evidencia empírica. El cuarto apartado está dedicado al estudio del premio por el riesgo sistemático. El punto quinto se centra en la prueba empírica: modelo empírico, metodología, datos, se presentan los resultados y se analiza la robustez de los mismos. Finalmente se relacionan los resultados obtenidos de la evidencia empírica con la hipótesis de expectativas y se extraen las conclusiones.

5.2. DETERMINANTES DEL PREMIO POR RIESGO EN FUTUROS

La Teoría de la Normal Backwardation formulada por Keynes (1930), predice que los inversores que utilizan los contratos de futuros como instrumento de cobertura de sus posiciones en el mercado de contado, pagarían a los especuladores un premio. Si la posición neta de cobertura es corta (larga) el precio de futuros sería inferior (superior) al que se espera que tenga el subyacente en la maduración del contrato, por lo que seguiría una trayectoria creciente (decreciente) hasta igualarse con

el de contado en la fecha de vencimiento². El sesgo entre el precio de futuros y el de contado esperado indica el premio por riesgo, y es una consecuencia de la presión que los especuladores ejercen sobre la demanda, y por tanto sobre el precio de futuros, para proveer de cobertura a los inversores que quieren proteger sus posiciones³. Desde este punto de vista el mercado retribuiría el riesgo total.

Sin embargo, la moderna Teoría Financiera postula que sólo debe retribuirse el riesgo sistemático, esto es, aquel que tiene su origen en la relación entre el precio de futuros y un agregado representativo del mercado. Desde este enfoque, los especuladores sólo deben ser compensados por aquella parte del riesgo que no pueden eliminar con la diversificación.

Este resultado se sustenta en el modelo de valoración de activos de capital, CAPM, y puesto que para tomar una posición en contratos de futuros no se requiere inversión inicial, no se obtiene la remuneración del tiempo y su rentabilidad procederá sólo del premio por riesgo sistemático⁴. No obstante, la limitación del CAPM al considerar un único factor explicativo del riesgo, ha propiciado el estudio del sesgo en el precio de futuros en un contexto multifactorial.

Un enfoque alternativo que explica las causas del sesgo en el precio de futuros, considera que éste difiere de la expectativa del de contado incluso después de realizar el ajuste por el riesgo sistemático, ya que depende de la posición neta de los agentes que utilizan los contratos de futuros para proteger sus posiciones en el mercado de contado. Hirshleifer (1988, 1989, 1990) formula un modelo en el que incorpora como determinantes del premio tanto el riesgo sistemático como la presión por la cobertura.

²En realidad Keynes (1930) sólo considera que la posición neta de cobertura sea corta. La posibilidad de que sea larga se denomina Contango y fue desarrollada por Cootner (1960).

³Beck (1994) indica que este sesgo en el precio de futuros no es consecuencia de un premio por riesgo, sino que refleja la incapacidad del mercado para incorporar la información disponible en un momento del tiempo, que permitiría predecir el precio de contado del subyacente en el vencimiento del contrato. Brenner y Kroner (1995) argumentan que el coste de mantener el activo podría explicar la diferencia entre el precio de futuros y el de contado esperado, más aún si algún componente de este coste es estocástico.

⁴El trabajo de Dusak (1973) es el primero en el que se estudia el premio por riesgo en futuros con la estructura del CAPM.

En este contexto si la posición neta de los agentes que practican cobertura es corta, los especuladores sólo estarían dispuestos a comprar contratos de futuros si pueden obtener un beneficio adicional al premio por el riesgo sistemático. Alternativamente puede expresarse en función del grado de aversión al riesgo; se llega a la misma conclusión si los agentes con posiciones cortas de cobertura son más aversos al riesgo que los que mantienen posiciones largas.

De Roon, Nijman y Veld (2000) añaden otro factor como determinante del premio por riesgo de un contrato. Indican que no depende sólo de la presión sobre la demanda en el propio contrato, sino que también está relacionado con la demanda de posiciones de cobertura en otros contratos cuyo subyacente es de la misma tipología⁵.

En cualquier caso, el diferencial entre el precio de futuros y la expectativa acerca del de contado puede variar en el tiempo. La remuneración, en forma de premio por riesgo, que reciben los especuladores es una función de la incertidumbre del subyacente, que puede cambiar a lo largo de la vida del contrato. El mismo efecto tendrían las oscilaciones en la aversión al riesgo, en la volatilidad del mercado y en el equilibrio entre posiciones cortas y largas de cobertura.

5.3. PREMIO POR RIESGO EN FUTUROS: EVIDENCIA EMPÍRICA

Diversos estudios confirman que los cambios en los precios de futuros no son completamente aleatorios, lo que es consistente con la existencia de un premio por riesgo. La evidencia es más relevante para futuros sobre divisas (Bilson(1981), Hodrick y Srivastava (1983, 1987)), aunque un resultado similar se obtiene para contratos sobre activos físicos (Bodie y Rosansky (1980), Chang (1985), Fama y French (1987)) y en contratos sobre otros activos financieros (Raynauld y Tessier (1984), Rzepczynski (1987)).

En el contexto del CAPM, los especuladores sólo deben ser compensados por aquella parte del riesgo que no es posible eliminar con la diversificación. Aunque desde el punto de vista teórico la valoración de

⁵Adicionalmente comprueban que la presión por la cobertura no sólo es relevante para el resultado de la posición en futuros, sino que también lo es para la rentabilidad de los activos subyacentes de dichos contratos

contratos de futuros con el CAPM es correcta, en general los resultados empíricos no son satisfactorios.

Dusak (1973) para contratos sobre trigo, maíz y soja, considera como proxy de la cartera de mercado el índice *S&P 500*; obtiene que carecen de riesgo sistemático, y puesto que su rentabilidad media es nula, concluye que sus resultados son consistentes con el CAPM⁶. Chang, Chen y Chen (1990) se centran en futuros sobre plata, platino y cobre, que durante el período analizado muestran rentabilidades medias positivas, al igual que el coeficiente de riesgo sistemático que estiman; respecto a la pendiente de la recta, que muestra la relación entre rentabilidad y riesgo sistemático, obtienen que es positiva aunque no es estadísticamente significativa.

Bodie y Rosansky (1980), Park, Wei y Frecka (1988) y Kolb (1996) no constatan evidencia a favor de la relación entre rentabilidad y riesgo postulada por el CAPM. El coeficiente de riesgo sistemático de los contratos analizados por Bodie y Rosansky (1980) es negativo; la estimación de la pendiente de la relación entre rentabilidad y riesgo sistemático es negativa, por lo que este resultado es inconsistente con el CAPM. Park, Wei y Frecka (1988), obtienen por MCO los coeficientes del modelo de mercado, resultando en que los contratos poseen riesgo sistemático; sin embargo, el único factor explicativo de la rentabilidad es la varianza residual del modelo de mercado, por lo que concluyen que el CAPM no es un modelo adecuado para explicar el premio por riesgo en futuros sobre activos físicos. Kolb (1996) en futuros sobre activos físicos, obtiene que la media de las betas para cada tipo de subyacente es en general positiva, pero la relación entre rentabilidad y riesgo es negativa. Miffre (2003) obtiene que la relación es positiva, aunque no es lineal.

En futuros financieros, Kobold (1986) estima betas positivas para contratos sobre Treasury Bonds del Chicago Board of Trade, tanto cuando utiliza como cartera de mercado el índice *S&P 500*, como cuando incorpora también títulos de deuda a largo plazo. Kolb (1996) obtiene coeficientes de riesgo sistemático positivos, pero la relación con la

⁶No obstante, Dusak (1973) no realiza la regresión de sección cruzada para la contrastación empírica del CAPM.

rentabilidad es negativa para divisas y Treasury Bills del Chicago Board of Trade, mientras que es positiva para Eurodólares y Treasury Bonds.

La evidencia empírica no muestra, en general, resultados concluyentes acerca del enfoque del riesgo sistemático como determinante del premio por riesgo, lo que podría ser consecuencia de la elección de la cartera de mercado utilizada (Junkus (1991)).

En un contexto multifactorial, Bessembinder (1993) documenta evidencia a favor en el ámbito del APT para futuros financieros y divisas, aunque no en agrícolas y metales. Chen, Cornett y Nabar (1993), para Treasury Bonds y Treasury Bills del Chicago Board of Trade, confirman empíricamente que los precios de futuros de estos contratos están relacionados con varios factores de riesgo.

Carter, Rausser y Schmitz (1983) analizan un modelo de dos factores: riesgo sistemático y presión por la cobertura. Como proxy de la cartera de mercado consideran una combinación equiponderada del Dow Jones Commodity Futures Index y del *S&P 500*. Obtienen evidencia de que tanto el riesgo sistemático como la presión por la cobertura son los determinantes del premio por riesgo en los futuros sobre activos físicos objeto de estudio. Marcus (1984) y Baxter, Conine y Tamarkin (1985) consideran excesiva la ponderación asignada por Carter, Rausser y Schmitz (1983) al Dow Jones Commodity Futures Index; al estimar el modelo con una proxy del mercado que incorpora sólo el 6.3% del Dow Jones Commodity Index no obtienen evidencia de premio por riesgo en futuros sobre activos físicos.

Bessembinder (1992) comprueba que para futuros financieros y sobre metales, sólo se obtiene premio por riesgo sistemático y que no existe ningún otro tipo de compensación, en particular la que tiene su origen en la demanda de un determinado tipo de posiciones. Para contratos sobre divisas y productos agrícolas confirma los dos componentes del premio por riesgo.

Wang (2004) obtiene evidencia de que en los futuros sobre divisas la presión por la cobertura es un componente importante del premio por riesgo y concluye que, en general, los especuladores son compensados adecuadamente por el riesgo. McCurdy y Morgan (1991, 1992^{a,b}), Levich y Thomas (1993) y Kho (1996) ignoran este componente del premio por riesgo.

De Roon, Nijman y Veld (2000) constatan empíricamente que la presión por la cobertura en otros contratos es un factor determinante del premio por riesgo, adicional al riesgo sistemático y a la demanda de cobertura en el propio contrato. Analizan futuros financieros, agrícolas, minerales y divisas.

Roongsangmanoon, Chen, kang y Lien (2009) comprueban si en los contratos que incorporan opciones de entrega se obtiene compensación por el riesgo asociado a la incertidumbre en la liquidación del contrato. La contrastación empírica de su modelo confirma que los determinantes del premio por riesgo en futuros con esta característica son el riesgo sistemático, la presión por la cobertura y el riesgo en la entrega.

En relación al comportamiento del premio por riesgo, los resultados empíricos confirman que no es constante en el tiempo (Bessembinder y Chan (1992) y Miffre (2000), Staikhouras (2004), Hess y Kamara (2005), Frank y Garcia (2009), entre otros)

En resumen el premio por riesgo sistemático tiende a ser insignificante y la presión por la cobertura parece ser un componente importante del premio por riesgo en futuros. No obstante, los resultados dependen del tipo de contratos, cartera de mercado y período de tiempo. Además en todos los trabajos empíricos, excepto en el de Kolb (1996), se construyen artificialmente series de precios de liquidación y generan una única serie para cada contrato. Este procedimiento, como indican Ma, Mercer y Walker (1992) tiene efectos impredecibles sobre los resultados y podría distorsionarlos.

5.4. RENTABILIDAD Y RIESGO SISTEMÁTICO EN CONTRATOS DE FUTUROS

La rentabilidad que se demanda de una posición en futuros, $E(\tilde{R}_i)$, se refleja en la diferencia entre el precio asociado a un determinado contrato i , $F_{t,T}$, y la expectativa acerca del de contado que tendrá el subyacente en el vencimiento,

$$E(\tilde{R}_i) = E(\tilde{S}_T) - F_{t,T} \quad [5.1]$$

El precio de futuros verificará una condición de equilibrio sólo si la rentabilidad esperada es la adecuada para el nivel de riesgo soportado.

En este sentido, el CAPM determina que los inversores sólo deben ser compensados por aquella porción del riesgo de un contrato que no pueden eliminar mediante la diversificación.

A partir de la ecuación fundamental del CAPM de Sharpe (1964), Lintner (1965) y Mossin (1966), y teniendo en cuenta las características propias de los contratos de futuros, se demuestra la relación entre rentabilidad y riesgo sistemático⁷,

$$E(\tilde{R}_i) = \left[E(\tilde{R}_M) - r \right] \beta_i \quad [5.2]$$

donde $E(\tilde{R}_i)$ es la tasa de rentabilidad esperada del contrato de futuros i , r es la tasa libre de riesgo, $\left[E(\tilde{R}_M) - r \right]$ es el precio del mercado del riesgo e indica la rentabilidad que se puede alcanzar ante un incremento unitario del riesgo, y β_i es el coeficiente de riesgo sistemático de una posición en futuros, que indica la volatilidad del contrato respecto a la cartera de mercado.

La ecuación [5.2] indica que en el equilibrio del mercado de futuros, la rentabilidad esperada de una posición es igual al premio por el riesgo sistemático. Puesto que para abrir una posición en futuros no es necesario realizar ningún desembolso, no se obtiene la rentabilidad del activo libre de riesgo.

Anteriormente se ha indicado que la diferencia entre el precio de futuros y la expectativa acerca del precio de contado en la maduración del contrato, es igual a la rentabilidad esperada de una posición en futuros. Sustituyendo la expresión [5.2] en [5.1] y resolviendo por el precio de futuros, se deduce que éste es igual al precio de contado esperado menos el premio por el riesgo sistemático,

$$F_{t,T} = E(\tilde{S}_T) - \left[E(\tilde{R}_M) - r \right] \beta_i \quad [5.3]$$

Este resultado tiene importantes consecuencias para la hipótesis de expectativas. El precio de futuros será un estimador insesgado del de contado que se espera que tenga el activo básico en el vencimiento, sólo si el contrato carece de riesgo sistemático.

⁷En el Capítulo 2, en la página 83 y siguientes, se demuestra la expresión del CAPM para contratos de futuros.

En general existirá un sesgo. Si la relación entre la rentabilidad de futuros y la de la cartera de mercado es positiva, $\beta_i > 0$, mantener una posición larga en futuros supone soportar riesgo sistemático y por tanto se requiere una retribución, en términos de un precio más reducido, que es igual al premio por el riesgo sistemático. En este contexto, el resultado esperado del contrato es positivo y el precio de futuros es inferior a la expectativa que existe sobre el de contado⁸, $F_{t,T} < E(\tilde{S}_T)$.

Por el contrario, si la relación entre la rentabilidad de futuros y de la cartera de mercado es negativa, $\beta_i < 0$, el resultado de una posición larga es negativo y el precio de futuros es superior al de contado esperado. Este resultado es perfectamente consistente con el CAPM. Los títulos con coeficiente beta negativo tienen *buen* riesgo, en el sentido de que su valor aumenta cuando el de la cartera de mercado se reduce, y de esta forma ofrecen protección a los inversores.

5.5. FUTUROS SOBRE DEUDA EN EL EUREX: EVIDENCIA EMPÍRICA

En esta sección se obtiene evidencia empírica, en el marco teórico del CAPM, acerca del premio por riesgo sistemático en futuros Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund y Euro-Buxl® del Eurex. Se trata de inferir si la formación del precio de futuros tiene lugar de forma que la rentabilidad esperada de una posición es una relación lineal y positiva del premio por riesgo sistemático.

En primer lugar se especifica el modelo empírico y la metodología. En el tercer subapartado se describen los datos utilizados. A continuación se define la medida de rentabilidad de futuros y se muestran los resultados estadísticos. La quinta sección está dedicada a la estimación del coeficiente de riesgo sistemático, y por último se analiza la relación rentabilidad-riesgo sistemático para los futuros sobre deuda del Eurex. Finalmente se muestran los resultados.

⁸Puesto que en el vencimiento el precio de futuros debe coincidir con el de contado ($\tilde{F}_{T,T} = \tilde{S}_T$), el precio de futuros muestra una tendencia creciente durante la vida del contrato.

5.5.1. Modelo Empírico

El objetivo del modelo empírico consiste en inferir si la formación del precio de futuros tiene lugar de forma que la rentabilidad esperada de una posición es igual al premio por el riesgo sistemático. Es decir, si se verifica la expresión [5.2] anterior.

Este modelo de valoración postula la existencia de una relación ex-ante entre rentabilidad y riesgo sistemático, y puesto que las expectativas no son observables no se puede contrastar empíricamente. Esta dificultad se solventa mediante el recurso a la *hipótesis de expectativas racionales*, que justifica la versión ex-post para rentabilidades efectivamente realizadas y, por tanto, susceptible de contrastación empírica⁹:

$$R_{i,t} = [R_{M,t} - r_t] \beta_i + u_{i,t} \quad [5.4]$$

donde:

$R_{i,t}$ es la rentabilidad realizada del contrato i durante el período de tiempo t .

$R_{M,t}$ indica la tasa de rentabilidad realizada de la cartera de mercado durante el período de tiempo t .

r_t es la tasa libre de riesgo del período t .

$u_{i,t}$ es la perturbación aleatoria, normalmente distribuida, con media cero y varianza constante.

La contrastación empírica del modelo requiere la estimación de las constantes γ_0 y γ_1 en la siguiente ecuación de sección cruzada:

$$\bar{R}_i = \gamma_0 + \gamma_1 \hat{\beta}_i + u_i \quad i = 1, 2, \dots, N \quad [5.5]$$

en la que \bar{R}_i es la rentabilidad media realizada del contrato de futuros i , y $\hat{\beta}_i$ es una estimación del riesgo sistemático del contrato en cuestión, que procede de la regresión de serie temporal de las observaciones de su rentabilidad sobre la del mercado:

⁹En adelante, para facilitar la notación se omite la tilde de las variables aleatorias.

$$R_{i,t} = \alpha_i + \beta_i R_{M,t} + \varepsilon_{i,t} \quad t = 1, 2, \dots, T \quad [5.6]$$

Atendiendo a este planteamiento empírico, los contrastes se llevan a cabo en dos etapas. En la primera, se realizan las regresiones de serie temporal para estimar el coeficiente beta de cada contrato de futuros. El resultado obtenido en esta fase permite comprobar si los tenedores de posiciones en futuros soportan riesgo sistemático.

En segundo lugar, se promedia la tasa de rentabilidad realizada de cada contrato en el período de tiempo considerado y, posteriormente, se efectúa la regresión de sección cruzada sobre su beta estimada para obtener la estimación de γ_0 y γ_1 .

El resultado de la inferencia realizada sobre estos parámetros permite constatar si los inversores son compensados de forma adecuada por el riesgo sistemático que soportan. En particular, las hipótesis a contrastar son la existencia de una relación lineal y positiva entre rentabilidad y riesgo sistemático, relevancia del coeficiente beta como factor explicativo de la rentabilidad, el intercepto debe ser nulo y la pendiente de la línea empírica tiene que coincidir con el premio del mercado del riesgo.

5.5.2. Metodología

En la primera etapa de la prueba empírica se realizan las regresiones de serie temporal del modelo [5.6] para estimar el coeficiente de riesgo sistemático de cada contrato de futuros. Para la estimación de estos coeficientes es necesario tener en cuenta que en cada momento del tiempo se negocian simultáneamente varios contratos. Por ello los factores que inciden sobre el precio de futuros, y que no están incluidos en el modelo, tienen efectos similares sobre las perturbaciones de las diferentes funciones de rentabilidad de los contratos. En tal caso, las perturbaciones aleatorias de las distintas ecuaciones están correlacionadas en el mismo momento del tiempo; es decir, existe *correlación contemporánea*.

En este contexto, la estimación individual de cada ecuación por MCO proporciona estimadores que, aunque son insesgados, no poseen mínima varianza. La técnica que se propone consiste en estimar el siguiente sistema de ecuaciones:

$$R_{i,t} = \alpha_i + R_{M,t} \beta_i + \varepsilon_{i,t} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, N \\ t = 1, 2, \dots, T \end{array} \quad [5.7]$$

donde $\varepsilon_{i,t}$ son las perturbaciones aleatorias, homocedásticas, pero autocorrelacionadas instantáneamente. Es decir:

$$\begin{aligned} E(\varepsilon_{i,t}^2) &= \sigma_i^2 & t &= 1, 2, \dots, T \\ E(\varepsilon_{i,t}, \varepsilon_{j,t}) &= \sigma_{ij} \\ E(\varepsilon_{i,t}, \varepsilon_{j,t+k}) &= 0 & \forall k &\neq 0 \end{aligned}$$

Estos supuestos asumen que las rentabilidades de los contratos de futuros poseen varianza constante en el tiempo, aunque diferente entre contratos, y que están correlacionadas con las rentabilidades del resto de los activos en el mismo momento del tiempo, pero no con sus valores pasados.

Un sistema que satisface tales condiciones se denomina *sistema de ecuaciones aparentemente no relacionadas*, y el mejor estimador insesgado y de mínima varianza es el de Aitken o MCG.

En la segunda etapa de la prueba empírica se estiman los coeficientes γ_0 y γ_1 de la ecuación de sección cruzada [5.5] anterior, cuya expresión matricial es:

$$\bar{\mathbf{R}} = \hat{\boldsymbol{\beta}} \boldsymbol{\Gamma} + \mathbf{u} \quad [5.8]$$

siendo:

$$\bar{\mathbf{R}} = \begin{pmatrix} \bar{R}_1 \\ \bar{R}_2 \\ \dots \\ \bar{R}_N \end{pmatrix} \quad \hat{\boldsymbol{\beta}} = \begin{pmatrix} 1 & \hat{\beta}_1 \\ 1 & \hat{\beta}_2 \\ \dots & \dots \\ 1 & \hat{\beta}_N \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{\Gamma} = \begin{pmatrix} \gamma_0 \\ \gamma_1 \end{pmatrix} \quad \mathbf{u} = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \dots \\ u_N \end{pmatrix}$$

Al intentar estimar γ_0 y γ_1 existen dos problemas econométricos ampliamente debatidos en la literatura financiera. El primero se refiere a perturbaciones heterocedásticas en el modelo. El segundo, tiene su origen en la presencia de errores de medición al sustituir el coeficiente de riesgo sistemático por una estimación del mismo, lo que provoca sesgo e inconsistencia en las estimaciones de γ_0 y γ_1 .

Una metodología utilizada en anteriores estudios empíricos, que solventa estos problemas, consiste en la agrupación de activos en carteras¹⁰. Los futuros analizados se negocian durante un período de nueve meses, y en cada momento del tiempo se simultanean sólo cuatro contratos que vencen en la misma fecha, por lo que es inviable el procedimiento de formación de carteras.

Bessembinder (1993) estima los coeficientes γ_0 y γ_1 por MCG. Para realizar los contrastes de hipótesis utiliza el test propuesto por Shanken (1985), que corrige los errores de medición. Sin embargo, la estructura de este estadístico requiere que, durante el período analizado, el número de activos sea constante. Se dispone, para cada período de nueve meses, de cuatro contratos y los contrastes de hipótesis carecerían de validez.

De lo anteriormente expuesto se deduce que la muestra de datos empleada para la realización de la prueba empírica, impide aplicar las técnicas que han sido utilizadas en anteriores estudios empíricos. Para solventar este inconveniente habría que incluir contratos adicionales¹¹. Sin embargo, esta posibilidad no resulta adecuada porque el activo básico tendría características completamente diferentes de las de los futuros sobre deuda utilizados, y se considera inapropiado comprobar la relación rentabilidad-riesgo sistemático con tal disparidad en los subyacentes, como hacen en otros trabajos¹².

Se utiliza el procedimiento de estimación de White (1980), que propone una aproximación a la matriz de covarianzas del estimador MCO, que no precisa de una representación exacta de la forma funcional que adopta

¹⁰Black, Jensen y Scholes (1972) y Fama y Macbeth (1973). Litzemberger y Ramaswamy (1979) propone una metodología en la que no es necesaria la formación de carteras y utiliza activos individuales, pero tampoco resulta factible su aplicación.

¹¹En el Eurex, además de los contratos utilizados, se negocian otros futuros sobre títulos de renta fija: futuros CONF, Euro-BTP a corto plazo (FBTS) y Euro-BTP a largo plazo (FBTP). La moneda en la que se denomina Futuros CONF es el Franco Suizo y no el Euro, como en los contratos considerados. La negociación de Euro-BTP a largo plazo y de Euro-BTP a corto plazo comenzó en el 2009 y 2010, respectivamente.

¹²No obstante, en otros trabajos que incorporan contratos de diversa naturaleza (agrícolas, metales, índices, deuda, etc.) utilizan MCO como procedimiento de estimación de los parámetros de la regresión de sección cruzada.

la heteroscedasticidad, por lo que no genera los sesgos que pudieran derivarse de adoptar una especificación incorrecta¹³.

$$\hat{\Gamma}_{MCO} = (\hat{\beta}'\hat{\beta})^{-1} \hat{\beta}'\bar{R}$$

$$\text{vâr } \hat{\Gamma}_{MCO} = N(\hat{\beta}'\hat{\beta})^{-1} S_0 (\hat{\beta}'\hat{\beta})^{-1} \quad [5.9]$$

$$S_0 = \frac{1}{N} \sum_i u_i^2 \hat{\beta}_i \hat{\beta}_i'$$

Sin embargo no se solventa el problema del sesgo en las estimaciones de γ_0 y γ_1 . Black, Jensen y Scholes (1972) indican que $\hat{\gamma}_0$ es una estimación por exceso y $\hat{\gamma}_1$ por defecto.

Finalmente, para contrastar la linealidad de la relación entre rentabilidad y riesgo sistemático, se estiman los parámetros de la siguiente expresión:

$$u_i = \gamma_0^L + \gamma_1^L \hat{\beta}_i^2 + u_i^L \quad i = 1, 2, \dots, N \quad [5.10]$$

donde u_i son los residuos de la regresión de sección cruzada [5.8] y $\hat{\beta}_i^2$ es el cuadrado del coeficiente de riesgo sistemático estimado previamente. Para que se verifique la relación lineal postulada por el CAPM, $\hat{\gamma}_1^L$ debe ser estadísticamente igual a cero.

5.5.3. Datos

La información utilizada proviene de la base de datos del Eurex, de la que se han extraído los precios de liquidación diarios para los vencimientos desde marzo del año 2000 hasta diciembre de 2010, de los contratos Euro-Schatz (FGBS), Euro-Bobl (FGBM), Euro-Bund (FGBL) y Euro-Buxl® (FGBX), así como del futuro sobre el índice DAX®, que consideraremos como proxy de la cartera de mercado.

¹³En series de datos con problemas de heteroscedasticidad, los estimadores MCO son lineales e insesgados, pero su varianza no es mínima, por lo que los contrastes de hipótesis carecen de validez. La estimación por MCG proporcionaría estimadores eficientes, en el supuesto de que la especificación de la estructura de esta característica fuera la correcta.

Una característica de los contratos de futuros es que tienen una vida limitada por su fecha de maduración; en los futuros aquí analizados, para cada vencimiento, los contratos se negocian por un período de nueve meses. Un procedimiento habitual consiste en enlazar series de precios del mismo activo subyacente, por lo que se requiere elegir el momento del tiempo en el que se cambia del contrato con vencimiento más cercano al siguiente¹⁴.

Carchano y Pardo (2009) estudian la relevancia que tiene la elección del momento del tiempo en el que se cambia de un contrato a otro. Utilizan cinco procedimientos diferentes para futuros sobre índices y concluyen que no hay diferencias significativas entre las series resultantes. Sin embargo Ma, Mercer y Walker (1992) indican que la forma en la que se construyen las series de precios tiene efectos impredecibles y podría distorsionar los resultados de las pruebas empíricas¹⁵.

Tomando como referencia los posibles inconvenientes que pudieran derivarse al unir contratos con diferente fecha de maduración, para generar una única serie de precios de liquidación de cada activo básico, trataremos cada vencimiento de cada subyacente de forma individual. En este sentido se define un *activo* como una combinación de subyacente, mes de vencimiento y año. De esta forma es posible analizar si los contratos de futuros con el mismo subyacente y distinta maduración tienen, o no, el mismo nivel de riesgo sistemático.

Los contratos de deuda analizados se liquidan el décimo día del mes de maduración y la negociación cesa dos días antes. Aunque en el mes de vencimiento se dispone como máximo de seis precios de liquidación, el procedimiento habitual en estudios empíricos de contratos de futuros consiste en excluir la información del mes de vencimiento. El escaso volumen de negociación en dicho período, así como la convergencia del precio de futuros al de contado del subyacente, que en futuros sobre deuda es el *bono más barato a entregar*, podría distorsionar los resultados.

¹⁴A modo de ejemplo, uno de los procedimientos más utilizados en las pruebas empíricas, tanto en futuros sobre activos físicos como financieros, toma como punto de enlace de un vencimiento con otro, el último día de negociación del mes precedente al de maduración.

¹⁵A este respecto, Kolb (1996) indica que enlazar las series de precios o crear series artificialmente con algún procedimiento predeterminado, sólo se justifica para facilitar el análisis estadístico.

En relación a la cartera de mercado, se argumenta que para reducir el impacto que pudiera tener el *efecto maduración* sobre el precio, es más conveniente utilizar el futuro sobre el índice que su valor en el mercado de contado (Chen, Cornett y Nabar (1993)). A este respecto, en el capítulo anterior, se ha llegado a la conclusión de que la Hipótesis de Samuelson no es una característica de los contratos de futuros sobre deuda del Eurex, al no evidenciarse relación entre volatilidad del precio y tiempo hasta la maduración en el 61,93% de los contratos. No obstante el 38,07% muestran *efecto maduración* o *efecto maduración inverso*, y por ello se considera más adecuado utilizar el contrato de futuros sobre el índice DAX® como proxy del mercado. Para cada vencimiento de los contratos sobre deuda se considera el equivalente del índice.

El futuro sobre el índice DAX® también se negocia durante un período de nueve meses anteriores a su maduración, que tiene lugar el tercer viernes de los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre, por lo que la fecha en que comienza su negociación difiere de la de los contratos de deuda.

Al homogeneizar la fecha de inicio de las series de precios de futuros sobre deuda y sobre el índice, y teniendo en cuenta que se excluye el mes de vencimiento, el período de tiempo analizado comprende desde el 21 de junio de 1999 (fecha de comienzo de la negociación del contrato sobre el índice DAX® con vencimiento en marzo del año 2000) hasta el 30 de noviembre de 2010 (último día de negociación del mes anterior al vencimiento de diciembre de 2010).

En resumen la muestra para la que se analiza el premio por riesgo sistemático se compone de 176 contratos de futuros sobre deuda y de 44 sobre el índice DAX®, que vencen en el período comprendido desde marzo del año 2000 hasta diciembre de 2010. Para cada contrato se dispone de entre 170 y 180 precios de liquidación, a excepción de los futuros Euro-Buxl® que vencen en el período comprendido desde diciembre de 2003 hasta diciembre de 2005, para los que únicamente hay disponible información de los tres meses anteriores al vencimiento, y para el que vence en marzo de 2006, del que sólo se tienen precios de liquidación de los seis meses anteriores al último día de negociación.

5.5.4. Rentabilidad de futuros

Las posiciones en futuros se liquidan diariamente. Por ello se calcula la tasa de rentabilidad diaria para cada contrato de futuros. Se utiliza la variación relativa del precio de liquidación entre dos días de negociación consecutivos,

$$R_t = \frac{F_{t,T} - F_{t-1,T}}{F_{t-1,T}} \quad [5.11]$$

donde $F_{t,T}$ y $F_{t-1,T}$ son los precios de liquidación en t y $t-1$ del contrato sobre un determinado subyacente que vence en T .

En el Cuadro 5.1 se muestran los resultados estadísticos de la rentabilidad de futuros para cada uno de los futuros sobre deuda y para el contrato sobre el índice DAX®. La última fila contiene el promedio, para cada subyacente, de la media, desviación típica y de los valores máximos y mínimos de la rentabilidad¹⁶.

La rentabilidad media es estadísticamente igual a cero, para todos los contratos; este resultado es idéntico al obtenido para futuros sobre Treasury Bonds del Chicago Board of Trade (Bessembinder (1992), Kolb (1996), a modo de ejemplo). En este contexto, la cuestión que se plantea para la relación entre rentabilidad y riesgo sistemático, es si este valor nulo es consistente con un modelo de equilibrio en presencia de oportunidades de diversificación, en particular con el CAPM.

En cualquier caso, si se analiza todo el período en conjunto, el promedio para cada de contrato es positivo. Además cuanto mayor es la rentabilidad, lo que sucede cuanto más distante es el plazo de vencimiento de su subyacente, también lo es el riesgo total medido por la desviación típica, así como los valores máximos y mínimos, en términos absolutos.

¹⁶Con pocas excepciones, es comúnmente aceptado que en contratos de futuros debe calcularse la rentabilidad diaria; sin embargo no sucede lo mismo con la fórmula de cálculo. Bessembinder (1992), entre otros, indica que los resultados podrían ser sensibles al método de cálculo de la rentabilidad. En el Cuadro A5.1 del Apéndice de este capítulo, se muestran los resultados estadísticos cuando se calcula como el logaritmo neperiano de la variación del precio de liquidación entre dos días de negociación consecutivos. Los resultados son prácticamente los mismos; la única diferencia se observa en la rentabilidad media del contrato de futuros sobre el índice DAX®. Tampoco se observan diferencias cuando el coeficiente de riesgo sistemático y los parámetros de la regresión de sección cruzada se calculan con esta medida de rentabilidad.

CUADRO 5.1

RENTABILIDAD DE LOS CONTRATOS DE FUTUROS: RESULTADOS ESTADÍSTICOS

Este cuadro muestra los resultados estadísticos de la rentabilidad del contrato sobre el índice DAX® y de los futuros de deuda, para cada uno de los subyacentes y vencimientos, desde marzo del año 2000 hasta diciembre de 2010. La rentabilidad se calcula como la variación relativa de precios de liquidación consecutivos, excluyendo el mes de vencimiento. La media y la desviación estándar son resultados anualizados. *Máx.* y *Mín.* indican el valor máximo y mínimo de la rentabilidad para cada subyacente y vencimiento. *Obs* indica el número de días de negociación para los que se calcula la rentabilidad del contrato. En la última fila se indica el promedio de cada resultado para cada uno de los futuros.

Nota: el número de observaciones para los futuros Euro-Buxl® con vencimientos desde diciembre de 2003 hasta diciembre de 2005 es de alrededor de 58; para el contrato con vencimiento en marzo de 2006, el número de observaciones es de 121.

		Obs	Euro-Schatz				Euro-Bolb				Euro-Bund				Euro-Buxl®				Futuros DAX®			
			Media (%)	Std	Máx (%)	Mín (%)	Media (%)	Std	Máx (%)	Mín (%)	Media (%)	Std	Máx (%)	Mín (%)	Media (%)	Std	Máx (%)	Mín (%)	Media (%)	Std	Máx (%)	Mín (%)
2000	Mar	179	-0,0139	0,0014	0,26	-0,45	-0,0264	0,0029	0,55	-0,78	-0,0496	0,0053	0,96	-1,35	-0,0413	0,0091	1,87	-2,15	0,2630	0,0167	4,99	-3,62
	Jun	177	-0,0097	0,0013	0,21	-0,46	-0,0051	0,0027	0,47	-0,79	0,0092	0,0048	0,99	-1,36	0,0600	0,0085	1,88	-2,18	0,2356	0,0184	4,97	-3,71
	Sep	178	-0,0057	0,0012	0,49	-0,41	-0,0006	0,0023	0,66	-0,57	0,0145	0,0039	0,98	-0,87	0,0574	0,0072	1,90	-1,73	0,0975	0,0179	4,93	-3,67
	Dec	180	0,0029	0,0010	0,21	-0,36	0,0151	0,0021	0,57	-0,54	0,0246	0,0032	0,88	-0,64	0,0310	0,0058	1,42	-1,14	-0,1689	0,0154	3,33	-3,29
2001	Mar	179	0,0103	0,0015	0,97	-0,97	0,0211	0,0020	0,57	-0,43	0,0263	0,0028	0,90	-0,64	0,0209	0,0050	1,36	-1,03	-0,1325	0,0150	3,05	-3,81
	Jun	176	0,0121	0,0011	0,39	-0,31	0,0197	0,0022	0,47	-0,50	0,0125	0,0027	0,80	-0,69	0,0036	0,0047	1,18	-1,43	-0,1099	0,0181	4,13	-4,34
	Sep	178	0,0086	0,0011	0,25	-0,29	0,0140	0,0025	1,05	-0,77	0,0061	0,0029	0,79	-0,71	-0,0007	0,0048	1,04	-1,45	-0,1719	0,0172	4,15	-4,34
	Dec	181	0,0131	0,0014	0,58	-0,36	0,0099	0,0028	0,96	-0,84	0,0071	0,0035	0,77	-0,96	0,0213	0,0064	2,34	-1,46	-0,0925	0,0226	6,31	-8,83
2002	Mar	178	0,0084	0,0014	0,59	-0,38	0,0077	0,0031	0,96	-0,99	0,0053	0,0042	0,88	-1,54	0,0362	0,0072	2,37	-2,13	-0,1163	0,0226	6,36	-8,81
	Jun	171	-0,0108	0,0013	0,27	-0,39	-0,0187	0,0029	0,48	-0,99	-0,0136	0,0043	0,89	-1,49	0,0278	0,0074	2,41	-2,17	0,1428	0,0186	4,95	-2,98
	Sep	171	0,0092	0,0012	0,43	-0,33	0,0284	0,0026	0,53	-0,60	0,0447	0,0037	0,89	-0,83	0,0437	0,0066	1,62	-1,88	-0,2611	0,0250	7,56	-5,01
	Dec	181	0,0232	0,0012	0,25	-0,27	0,0409	0,0026	0,50	-0,65	0,0483	0,0038	0,72	-0,93	0,0657	0,0062	1,63	-1,44	-0,3412	0,0302	7,58	-5,78
2003	Mar	174	0,0292	0,0012	0,27	-0,25	0,0616	0,0028	0,52	-0,67	0,0731	0,0041	0,75	-1,00	0,0792	0,0067	1,36	-1,54	-0,3662	0,0346	7,59	-5,80
	Jun	171	0,0175	0,0012	0,29	-0,37	0,0361	0,0030	0,47	-0,84	0,0488	0,0044	0,75	-1,19	0,0548	0,0068	1,15	-1,62	0,0526	0,0325	7,20	-5,38
	Sep	171	0,0064	0,0013	0,21	-0,37	0,0120	0,0034	0,61	-0,88	0,0199	0,0050	1,05	-1,34	0,0412	0,0187	13,22	-12,77	0,1513	0,0264	6,65	-5,11
	Dec	176	0,0000	0,0013	0,24	-0,34	-0,0030	0,0034	0,65	-0,86	0,0020	0,0049	1,02	-1,35	-0,0602	0,0118	1,62	-1,31	0,3116	0,0204	6,06	-5,08

(Continúa en la página siguiente)

		Obs	Euro-Schatz				Euro-Bolb				Euro-Bund				Euro-Buxl®				Futuros DAX®			
			Media (%)	Std	Máx (%)	Min (%)	Media (%)	Std	Máx (%)	Min (%)	Media (%)	Std	Máx (%)	Min (%)	Media (%)	Std	Máx (%)	Min (%)	Media (%)	Std	Máx (%)	Min (%)
2004	Mar	174	0,0088	0,0013	0,26	-0,35	-0,0024	0,0033	0,66	-0,89	-0,0053	0,0045	0,89	-1,36	0,3401	0,0092	0,84	-1,40	0,1915	0,0154	4,00	-3,64
	Jun	173	0,0074	0,0012	0,28	-0,38	-0,0006	0,0027	0,65	-0,91	-0,0022	0,0036	0,86	-1,11	-0,3513	0,0084	0,67	-1,08	0,1048	0,0149	3,99	-3,57
	Sep	174	0,0076	0,0011	0,26	-0,39	0,0218	0,0024	0,69	-0,95	0,0295	0,0033	1,01	-1,12	0,4191	0,0083	1,31	-0,69	-0,0263	0,0128	2,56	-3,55
	Dec	179	0,0007	0,0009	0,23	-0,38	0,0100	0,0022	0,50	-0,93	0,0209	0,0030	0,84	-1,13	0,3905	0,0081	0,86	-0,73	0,0781	0,0117	2,60	-3,55
2005	Mar	178	0,0124	0,0008	0,19	-0,19	0,0295	0,0019	0,48	-0,44	0,0492	0,0031	1,23	-0,84	0,1582	0,0116	1,21	-1,86	0,0560	0,0101	2,59	-2,90
	Jun	177	0,0105	0,0007	0,18	-0,19	0,0315	0,0018	0,45	-0,45	0,0572	0,0027	0,58	-0,78	0,5798	0,0097	1,10	-0,95	0,0881	0,0089	2,58	-2,41
	Sep	178	0,0050	0,0007	0,13	-0,18	0,0219	0,0017	0,38	-0,48	0,0386	0,0028	0,61	-0,85	0,0919	0,0109	1,29	-1,60	0,1014	0,0084	2,00	-2,40
	Dec	180	0,0007	0,0007	0,20	-0,21	0,0087	0,0018	0,38	-0,52	0,0240	0,0030	0,62	-0,85	-0,2608	0,0112	0,98	-1,42	0,1372	0,0092	2,00	-2,41
2006	Mar	180	-0,0087	0,0007	0,21	-0,23	-0,0097	0,0019	0,43	-0,56	-0,0034	0,0030	0,66	-0,71	-0,0384	0,0074	1,14	-1,43	0,1722	0,0093	2,16	-1,98
	Jun	178	-0,0099	0,0007	0,21	-0,21	-0,0316	0,0020	0,47	-0,54	-0,0433	0,0030	0,61	-0,73	-0,0740	0,0061	1,15	-1,64	0,1072	0,0109	2,42	-3,39
	Sep	179	-0,0065	0,0007	0,21	-0,17	-0,0147	0,0019	0,43	-0,49	-0,0173	0,0030	0,62	-0,75	-0,0374	0,0060	1,10	-1,66	0,0633	0,0125	2,80	-3,37
	Dec	180	-0,0035	0,0007	0,19	-0,30	-0,0007	0,0018	0,43	-0,47	0,0069	0,0029	0,62	-0,73	0,0124	0,0060	1,10	-1,64	0,0432	0,0120	2,78	-3,38
2007	Mar	179	-0,0025	0,0006	0,19	-0,11	0,0010	0,0017	0,54	-0,30	0,0078	0,0027	0,63	-0,46	0,0261	0,0053	1,11	-0,96	0,1545	0,0099	2,79	-2,87
	Jun	176	-0,0059	0,0006	0,22	-0,09	-0,0097	0,0017	0,90	-0,29	-0,0301	0,0024	0,60	-0,44	-0,0629	0,0050	1,04	-1,10	0,2136	0,0093	2,12	-2,87
	Sep	177	-0,0033	0,0007	0,26	-0,27	-0,0162	0,0018	0,51	-0,66	-0,0218	0,0028	0,75	-0,70	-0,0641	0,0059	1,58	-1,46	0,1024	0,0116	2,37	-2,87
	Dec	180	-0,0013	0,0010	0,28	-0,34	-0,0018	0,0021	0,49	-0,44	-0,0101	0,0032	0,75	-0,71	-0,0554	0,0066	1,58	-1,45	0,1135	0,0113	2,54	-2,48
2008	Mar	179	0,0117	0,0015	0,30	-0,91	0,0422	0,0028	0,68	-0,77	0,0532	0,0040	0,90	-0,95	0,0486	0,0077	1,62	-1,85	-0,1501	0,0154	5,70	-7,07
	Jun	171	-0,0078	0,0015	0,32	-0,43	-0,0077	0,0033	0,71	-0,76	-0,0061	0,0045	0,89	-1,11	-0,0184	0,0085	1,62	-1,85	-0,0917	0,0166	5,71	-7,07
	Sep	171	-0,0041	0,0018	0,53	-0,50	0,0003	0,0036	0,67	-0,79	0,0135	0,0047	0,90	-1,03	0,0128	0,0087	2,12	-1,93	-0,2013	0,0180	5,71	-7,09
	Dec	177	0,0151	0,0018	0,49	-0,61	0,0338	0,0039	0,99	-1,22	0,0384	0,0051	1,48	-1,34	0,0787	0,0110	2,89	-3,38	-0,2449	0,0308	12,84	-7,72
2009	Mar	174	0,0451	0,0018	0,51	-0,61	0,0829	0,0040	0,90	-1,22	0,1039	0,0059	1,46	-1,30	0,1069	0,0128	2,89	-3,38	-0,4138	0,0348	12,80	-7,80
	Jun	171	0,0351	0,0017	0,48	-0,53	0,0480	0,0040	0,90	-0,98	0,0414	0,0064	1,46	-1,16	0,0684	0,0137	2,88	-3,37	-0,1428	0,0370	12,74	-7,85
	Sep	172	0,0065	0,0013	0,23	-0,40	0,0007	0,0035	0,62	-0,98	-0,0078	0,0056	1,44	-1,15	-0,0358	0,0107	2,36	-3,02	0,1501	0,0229	5,99	-4,94
	Dec	177	0,0050	0,0011	0,23	-0,39	0,0064	0,0028	0,59	-0,86	0,0039	0,0045	1,01	-1,18	0,0350	0,0081	2,15	-2,32	0,2508	0,0188	6,02	-4,94
2010	Mar	175	0,0127	0,0010	0,22	-0,58	0,0356	0,0023	0,58	-0,65	0,0393	0,0037	1,03	-0,98	0,0804	0,0066	2,15	-1,57	0,1514	0,0170	8,41	-3,67
	Jun	173	0,0171	0,0014	0,52	-1,08	0,0457	0,0024	0,65	-0,62	0,0623	0,0037	0,81	-1,17	0,1286	0,0072	1,74	-2,89	0,0470	0,0157	4,87	-3,57
	Sep	174	0,0172	0,0008	0,23	-0,16	0,0540	0,0023	0,62	-0,61	0,0907	0,0037	0,92	-1,30	0,2092	0,0077	2,05	-2,90	0,0008	0,0147	4,86	-3,56
	Dec	178	0,0122	0,0008	0,20	-0,17	0,0237	0,0027	0,65	-0,76	0,0346	0,0043	0,92	-1,18	0,1100	0,0097	2,06	-2,92	0,0910	0,0142	4,81	-3,54
Promedio			0,0063	0,0011	0,31	-0,38	0,0140	0,0026	0,61	-0,71	0,0193	0,0038	0,89	-1,00	0,0532	0,0082	1,89	-2,04	0,0146	0,0179	5,06	-4,45

5.5.5. Coeficiente de Riesgo Sistemático

La estimación del coeficiente de riesgo sistemático para cada contrato se obtiene mediante la resolución de un *sistema de ecuaciones aparentemente no relacionadas*. Esta técnica se fundamenta en la existencia de correlación contemporánea.

Para ratificar esta hipótesis se han calculado los coeficientes de correlación contemporánea y con un período de retardo entre las tasas de rentabilidad de los contratos de futuros. A modo de ejemplo, en el Cuadro 5.2 se muestran los resultados para los contratos con vencimiento en marzo de 2007 y en junio de 2010.

Teniendo en cuenta que la negociación de los contratos comienza con nueve meses de antelación a su maduración, los futuros con vencimiento en marzo de 2007 coinciden parcialmente con los que vencen en septiembre y diciembre de 2006 y junio y septiembre de 2007. Para los que tienen fecha de maduración en junio de 2010, su negociación se simultanea con la de los contratos cuyo vencimiento es en diciembre de 2009 y marzo, septiembre y diciembre de 2010. Esto es, la negociación de cada maduración coincide durante ciertos períodos de tiempo con dos vencimientos anteriores y con otros dos posteriores.

Se puede observar que las correlaciones contemporáneas son elevadas, descendiendo significativamente las calculadas con un período de retardo. El mismo patrón se observa en el resto de vencimientos de los contratos incluidos en la muestra, lo que confirma que las rentabilidades de los futuros objeto de estudio satisfacen los supuestos de la técnica utilizada para estimar el coeficiente de riesgo sistemático.

CUADRO 5.2

CORRELACIONES CONTEMPORÁNEAS Y CON UN PERÍODO DE RETARDO

Este cuadro contiene los coeficientes de correlación contemporánea y con un período de retardo entre las tasas de rentabilidad de los futuros Euro-Schatz (FGBS), Euro-Bobl (FGBM), Euro-Bund (FGBL) y Euro-Buxl® (FGBX) con vencimiento en marzo de 2007 (*Panel A*) y junio de 2010 (*Panel B*).

Panel A

Vencimiento: marzo de 2007										
		FGBS	FGBM	FGBL	FGBX		FGBS	FGBM	FGBL	FGBX
FGBS	09-2006	1,00	0,96	0,87	0,85	(-1)	-0,06	0,01	0,08	0,08
FGBM	09-2006	0,96	1,00	0,95	0,94	(-1)	-0,16	-0,09	0,00	0,01
FGBL	09-2006	0,91	0,98	0,97	0,98	(-1)	-0,20	-0,12	-0,04	-0,02
FGBX	09-2006	0,85	0,94	0,95	1,00	(-1)	-0,22	-0,13	-0,04	0,00
FGBS	12-2006	0,95	0,92	0,85	0,78	(-1)	0,02	0,02	0,07	0,08
FGBM	12-2006	0,91	0,95	0,94	0,91	(-1)	-0,10	-0,08	-0,04	-0,02
FGBL	12-2006	0,86	0,95	0,98	0,97	(-1)	-0,15	-0,10	-0,07	-0,04
FGBX	12-2006	0,78	0,88	0,96	0,93	(-1)	-0,17	-0,09	-0,08	-0,04
FGBS	03-2007	1,00	0,92	0,85	0,77	(-1)		0,08	0,10	0,11
FGBM	03-2007		1,00	0,94	0,88	(-1)	0,03		0,07	0,07
FGBL	03-2007			1,00	0,95	(-1)	-0,05	0,01		0,05
FGBX	03-2007				1,00	(-1)	-0,10	-0,02	0,01	
FGBS	06-2007	0,87	0,85	0,79	0,67	(-1)	0,04	0,02	0,04	0,07
FGBM	06-2007	0,75	0,80	0,82	0,77	(-1)	-0,03	-0,01	-0,01	0,00
FGBL	06-2007	0,83	0,92	0,99	0,96	(-1)	-0,01	0,05	0,03	0,06
FGBX	06-2007	0,74	0,85	0,96	0,98	(-1)	-0,07	0,01	0,01	0,04
FGBS	09-2007	0,98	0,95	0,88	0,78	(-1)	0,12	0,15	0,14	0,13
FGBM	09-2007	0,96	1,00	0,97	0,89	(-1)	0,10	0,13	0,11	0,11
FGBL	09-2007	0,87	0,94	0,98	0,95	(-1)	0,04	0,11	0,12	0,12
FGBX	09-2007	0,78	0,89	0,96	1,00	(-1)	0,05	0,13	0,15	0,16

Panel B

Vencimiento: junio de 2010										
		FGBS	FGBM	FGBL	FGBX		FGBS	FGBM	FGBL	FGBX
FGBS	12-2009	1,00	0,91	0,76	0,62	(-1)	-0,17	-0,23	-0,19	-0,19
FGBM	12-2009	0,91	1,00	0,93	0,82	(-1)	-0,10	-0,12	-0,06	-0,06
FGBL	12-2009	0,78	0,95	0,99	0,92	(-1)	-0,09	-0,07	0,01	0,01
FGBX	12-2009	0,62	0,82	0,91	0,97	(-1)	-0,01	0,01	0,08	0,10
FGBS	03-2010	0,44	0,84	0,76	0,65	(-1)	0,14	0,06	0,01	0,01
FGBM	03-2010	0,38	0,93	0,92	0,83	(-1)	0,17	0,12	0,12	0,09
FGBL	03-2010	0,32	0,88	0,97	0,91	(-1)	0,14	0,12	0,13	0,12
FGBX	03-2010	0,32	0,80	0,88	0,99	(-1)	0,20	0,15	0,16	0,16
FGBS	06-2010	1,00	0,66	0,42	0,38	(-1)		-0,11	-0,08	-0,07
FGBM	06-2010		1,00	0,90	0,81	(-1)	0,13		0,10	0,08
FGBL	06-2010			1,00	0,90	(-1)	0,13	0,12		0,11
FGBX	06-2010				1,00	(-1)	0,18	0,17	0,18	
FGBS	09-2010	0,92	0,85	0,76	0,67	(-1)	0,19	0,15	0,12	0,10
FGBM	09-2010	0,87	0,99	0,94	0,84	(-1)	0,21	0,19	0,17	0,11
FGBL	09-2010	0,78	0,94	0,96	0,92	(-1)	0,13	0,14	0,14	0,08
FGBX	09-2010	0,65	0,82	0,91	0,99	(-1)	0,20	0,22	0,23	0,17
FGBS	12-2010	0,98	0,89	0,81	0,71	(-1)	0,17	0,08	0,07	0,04
FGBM	12-2010	0,91	1,00	0,95	0,84	(-1)	0,20	0,13	0,13	0,07
FGBL	12-2010	0,80	0,92	0,98	0,91	(-1)	0,12	0,08	0,09	0,03
FGBX	12-2010	0,73	0,84	0,94	1,00	(-1)	0,19	0,19	0,20	0,13

En el Cuadro 5.3 se resumen los resultados obtenidos de la resolución del sistema de ecuaciones [5.7]. Se indican los valores estimados del coeficiente de riesgo sistemático, $\hat{\beta}_i$, del término constante, $\hat{\alpha}_i$, y del valor del estadístico para el contraste de la hipótesis de significatividad de los parámetros.

En relación al coeficiente beta es positivo en trece contratos, aunque sólo en cinco, que representan el 2,54% del total analizado, es significativo; todos los contratos con esta característica se concentran en el año 2000. En otros 24, a pesar de ser negativo, estadísticamente es nulo. En definitiva, el 80% de los futuros sobre deuda del período analizado tienen coeficiente de riesgo sistemático negativo; esto es, el precio muestra movimientos contrarios respecto al del mercado, representado por el futuro sobre el índice DAX®.

Esta relación negativa entre los precios de futuros sobre deuda y el del índice del mercado, denota el carácter de instrumento de cobertura de los contratos de futuros o, de forma equivalente, desde finales del año 2000 la negociación en estos contratos de futuros ha tenido la finalidad de ser instrumento de protección en las carteras de inversión¹⁷.

Además cuanto mayor es el plazo de vencimiento del subyacente, más negativo es este coeficiente; esto es, para cubrir posiciones del mercado de contado, el mejor resultado en lo que a protección se refiere se obtiene con el futuro Euro-Buxl®.

La parte de la rentabilidad de un contrato que es independiente de la del mercado se mide por el coeficiente $\hat{\alpha}_i$. En 142 contratos es nulo, por lo que su rentabilidad sólo depende de la relación, a través de beta, con el índice del mercado. En el resto, es positivo e indicaría que está relacionada con otros factores adicionales al riesgo sistemático.

¹⁷Gorton y Rouwenhorst (2006) obtienen una relación negativa entre rendimientos de futuros sobre activos físicos y acciones; indican que los inversores perciben este resultado como una oportunidad de cobertura.

CUADRO 5.3
COEFICIENTE DE RIESGO SISTEMÁTICO

Este cuadro muestra, para cada contrato, los coeficientes de la regresión de la rentabilidad de los futuros Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund y Euro-Buxl® en relación a la del contrato de futuros sobre el índice DAX®. Las estimaciones se obtienen mediante la resolución de un sistema de ecuaciones aparentemente no relacionadas. $\hat{\beta}_i$ es el coeficiente de riesgo sistemático, $\hat{\alpha}_i$ es el término constante de la regresión, y $t(\hat{\beta}_i)$ y $t(\hat{\alpha}_i)$ son los estadísticos correspondientes para el contraste de significatividad. *, ** y *** indican significatividad al 1%, 2,5% y 5%.

		Euro-Schatz				Euro-Bobl			
		$\hat{\alpha}_i$	$t(\hat{\alpha}_i)$	$\hat{\beta}_i$	$t(\hat{\beta}_i)$	$\hat{\alpha}_i$	$t(\hat{\alpha}_i)$	$\hat{\beta}_i$	$t(\hat{\beta}_i)$
2000	Mar	-0,00011	-1,39	0,00499	0,92	-0,00021	-1,48	0,01977	1,97
	Jun	-0,00008	-1,32	0,00183	0,46	-0,00007	-0,57	0,00258	0,33
	Sep	-0,00001	-0,24	0,00925	2,26**	0,00004	0,37	0,00598	0,85
	Dec	0,00004	0,78	-0,00492	-1,42	0,00014	1,47	-0,01277	-1,88
2001	Mar	0,00005	0,59	-0,01107	-1,61	0,00011	1,27	-0,02312	-3,42*
	Jun	0,00007	1,58	-0,01924	-6,37*	0,00013	1,59	-0,04212	-7,86*
	Sep	0,00006	1,40	-0,02202	-7,64*	0,00013	1,19	-0,04319	-5,88*
	Dec	0,00007	1,27	-0,02192	-7,95*	0,00001	0,08	-0,04475	-8,36*
2002	Mar	0,00003	0,61	-0,02484	-9,84*	-0,00007	-0,67	-0,05464	-10,23*
	Jun	-0,00003	-0,62	-0,02409	-8,02*	-0,00008	-0,77	-0,05370	-8,48*
	Sep	0,00001	0,25	-0,02479	-9,97*	0,00007	0,73	-0,05391	-11,60*
	Dec	0,00008	2,01	-0,02395	-14,53*	0,00012	1,50	-0,05408	-16,02*
2003	Mar	0,00012	2,82*	-0,02257	-14,85*	0,00024	2,85*	-0,05386	-17,39*
	Jun	0,00010	2,36**	-0,02460	-15,31*	0,00019	1,88	-0,06041	-15,93*
	Sep	0,00007	1,49	-0,02465	-12,21*	0,00013	1,14	-0,06672	-13,38*
	Dec	0,00012	2,76*	-0,02731	-11,71*	0,00026	2,48**	-0,07027	-12,11*
2004	Mar	0,00017	3,52*	-0,02729	-7,64*	0,00025	2,21***	-0,06322	-7,42*
	Jun	0,00011	2,41**	-0,02515	-6,80*	0,00015	1,40	-0,05319	-6,46*
	Sep	0,00009	1,95	-0,01454	-3,52*	0,00023	2,57**	-0,03439	-4,07*
	Dec	0,00003	0,80	-0,01543	-3,97*	0,00015	1,76	-0,04041	-4,74*
2005	Mar	0,00008	2,39**	-0,01312	-3,35*	0,00020	2,55**	-0,03200	-3,52*
	Jun	0,00007	2,24***	-0,01014	-2,48**	0,00022	2,97*	-0,02315	-2,48**
	Sep	0,00001	0,37	-0,00631	-1,58	0,00010	1,45	-0,01273	-1,29
	Dec	0,00001	0,20	-0,00663	-1,76	0,00006	0,86	-0,01798	-2,06***
2006	Mar	-0,00002	-0,57	-0,00463	-1,36	0,00005	0,77	-0,01652	-1,90
	Jun	-0,00002	-0,97	-0,00397	-1,43	-0,00008	-1,03	-0,01047	-1,26
	Sep	-0,00004	-1,57	-0,00690	-2,54**	-0,00008	-1,14	-0,02027	-2,84*
	Dec	-0,00005	-1,65	-0,01019	-3,51*	-0,00008	-1,23	-0,02570	-3,65*
2007	Mar	-0,00004	-1,48	-0,01003	-3,49*	-0,00006	-0,95	-0,02122	-2,80*
	Jun	-0,00002	-0,78	-0,01750	-5,35*	0,00000	0,04	-0,04733	-4,60*
	Sep	0,00000	0,10	-0,02982	-9,72*	-0,00005	-0,55	-0,06106	-7,07*
	Dec	-0,00001	-0,20	-0,03927	-9,69*	0,00000	-0,04	-0,08375	-10,34*
2008	Mar	-0,00003	-0,47	-0,04943	-9,53*	0,00003	0,30	-0,11075	-16,45*
	Jun	-0,00010	-1,91	-0,05307	-13,74*	-0,00014	-1,43	-0,11379	-14,75*
	Sep	-0,00004	-0,64	-0,04429	-9,98*	-0,00006	-0,44	-0,09721	-11,72*
	Dec	0,00002	0,24	-0,03041	-11,84*	0,00005	0,34	-0,06456	-11,54*
2009	Mar	0,00009	1,40	-0,02978	-11,32*	0,00014	0,98	-0,06464	-11,50*
	Jun	0,00015	2,35***	-0,02638	-11,36*	0,00024	1,77	-0,05879	-12,27*
	Sep	0,00011	2,08***	-0,02043	-7,64*	0,00021	1,66	-0,05906	-9,28*
	Dec	0,00009	1,88	-0,02109	-7,47*	0,00016	1,32	-0,05530	-7,54*
2010	Mar	0,00010	2,03***	-0,02108	-6,06*	0,00030	3,01*	-0,05968	-8,91*
	Jun	0,00010	1,30	-0,01773	-2,93*	0,00030	3,01*	-0,06992	-9,41*
	Sep	0,00008	2,31**	-0,02404	-7,74*	0,00027	3,00*	-0,08463	-10,82*
	Dec	0,00008	1,97***	-0,02237	-6,19*	0,00016	1,23	-0,08698	-7,93*

(Continúa en la página siguiente)

Capítulo 5. Premio por Riesgo en Futuros sobre Deuda

		Euro-Bund				Euro-Buxl®			
		$\hat{\alpha}_i$	$t(\hat{\alpha}_i)$	$\hat{\beta}_i$	$t(\hat{\beta}_i)$	$\hat{\alpha}_i$	$t(\hat{\alpha}_i)$	$\hat{\beta}_i$	$t(\hat{\beta}_i)$
2000	Mar	-0,00039	-1,55	0,05730	3,20*	-0,00035	-0,80	0,08694	2,81*
	Jun	-0,00003	-0,16	0,02573	1,88	0,00021	0,58	0,03078	1,26
	Sep	0,00010	0,60	0,02328	1,99***	0,00023	0,70	0,04430	2,01**
	Dec	0,00020	1,44	-0,00372	-0,36	0,00023	0,88	0,01589	0,82
2001	Mar	0,00015	1,17	-0,02513	-2,58**	0,00012	0,54	-0,01533	-0,88
	Jun	0,00012	1,11	-0,05425	-7,38*	0,00012	0,60	-0,06178	-4,67*
	Sep	0,00010	0,90	-0,05536	-7,43*	0,00012	0,59	-0,06134	-4,46*
	Dec	-0,00004	-0,27	-0,04854	-6,94*	-0,00004	-0,17	-0,05497	-4,23*
2002	Mar	-0,00019	-1,36	-0,06347	-8,60*	-0,00023	-0,96	-0,08024	-6,37*
	Jun	-0,00012	-0,83	-0,06668	-7,30*	-0,00002	-0,08	-0,08914	-5,63*
	Sep	0,00012	0,81	-0,07179	-10,70*	0,00010	0,37	-0,11340	-9,24*
	Dec	0,00012	0,98	-0,07887	-15,76*	0,00017	0,85	-0,11645	-13,85*
2003	Mar	0,00025	1,99***	-0,08015	-17,44*	0,00025	1,20	-0,12027	-15,67*
	Jun	0,00024	1,71	-0,08859	-16,25*	0,00027	1,14	-0,12794	-14,22*
	Sep	0,00015	0,94	-0,09539	-13,47*	0,00026	0,23	-0,11932	-2,35**
	Dec	0,00035	2,39**	-0,09928	-12,06*	0,00036	0,58	-0,13092	-3,26*
2004	Mar	0,00033	2,14***	-0,09301	-8,04*	0,00064	1,20	-0,15147	-2,47**
	Jun	0,00020	1,44	-0,07603	-6,93*	-0,00021	-0,44	-0,07089	-1,94
	Sep	0,00031	2,49**	-0,05311	-4,49*	0,00074	1,56	-0,03659	-0,75
	Dec	0,00025	2,10***	-0,05330	-4,48*	0,00087	1,98	-0,12917	-2,52**
2005	Mar	0,00033	2,36**	-0,03255	-2,05***	0,00067	1,03	0,15162	1,52
	Jun	0,00041	3,57*	-0,03310	-2,27**	0,00101	1,79	-0,07831	-1,03
	Sep	0,00020	1,80	-0,00959	-0,61	0,00022	0,35	0,00201	0,02
	Dec	0,00016	1,37	-0,02532	-1,74	0,00018	0,29	-0,04970	-0,71
2006	Mar	0,00015	1,33	-0,03248	-2,34**	0,00026	0,78	-0,05585	-1,38
	Jun	-0,00005	-0,43	-0,01689	-1,36	0,00002	0,09	-0,02195	-0,84
	Sep	-0,00005	-0,42	-0,02742	-2,37**	-0,00003	-0,13	-0,04983	-2,20***
	Dec	-0,00007	-0,69	-0,03196	-2,87*	-0,00011	-0,48	-0,04886	-2,13***
2007	Mar	-0,00007	-0,64	-0,03005	-2,45**	-0,00010	-0,45	-0,04188	-1,69
	Jun	-0,00009	-0,88	-0,06932	-5,49*	-0,00022	-1,00	-0,11822	-4,48*
	Sep	-0,00003	-0,30	-0,09869	-8,86*	-0,00021	-0,92	-0,16483	-6,98*
	Dec	-0,00004	-0,36	-0,12573	-10,39*	-0,00031	-1,23	-0,21580	-8,42*
2008	Mar	0,00001	0,08	-0,15313	-14,70*	-0,00023	-0,83	-0,24249	-11,43*
	Jun	-0,00015	-1,02	-0,15249	-13,82*	-0,00019	-0,63	-0,20489	-8,58*
	Sep	-0,00001	-0,05	-0,12986	-11,44*	0,00001	0,02	-0,16486	-6,89*
	Dec	0,00002	0,11	-0,08247	-10,63*	0,00000	-0,01	-0,10369	-5,73*
2009	Mar	0,00015	0,70	-0,08807	-10,52*	-0,00022	-0,53	-0,10826	-6,05*
	Jun	0,00022	0,99	-0,08290	-10,58*	0,00008	0,19	-0,10847	-6,42*
	Sep	0,00023	1,13	-0,09173	-8,77*	0,00020	0,47	-0,13972	-6,48*
	Dec	0,00020	1,10	-0,10432	-9,23*	0,00043	1,34	-0,17342	-8,74*
2010	Mar	0,00035	2,27**	-0,09373	-9,14*	0,00069	2,44**	-0,16270	-8,70*
	Jun	0,00043	2,96*	-0,12227	-11,17*	0,00094	3,29*	-0,24457	-11,34*
	Sep	0,00047	3,27*	-0,15245	-12,48*	0,00107	3,49*	-0,29161	-11,08*
	Dec	0,00021	1,06	-0,16104	-9,38*	0,00058	1,31	-0,35547	-9,26*

Por último, el coeficiente de determinación refleja la variabilidad de la rentabilidad que es explicada por su conexión con el mercado; cuanto mayor es este coeficiente, más reducido es su riesgo propio en relación al sistemático. En los contratos Euro-Bobl el valor medio es igual a 15,34%, representando el máximo de entre todos los futuros de deuda, mientras que el mínimo corresponde a los futuros Euro-Buxl® y es igual

a 10,65%; para los contratos Euro-Schatz y Euro-Bund es 13,81% y 15,11%, respectivamente. En cualquier caso, estos resultados ponen de manifiesto que una parte importante de la variabilidad del precio de futuros se explica por movimientos específicos¹⁸.

No obstante, ni el hecho de que los futuros Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund y Euro-Buxl® tengan en general betas negativas, ni que el coeficiente de determinación sea reducido, y por tanto que gran parte de la variabilidad del precio proceda de movimientos específicos, impiden analizar la existencia de la relación entre rentabilidad y riesgo sistemático. De hecho, de lo que se trata es de comprobar si la remuneración que obtienen los inversores es la adecuada para el nivel de riesgo sistemático soportado.

5.5.6. Relación entre Rentabilidad y Riesgo Sistemático

Una vez obtenido el coeficiente de riesgo sistemático para cada contrato de futuros, mediante la regresión de sección cruzada [5.8] se obtienen, con el procedimiento de estimación propuesto por White (1980), los parámetros de la línea empírica del mercado de futuros sobre deuda del Eurex. Previamente se ha comprobado con el test de White (1980) que las perturbaciones aleatorias son heterocedásticas a un nivel de confianza del 99%.

En el Cuadro 5.4 se muestran las estimaciones del intercepto $\hat{\gamma}_0$, de la pendiente $\hat{\gamma}_1$, y los valores de los estadísticos para los contrastes de significatividad y para la hipótesis de que la pendiente coincida con el premio por riesgo del mercado.

Para el período completo los resultados evidencian que la relación entre rentabilidad y riesgo sistemático es negativa, en contra de lo propuesto

¹⁸Chen, Cornett y Nabar (1993) consideran un modelo multifactorial; el coeficiente que relaciona la rentabilidad de contratos sobre Treasury Bonds y el futuro sobre el índice *S&P 500* es 0,2, y para Treasury Bills es 0,03. Bessembinder (1992) construye series de precios continuas; cuando estima un modelo de un factor, el coeficiente beta es igual a 0,28 para Treasury Bonds y 0,008 para Treasury Bills, y el coeficiente de determinación es 9,4% y 2,8% respectivamente. Kolb (1996) considera los contratos individualmente; para Treasury Bonds el coeficiente de riesgo sistemático estimado es igual a 0,36 mientras que para Treasury Bills 0,04, y en relación al coeficiente de determinación obtiene que es igual a 17,2% y 7,63% respectivamente.

por el CAPM. Además, el valor del estadístico confirma que la pendiente no coincide con el premio por riesgo del mercado¹⁹.

Sin embargo, la división del período total en tres subperíodos (2000-2005, 2006-2007 y 2008-2010) ofrece resultados dispares que evidencian un cambio en el mercado de futuros de deuda, en lo que respecta a la relación entre la rentabilidad y el riesgo sistemático, que se confirma con el test de Chow a un nivel de confianza del 99%.

CUADRO 5.4

RELACIÓN ENTRE RENTABILIDAD Y RIESGO SISTEMÁTICO

Este cuadro muestra los resultados de la estimación de la regresión de sección cruzada para los parámetros de la línea empírica del mercado, obtenidos mediante el procedimiento de estimación propuesto por White (1980). N es el número de contratos que vencen en cada período analizado. $\hat{\gamma}_0$ y $\hat{\gamma}_1$ son el intercepto y la pendiente de la regresión, $t(\hat{\gamma}_0)$ y $t(\hat{\gamma}_1)$ son los estadísticos para el contraste de significatividad. $t(\hat{\gamma}_1 - (\bar{R}_M - \bar{r}))$ es el estadístico para el contrastaste de la hipótesis de que la pendiente coincide con el premio del mercado del riesgo. \bar{R}_M es la rentabilidad media del mercado, aproximada por el contrato de futuros sobre el índice DAX® y calculada como la variación relativa del precio de liquidación entre dos días consecutivos de negociación. \bar{r} es la tasa libre de riesgo, que se aproxima por la tasa EONIA. * y ** indican significatividad al 1% y al 5%, respectivamente.

	N	$\hat{\gamma}_0$	$t(\hat{\gamma}_0)$	$\hat{\gamma}_1$	$t(\hat{\gamma}_1)$	$t(\hat{\gamma}_1 - (\bar{R}_M - \bar{r}))$	R^2 (%)
2000-2010	176	0,00003	1,14	-0,00163	-3,13*	-3,08*	11,95
2000-2005	96	0,00008	2,32**	-0,00154	-2,00**	-1,97	7,12
2006-2007	32	-0,00003	-1,00	0,00165	3,72*	1,96	23,57
2008-2010	48	0.00004	0,63	-0,00218	-3,09*	-2,56**	26,91

¹⁹Con la finalidad de comprobar posibles relaciones con el tipo de contrato, y por tanto con su subyacente, se ha estimado la regresión de sección cruzada para los futuros Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund y Euro-Buxl® de forma independiente. Para el período completo, los resultados para cada uno de ellos coinciden con los comentados para el conjunto de contratos, no observándose ninguna relación particular, en función de las características del subyacente, entre rentabilidad y riesgo sistemático.

Para el subperíodo que comprende los años 2006 y 2007, la pendiente de la línea empírica del mercado es diferente de cero a un nivel de confianza del 99%, lo que confirma que beta es un factor explicativo de la rentabilidad de los contratos de futuros sobre deuda. Además la relación entre rentabilidad y riesgo sistemático es positiva e igual al premio por riesgo del mercado. El hecho de que el intercepto sea igual a cero confirma que los inversores en futuros de deuda, durante este período de tiempo, sólo obtienen remuneración por el riesgo sistemático que soportan. En definitiva durante estos años, atendiendo al CAPM, los inversores en futuros de deuda han sido compensados de forma adecuada por el riesgo sistemático soportado.

El resultado contrario sucede en los años 2000-2005 y 2008-2010: la pendiente de la línea empírica del mercado es negativa, no coincide con el premio por riesgo del mercado en el segundo de los subperíodos y el intercepto no es nulo en el primero. En resumen, en ambos intervalos, no se verifica el CAPM, por lo que el riesgo sistemático no ha explicado el comportamiento de la rentabilidad de los contratos de futuros sobre deuda^{20, 21}.

De forma equivalente, este resultado pone de manifiesto que los inversores no han obtenido la compensación adecuada por asumir niveles de riesgo más elevados, sino que han sido penalizados. No obstante, hay una diferencia entre el primer y el segundo subperíodo en lo que respecta al término constante de la relación; durante los años 2000-2005 el intercepto es positivo y significativo, lo que evidencia que han obtenido retribución por otras vías diferentes a la relación entre la

²⁰Kolb (1996) para futuros sobre Treasury Bonds obtiene que la pendiente es positiva, aunque no significativa. Para los contratos sobre Treasury Bills el resultado es negativo y estadísticamente significativo.

²¹Al igual que para el período completo, también se han estimado en cada subperíodo los parámetros de la regresión de sección cruzada para los futuros Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund y Euro-Buxl® de forma independiente. Los resultados no permiten extraer ninguna conclusión, motivado fundamentalmente porque el número de observaciones para cada contrato en cada subperíodo es reducido, y los contrastes de hipótesis tienen escasa validez. No obstante, y a modo de ejemplo, en el subperíodo 2008-2010, se tienen 12 observaciones para cada modalidad de contrato; para los futuros Euro-Schatz y Euro-Bobl, se obtiene una relación positiva, pero no significativa, y para los contratos Euro-Bund y Euro-Buxl® la relación es negativa y tampoco es significativa.

variabilidad del precio en los contratos de deuda y el índice, esto es, al premio por el riesgo sistemático.

Por lo que respecta a la linealidad entre rentabilidad y riesgo sistemático, el Cuadro 5.5 contiene las estimaciones de los parámetros de la regresión [5.10]. Como se ha indicado anteriormente, para confirmar una correspondencia lineal como la propuesta por el CAPM, el parámetro asociado al cuadrado del coeficiente de riesgo sistemático, $\hat{\gamma}_1^L$, debe ser estadísticamente igual a cero, lo que sucede tanto para el período total como para los subperíodos. El Gráfico 5.1 ilustra estas relaciones, en el que se muestran para cada subperíodo los valores observados de rentabilidad y riesgo sistemático, así como la estimación de la línea empírica del mercado.

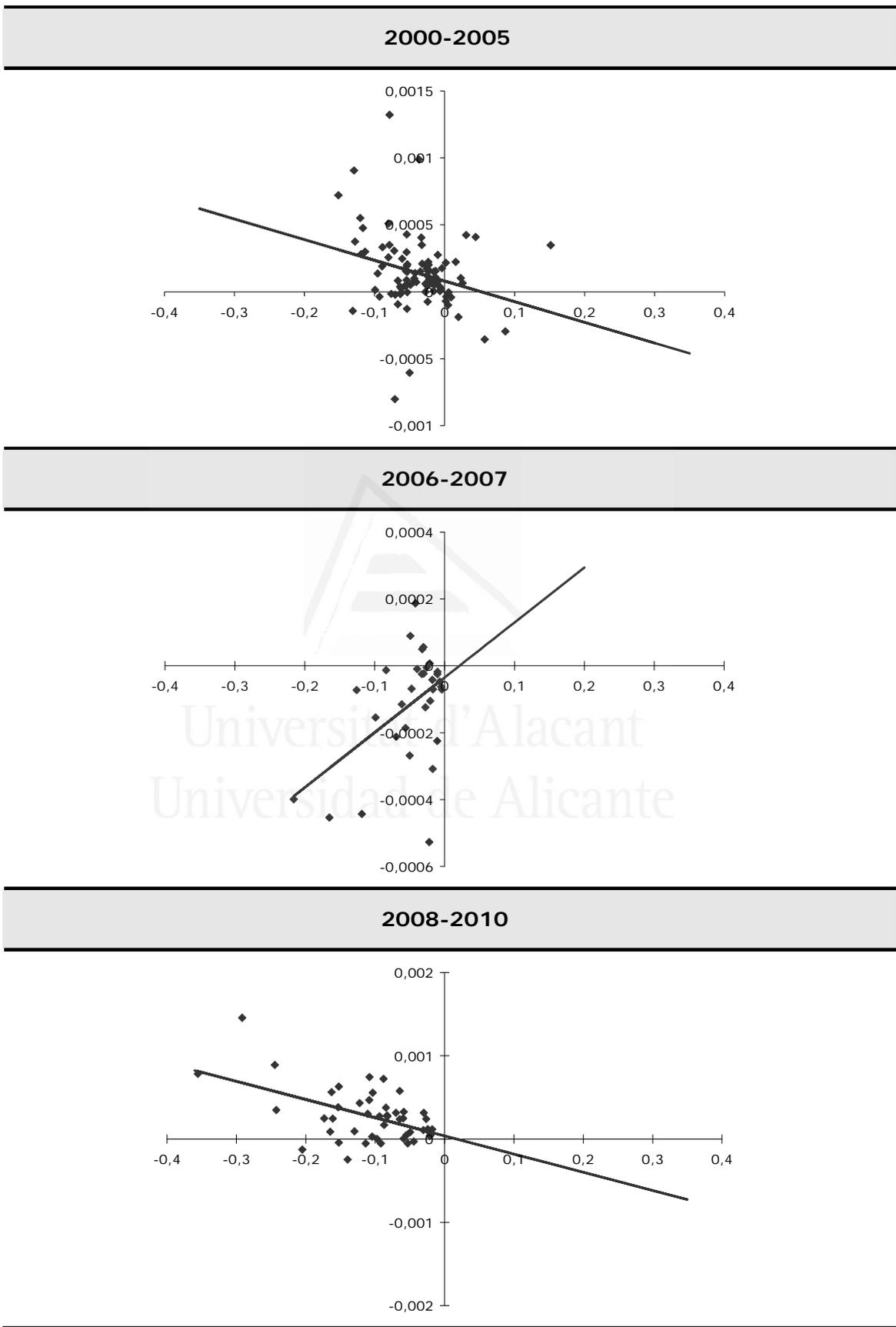
CUADRO 5.5

RELACIÓN RENTABILIDAD Y RIESGO SISTEMÁTICO: LINEALIDAD

Este cuadro muestra los resultados de la estimación de la regresión de los residuos de sección cruzada y el cuadrado del coeficiente de riesgo sistemático, $u_i = \gamma_0^L + \gamma_1^L \hat{\beta}_i^2 + u_i^L$, para la comprobación de la linealidad entre rentabilidad y riesgo sistemático.

	N	$\hat{\gamma}_0^L$	$t(\hat{\gamma}_0^L)$	$\hat{\gamma}_1^L$	$t(\hat{\gamma}_1^L)$	R^2 (%)
2000-2010	176	-0,00001	-0,57	0,00184	1,28	0,94
2000-2005	96	-0,00004	-1,15	0,01032	1,95	3,89
2006-2007	32	0,00000	0,14	-0,00091	-0,33	0,37
2008-2010	48	-0,00001	-0,26	0,00075	0,45	0,45

GRÁFICO 5.1
LÍNEA EMPÍRICA DEL MERCADO DE FUTUROS DE DEUDA



5.5.7. Robustez de Resultados

Los resultados obtenidos, tanto del coeficiente de riesgo sistemático como de los parámetros de la línea empírica del mercado, podrían estar condicionados por la proxy de la cartera de mercado empleada, así como por el hecho de considerar contratos individuales y no enlazar series de precios como se hace en trabajos previos.

Para analizar la incidencia que la cartera de mercado tiene sobre los resultados, se han estimado los coeficientes de riesgo sistemático en relación al índice DAX® mediante la *resolución del sistema de ecuaciones aparentemente no relacionadas*. El Cuadro A5.2 del apéndice de este capítulo contiene los resultados para cada contrato.

Las conclusiones que se extraen son las mismas que las comentadas anteriormente: en general el coeficiente beta es negativo, en algunos contratos del año 2000 es positivo y el término constante es igual a cero en el 78,41% de los contratos analizados. La única diferencia que se observa es en el coeficiente de determinación que es ligeramente más elevado; su valor medio para los futuros Euro-Bobl es 15,90%, representando el máximo de entre todos los futuros de deuda y para Euro-Buxl® es 12,05% que representa el valor mínimo. Para los futuros Euro-Schatz y Euro-Bund es 14,32% y 15,62% respectivamente. En cualquier caso, estos resultados ponen de manifiesto que una parte importante de la variabilidad del precio de futuros no se explica por su relación con la del índice DAX®.

La estimación de los parámetros de la regresión de sección cruzada ofrece los resultados que se recogen en el Cuadro 5.6. Las relaciones son las mismas que las comentadas anteriormente, y la única diferencia sería de nuevo el coeficiente de determinación, que es más elevado, lo que indicaría una mayor relación de la rentabilidad de los futuros de deuda con el índice DAX® que con el futuro sobre el índice.

CUADRO 5.6

RELACIÓN ENTRE RENTABILIDAD Y RIESGO SISTEMÁTICO

Este cuadro muestra los resultados de la estimación de la regresión de sección cruzada para los parámetros de la línea empírica del mercado, obtenidos mediante el procedimiento de estimación propuesto por White (1980). N es el número de contratos que vencen en cada período analizado. $\hat{\gamma}_0$ y $\hat{\gamma}_1$ son el intercepto y la pendiente de la regresión, $t(\hat{\gamma}_0)$ y $t(\hat{\gamma}_1)$ son los estadísticos para el contraste de significatividad. $t(\hat{\gamma}_1 - (\bar{R}_M - \bar{r}))$ es el estadístico para el contraste de la hipótesis de que la pendiente coincide con el premio del mercado del riesgo. \bar{R}_M es la rentabilidad media del mercado, aproximada por el índice DAX® y calculada como la variación relativa del precio de liquidación entre dos días consecutivos de negociación. \bar{r} es la tasa libre de riesgo, que se aproxima por la tasa EONIA. * y ** indican significatividad al 1% y al 5%, respectivamente.

	N	$\hat{\gamma}_0$	$t(\hat{\gamma}_0)$	$\hat{\gamma}_1$	$t(\hat{\gamma}_1)$	$t(\hat{\gamma}_1 - (\bar{R}_M - \bar{r}))$	R^2 (%)
2000-2010	176	0,00002	0,76	-0,00178	-3,54*	-3,80*	14,70
2000-2005	96	0,00006	1,84	-0,00190	-2,35**	-2,31**	11,54
2006-2007	32	-0,00004	-1,02	0,00163	3,72*	-1,85	23,75
2008-2010	48	0,00003	0,44	-0,00223	-3,30*	-3,13*	28,50

Por otra parte, como se ha indicado anteriormente, el procedimiento habitual en estudios de premio por riesgo en futuros consiste en generar series de precios de liquidación de contratos con el mismo subyacente. Esto facilita la utilización de procedimientos econométricos más precisos a costa de la pérdida de información para cada uno de los contratos y la ocultación de diferencias entre los mismos, que a priori tiene efectos impredecibles.

Con la finalidad de analizar la incidencia que la forma de tratar los datos pueda tener sobre los resultados, se han generado series continuas de precios de liquidación, siendo el punto de conexión entre un vencimiento y otro, el último día de negociación del mes precedente al de maduración. Téngase en cuenta que no se puede estimar la regresión de sección cruzada puesto que al enlazar series de precios se dispone únicamente de cuatro contratos.

Siguiendo este procedimiento se ha generado una serie de precios para cada uno de los futuros analizados, que comprende desde el 21/06/1999 hasta el 30/11/2010. Se dispone por tanto de cuatro series, y cada una de ellas contiene 2.916 precios de liquidación. De nuevo se ha calculado la rentabilidad de los futuros Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund, Euro-Buxl® y sobre el índice DAX® como la variación relativa del precio de liquidación entre dos días consecutivos de negociación.

La estimación del coeficiente de riesgo sistemático mediante la resolución de un *sistema de ecuaciones aparentemente no relacionadas* [5.7], en el que se incluyen variables dummy para mes y año, ofrece los resultados recogidos en el Cuadro 5.7. De nuevo, el coeficiente beta es negativo en todos los contratos. Sólo destacar que el parámetro $\hat{\alpha}_i$ que mide la parte de la rentabilidad de un contrato que es independiente de la del mercado es positivo, y estadísticamente significativo en los futuros Euro-Buxl®, indicando la existencia de factores adicionales que explican la rentabilidad de estos contratos.

CUADRO 5.7

PROCEDIMIENTO ROLL OVER: COEFICIENTE DE RIESGO SISTEMÁTICO

Este cuadro muestra, para cada contrato, los resultados de la regresión de la rentabilidad de los futuros Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund y Euro-Buxl® en relación a la del contrato de futuros sobre el índice DAX®. Se enlazan series de precios. Las estimaciones se obtienen mediante la resolución de un *sistema de ecuaciones aparentemente no relacionadas* en el que se incluyen variables dummy para mes y año. $\hat{\beta}_i$ es el coeficiente de riesgo sistemático y $\hat{\alpha}_i$ es el término constante de la regresión. $t(\hat{\beta}_i)$ y $t(\hat{\alpha}_i)$ son los estadísticos para el contraste de significatividad. * indica significatividad al 1%.

	$\hat{\alpha}_i$	$t(\hat{\alpha}_i)$	$\hat{\beta}_i$	$t(\hat{\beta}_i)$	R^2 (%)
Euro-Schatz	-0,00001	-0,11	-0,02261	-22,54*	15,16
Euro-Bobl	0,00006	0,88	-0,05359	-23,11*	15,57
Euro-Bund	0,00011	1,30	-0,07382	-20,59*	12,72
Euro-Buxl®	0,00023	1,82*	-0,11677	-16,62*	8,86

5.6. HIPÓTESIS DE EXPECTATIVAS Y PREMIO POR RIESGO SISTEMÁTICO

En el epígrafe cuarto, se ha indicado que la diferencia entre el precio de futuros y la expectativa acerca del precio que tendrá el subyacente en la maduración del contrato, es igual a la rentabilidad esperada de una posición en futuros. En particular el precio de futuros verificaría la siguiente relación:

$$F_{t,T} = E(\tilde{S}_T) - \left[E(\tilde{R}_M) - r \right] \beta_i \quad [5.12]$$

Atendiendo a los resultados obtenidos anteriormente, y puesto que el coeficiente de riesgo sistemático es en general diferente de cero, es posible afirmar que el precio de futuros sobre deuda durante el período analizado no ha sido un estimador insesgado del de contado del subyacente en el vencimiento del contrato.

En los años 2006 y 2007, para los que se han verificado las conclusiones del CAPM, en particular que la relación rentabilidad-riesgo sistemático ha sido positiva, al ser los coeficientes beta negativos, ha resultado en un premio por riesgo negativo, que al sustituirlo en la expresión [5.12] permite concluir que el precio de futuros ha sido superior a la expectativa acerca del de contado en la maduración del contrato.

En tal situación, el precio de futuros muestra una tendencia decreciente durante la vida del contrato hasta converger al de contado, y el resultado para una posición corta es positivo, mientras que es negativo para una posición larga.

La cuestión que subyace es por qué, en estas circunstancias, los operadores toman posiciones largas en futuros sobre deuda. La respuesta es consistente con el CAPM y el motivo es porque asumen pérdidas esperadas a cambio de la protección que los títulos con beta negativa les aportan en sus carteras de inversión.

En los subperíodos en los que se ha obtenido evidencia contraria en la relación entre rentabilidad y riesgo sistemático, se concluye que el comportamiento de los inversores ha sido irracional, y han aceptado penalizaciones por soportar niveles superiores de riesgo.

En los vencimientos en los que beta ha sido positiva, centrados en el año 2000, si la relación entre rentabilidad y riesgo sistemático hubiera

resultado ser creciente, la posición larga habría obtenido ganancias, en forma de un premio por riesgo positivo con el que las posiciones cortas les retribuirían por transferirles el riesgo. Sin embargo, al ser la pendiente negativa, el precio de futuros ha sido superior al de contado esperado y el comprador del contrato, además de soportar riesgo sistemático, ha obtenido pérdidas. Claramente, desde el punto de vista del CAPM su comportamiento ha sido irracional y no ha valorado correctamente el riesgo sistemático. En estas circunstancias, tomar posiciones largas sólo se podría justificar si han recibido otro tipo de retribución diferente al premio por el riesgo sistemático.

Lo contrario sucede en los contratos en los que se evidencia un coeficiente de riesgo sistemático negativo. Si la pendiente hubiera resultado ser positiva, la posición larga habría obtenido pérdidas a cambio de la protección que los títulos con beta negativa les ofrecen. Sin embargo la relación ha sido contraria, y el precio de futuros inferior al de contado esperado; en tales circunstancias el vendedor ha soportado pérdidas y el comprador del contrato ha obtenido ganancias. En este caso, el comportamiento de las posiciones cortas en futuros ha sido irracional y han retribuido a las posiciones largas con un premio que no les corresponde.

La característica común de los subperíodos en los que no se verifican las relaciones del CAPM es una situación de crisis financiera, derivada por la *burbuja punto com* en los años 2000-2005 y por la *burbuja inmobiliaria* a partir de 2008. En ambos períodos de tiempo, la utilización de los contratos de futuros con fines de cobertura ha tenido el resultado contrario al que teóricamente cabría esperar.

5.7. CONCLUSIONES

En este capítulo se ha planteado como objetivo analizar la existencia de premio por riesgo en contratos de futuros sobre deuda del Eurex, en el período comprendido desde el año 2000 hasta el 2010.

El punto de partida del estudio del premio por riesgo en futuros lo estableció Keynes (1930), aunque desde un enfoque de riesgo total. Dusak (1973), tras la formulación del CAPM como modelo de valoración de activos en el equilibrio del mercado, no centra el análisis en la variabilidad total del precio sino en las variaciones que están

sistemáticamente relacionadas con la riqueza total, aproximada por un índice representativo del mercado.

En este contexto de premio por riesgo en el ámbito del CAPM se ha centrado este capítulo. Utilizando contratos individuales, a diferencia de trabajos anteriores, en la primera etapa de la prueba empírica se han estimado los coeficientes de riesgo sistemático para cada uno de los 176 contratos de futuros analizados, obteniendo en general que son negativos, lo que evidencia el carácter de instrumento de protección que estos contratos tienen en las carteras de inversión.

Para analizar si los inversores han sido compensados de forma adecuada, o si por el contrario han sido penalizados, se han estimado los parámetros de la línea empírica del mercado. Ha sido posible distinguir tres subperíodos. En los años 2000-2005 y 2008-2010 la relación entre rentabilidad y riesgo sistemático ha sido negativa, mientras que en el período 2006-2007 se ha obtenido evidencia de una asociación positiva, indicando que los inversores en futuros sobre deuda del Eurex, durante este subperíodo, han sido compensados de forma adecuada por el riesgo sistemático.

En resumen, los resultados muestran evidencia débil acerca de la formación de precios de futuros, y por tanto del premio por riesgo, en el contexto del CAPM. Los inversores que han utilizado los contratos de futuros sobre deuda del Eurex como instrumento de cobertura de posiciones en el mercado de contado o con fines especulativos, solamente durante los años 2006 y 2007 han valorado correctamente el riesgo que desde el punto de vista del modelo de valoración en el equilibrio del mercado debería retribuirse.

CUADRO A5.1

RENTABILIDAD DE LOS CONTRATOS DE FUTUROS: RESULTADOS ESTADÍSTICOS

Este cuadro muestra resultados estadísticos de la rentabilidad del contrato sobre el índice DAX® y de los futuros de deuda, para cada uno de los subyacentes y vencimientos, desde marzo del año 2000 hasta diciembre de 2010. La rentabilidad se calcula como el logaritmo neperiano de la variación de precios de liquidación consecutivos, excluyendo el mes de vencimiento. La media y la desviación estándar son resultados anualizados. *Máx.* y *Mín.* indican el valor máximo y mínimo de la rentabilidad para cada subyacente y vencimiento. *Obs* indica el número de días de negociación para los que se calcula la rentabilidad del contrato. En la última fila se indica el promedio de cada resultado para cada uno de los futuros.

Nota: el número de observaciones para los futuros Euro-Buxl® con vencimientos desde diciembre de 2003 hasta diciembre de 2005 es de alrededor 58; para el contrato con vencimiento en marzo de 2006, el número de observaciones es de 121.

	Obs	Euro-Schatz				Euro-Bolb				Euro-Bund				Euro-Buxl®				Futuros DAX®				
		Media (%)	Std	Máx (%)	Mín (%)	Media (%)	Std	Máx (%)	Mín (%)	Media (%)	Std	Máx (%)	Mín (%)	Media (%)	Std	Máx (%)	Mín (%)	Media (%)	Std	Máx (%)	Mín (%)	
2000	Mar	179	-0,0140	0,0014	0,26	-0,45	-0,0268	0,0029	0,55	-0,79	-0,0510	0,0053	0,95	-1,36	-0,0455	0,0091	1,86	-2,18	0,2490	0,0167	4,87	-3,69
	Jun	177	-0,0098	0,0013	0,21	-0,46	-0,0055	0,0027	0,47	-0,79	0,0081	0,0048	0,98	-1,37	0,0565	0,0085	1,87	-2,21	0,2186	0,0183	4,85	-3,78
	Sep	178	-0,0057	0,0012	0,49	-0,41	-0,0008	0,0023	0,66	-0,57	0,0137	0,0039	0,98	-0,88	0,0548	0,0072	1,88	-1,75	0,0816	0,0179	4,81	-3,73
	Dec	180	0,0028	0,0010	0,21	-0,37	0,0150	0,0021	0,56	-0,54	0,0240	0,0032	0,88	-0,65	0,0292	0,0058	1,41	-1,15	-0,1807	0,0154	3,28	-3,35
2001	Mar	179	0,0102	0,0015	0,97	-0,98	0,0209	0,0019	0,57	-0,43	0,0258	0,0028	0,89	-0,65	0,0197	0,0050	1,35	-1,03	-0,1437	0,0150	3,01	-3,88
	Jun	176	0,0120	0,0011	0,39	-0,31	0,0195	0,0022	0,47	-0,50	0,0121	0,0027	0,80	-0,69	0,0025	0,0047	1,17	-1,44	-0,1263	0,0181	4,05	-4,43
	Sep	178	0,0085	0,0011	0,25	-0,29	0,0137	0,0025	1,04	-0,77	0,0057	0,0029	0,79	-0,71	-0,0019	0,0048	1,03	-1,46	-0,1867	0,0172	4,07	-4,44
	Dec	181	0,0131	0,0014	0,58	-0,36	0,0095	0,0028	0,96	-0,84	0,0065	0,0035	0,76	-0,96	0,0193	0,0064	2,32	-1,47	-0,1182	0,0228	6,12	-9,24
2002	Mar	178	0,0083	0,0014	0,59	-0,38	0,0072	0,0031	0,96	-0,99	0,0044	0,0042	0,87	-1,55	0,0336	0,0072	2,35	-2,16	-0,1419	0,0227	6,16	-9,22
	Jun	171	-0,0109	0,0013	0,27	-0,39	-0,0192	0,0029	0,48	-1,00	-0,0145	0,0043	0,89	-1,50	0,0251	0,0074	2,38	-2,20	0,1257	0,0185	4,83	-3,02
	Sep	171	0,0091	0,0012	0,43	-0,33	0,0281	0,0026	0,53	-0,60	0,0440	0,0037	0,89	-0,83	0,0415	0,0066	1,60	-1,90	-0,2924	0,0249	7,29	-5,14
	Dec	181	0,0231	0,0012	0,25	-0,27	0,0405	0,0026	0,50	-0,65	0,0477	0,0038	0,72	-0,94	0,0638	0,0062	1,62	-1,45	-0,3870	0,0302	7,31	-5,95
2003	Mar	174	0,0292	0,0012	0,27	-0,25	0,0614	0,0028	0,52	-0,67	0,0723	0,0041	0,75	-1,01	0,0769	0,0067	1,35	-1,55	-0,4261	0,0346	7,32	-5,97
	Jun	171	0,0175	0,0012	0,29	-0,37	0,0357	0,0030	0,47	-0,84	0,0478	0,0045	0,75	-1,20	0,0525	0,0068	1,15	-1,63	0,0004	0,0324	6,95	-5,53
	Sep	171	0,0063	0,0013	0,21	-0,37	0,0114	0,0034	0,61	-0,89	0,0186	0,0050	1,05	-1,35	0,0238	0,0188	12,42	-13,66	0,1168	0,0263	6,44	-5,24
	Dec	176	-0,0001	0,0013	0,24	-0,34	-0,0035	0,0034	0,65	-0,87	0,0008	0,0049	1,01	-1,36	-0,0669	0,0118	1,61	-1,32	0,2908	0,0203	5,89	-5,21

(Continúa en la página siguiente)

		Obs	Euro-Schatz				Euro-Bolb				Euro-Bund				Euro-Buxl®				Futuros DAX®			
			Media (%)	Std	Máx (%)	Mín (%)	Media (%)	Std	Máx (%)	Mín (%)	Media (%)	Std	Máx (%)	Mín (%)	Media (%)	Std	Máx (%)	Mín (%)	Media (%)	Std	Máx (%)	Mín (%)
2004	Mar	174	0,0087	0,0013	0,26	-0,35	-0,0029	0,0033	0,65	-0,90	-0,0063	0,0045	0,89	-1,37	0,3358	0,0092	0,83	-1,41	0,1797	0,0153	3,92	-3,71
	Jun	173	0,0073	0,0012	0,28	-0,38	-0,0010	0,0027	0,65	-0,92	-0,0028	0,0036	0,86	-1,12	-0,3548	0,0084	0,67	-1,09	0,0938	0,0149	3,91	-3,63
	Sep	174	0,0076	0,0011	0,26	-0,39	0,0216	0,0024	0,69	-0,95	0,0289	0,0033	1,01	-1,12	0,4153	0,0083	1,30	-0,69	-0,0345	0,0129	2,53	-3,61
	Dec	179	0,0007	0,0009	0,23	-0,38	0,0098	0,0022	0,50	-0,93	0,0204	0,0030	0,83	-1,13	0,3871	0,0081	0,86	-0,74	0,0712	0,0117	2,56	-3,62
2005	Mar	178	0,0124	0,0008	0,19	-0,19	0,0294	0,0019	0,48	-0,44	0,0486	0,0031	1,23	-0,84	0,1514	0,0116	1,20	-1,88	0,0510	0,0101	2,56	-2,95
	Jun	177	0,0105	0,0007	0,18	-0,19	0,0314	0,0018	0,45	-0,45	0,0568	0,0027	0,57	-0,79	0,5746	0,0097	1,09	-0,95	0,0842	0,0089	2,55	-2,44
	Sep	178	0,0050	0,0007	0,13	-0,18	0,0218	0,0017	0,38	-0,48	0,0383	0,0028	0,60	-0,85	0,0860	0,0109	1,28	-1,62	0,0979	0,0084	1,98	-2,43
	Dec	180	0,0007	0,0007	0,20	-0,21	0,0086	0,0018	0,38	-0,52	0,0236	0,0030	0,62	-0,85	-0,2672	0,0113	0,97	-1,43	0,1329	0,0092	1,98	-2,44
2006	Mar	180	-0,0087	0,0007	0,21	-0,23	-0,0099	0,0019	0,43	-0,56	-0,0038	0,0030	0,66	-0,71	-0,0411	0,0074	1,14	-1,44	0,1678	0,0093	2,13	-2,00
	Jun	178	-0,0099	0,0007	0,21	-0,21	-0,0317	0,0020	0,47	-0,54	-0,0438	0,0030	0,61	-0,73	-0,0758	0,0061	1,14	-1,65	0,1013	0,0109	2,39	-3,45
	Sep	179	-0,0066	0,0007	0,21	-0,17	-0,0148	0,0019	0,43	-0,49	-0,0177	0,0030	0,62	-0,75	-0,0392	0,0060	1,10	-1,68	0,0554	0,0125	2,76	-3,43
	Dec	180	-0,0035	0,0007	0,19	-0,30	-0,0008	0,0018	0,43	-0,47	0,0065	0,0029	0,62	-0,73	0,0107	0,0060	1,09	-1,66	0,0360	0,0120	2,75	-3,44
2007	Mar	179	-0,0025	0,0006	0,19	-0,11	0,0009	0,0017	0,54	-0,30	0,0075	0,0027	0,63	-0,46	0,0247	0,0053	1,10	-0,96	0,1494	0,0099	2,75	-2,91
	Jun	176	-0,0059	0,0006	0,22	-0,09	-0,0099	0,0017	0,89	-0,29	-0,0304	0,0024	0,60	-0,44	-0,0642	0,0050	1,04	-1,10	0,2092	0,0093	2,10	-2,91
	Sep	177	-0,0033	0,0007	0,26	-0,27	-0,0164	0,0018	0,51	-0,67	-0,0222	0,0028	0,74	-0,70	-0,0660	0,0059	1,57	-1,47	0,0958	0,0116	2,35	-2,92
	Dec	180	-0,0013	0,0010	0,28	-0,35	-0,0020	0,0021	0,49	-0,44	-0,0106	0,0032	0,75	-0,71	-0,0576	0,0066	1,57	-1,46	0,1071	0,0113	2,51	-2,52
2008	Mar	179	0,0116	0,0015	0,30	-0,91	0,0419	0,0028	0,67	-0,77	0,0525	0,0040	0,90	-0,96	0,0455	0,0077	1,61	-1,87	-0,1622	0,0155	5,54	-7,34
	Jun	171	-0,0079	0,0015	0,32	-0,43	-0,0082	0,0033	0,71	-0,76	-0,0071	0,0045	0,88	-1,11	-0,0221	0,0085	1,61	-1,87	-0,1056	0,0167	5,55	-7,33
	Sep	171	-0,0043	0,0018	0,53	-0,50	-0,0004	0,0036	0,67	-0,80	0,0124	0,0047	0,90	-1,03	0,0091	0,0087	2,10	-1,95	-0,2177	0,0181	5,55	-7,35
	Dec	177	0,0150	0,0018	0,49	-0,61	0,0331	0,0039	0,98	-1,23	0,0371	0,0051	1,47	-1,35	0,0726	0,0110	2,85	-3,44	-0,2918	0,0305	12,08	-8,04
2009	Mar	174	0,0450	0,0018	0,51	-0,61	0,0820	0,0040	0,90	-1,23	0,1020	0,0059	1,45	-1,30	0,0987	0,0128	2,84	-3,43	-0,4741	0,0346	12,05	-8,12
	Jun	171	0,0349	0,0017	0,48	-0,53	0,0472	0,0040	0,90	-0,98	0,0393	0,0064	1,45	-1,16	0,0591	0,0137	2,84	-3,43	-0,2102	0,0367	12,00	-8,17
	Sep	172	0,0065	0,0013	0,23	-0,40	0,0001	0,0035	0,62	-0,98	-0,0093	0,0056	1,43	-1,16	-0,0414	0,0107	2,33	-3,06	0,1241	0,0229	5,82	-5,07
	Dec	177	0,0049	0,0011	0,23	-0,39	0,0060	0,0029	0,59	-0,86	0,0029	0,0045	1,01	-1,19	0,0318	0,0081	2,12	-2,35	0,2332	0,0188	5,84	-5,07
2010	Mar	175	0,0126	0,0010	0,22	-0,58	0,0353	0,0023	0,58	-0,65	0,0386	0,0037	1,03	-0,98	0,0781	0,0066	2,13	-1,59	0,1370	0,0169	8,07	-3,74
	Jun	173	0,0169	0,0014	0,52	-1,09	0,0454	0,0024	0,64	-0,62	0,0616	0,0037	0,81	-1,17	0,1260	0,0072	1,72	-2,93	0,0348	0,0157	4,75	-3,64
	Sep	174	0,0172	0,0008	0,23	-0,16	0,0537	0,0023	0,62	-0,61	0,0899	0,0037	0,91	-1,31	0,2062	0,0077	2,03	-2,95	-0,0099	0,0147	4,75	-3,63
	Dec	178	0,0122	0,0008	0,20	-0,17	0,0233	0,0027	0,65	-0,77	0,0337	0,0043	0,91	-1,19	0,1052	0,0097	2,04	-2,96	0,0809	0,0142	4,70	-3,60
Promedio			0,0063	0,0011	0,31	-0,38	0,0136	0,0026	0,61	-0,71	0,0185	0,0038	0,88	-1,01	0,0494	0,0082	1,85	-2,08	-0,0042	0,0178	4,90	-4,58

CUADRO A5.2
COEFICIENTE DE RIESGO SISTEMÁTICO

Este cuadro muestra, para cada contrato, los resultados de la regresión de la rentabilidad de los futuros Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund y Euro-Buxl® en relación a la del índice DAX®. Las estimaciones se obtienen mediante la resolución de un sistema de ecuaciones aparentemente no relacionadas. $\hat{\beta}_i$ es el coeficiente de riesgo sistemático y $\hat{\alpha}_i$ es el término constante de la regresión. $t(\hat{\beta}_i)$ y $t(\hat{\alpha}_i)$ son los estadísticos para el contraste de significatividad. *, ** y *** indican significatividad al 1%, 2,5% y 5% respectivamente.

		Euro-Schatz				Euro-Bobl			
		$\hat{\alpha}_i$	$t(\hat{\alpha}_i)$	$\hat{\beta}_i$	$t(\hat{\beta}_i)$	$\hat{\alpha}_i$	$t(\hat{\alpha}_i)$	$\hat{\beta}_i$	$t(\hat{\beta}_i)$
2000	Mar	-0,00011	-1,38	0,00489	0,90	-0,00021	-1,52	0,02268	2,27**
	Jun	-0,00008	-1,33	0,00246	0,63	-0,00007	-0,59	0,00448	0,57
	Sep	-0,00002	-0,25	0,00900	2,24***	0,00004	0,36	0,00655	0,95
	Dec	0,00004	0,79	-0,00489	-1,44	0,00014	1,48	-0,01396	-2,12***
2001	Mar	0,00005	0,62	-0,01030	-1,53	0,00012	1,31	-0,02339	-3,54*
	Jun	0,00007	1,65	-0,01909	-6,41*	0,00014	1,67	-0,04116	-7,75*
	Sep	0,00006	1,48	-0,02211	-7,65*	0,00014	1,27	-0,04191	-5,67*
	Dec	0,00007	1,32	-0,02189	-8,07*	0,00001	0,15	-0,04469	-8,49*
2002	Mar	0,00003	0,70	-0,02429	-9,76*	-0,00006	-0,59	-0,05417	-10,34*
	Jun	-0,00002	-0,52	-0,02435	-8,36*	-0,00007	-0,67	-0,05401	-8,80*
	Sep	0,00002	0,31	-0,02552	-10,94*	0,00008	0,82	-0,05477	-12,57*
	Dec	0,00008	2,15***	-0,02447	-16,19*	0,00013	1,65	-0,05466	-17,69*
2003	Mar	0,00012	3,02*	-0,02329	-16,64*	0,00025	3,09*	-0,05484	-19,25*
	Jun	0,00010	2,50**	-0,02467	-16,34*	0,00020	2,02***	-0,06043	-16,91*
	Sep	0,00007	1,57	-0,02468	-12,92*	0,00013	1,19	-0,06592	-13,89*
	Dec	0,00011	2,72*	-0,02665	-11,48*	0,00026	2,46**	-0,06873	-11,92*
2004	Mar	0,00017	3,53*	-0,02724	-7,43*	0,00025	2,20***	-0,06272	-7,16*
	Jun	0,00012	2,47**	-0,02432	-6,49*	0,00015	1,44	-0,05039	-6,03*
	Sep	0,00009	2,00***	-0,01513	-3,65*	0,00024	2,64**	-0,03799	-4,47*
	Dec	0,00003	0,86	-0,01805	-4,60*	0,00015	1,81	-0,04454	-5,16*
2005	Mar	0,00008	2,47**	-0,01617	-3,94*	0,00021	2,68*	-0,04197	-4,43*
	Jun	0,00007	2,25***	-0,01226	-2,93*	0,00022	2,98*	-0,02780	-2,91*
	Sep	0,00001	0,32	-0,00478	-1,22	0,00010	1,42	-0,01068	-1,10
	Dec	0,00000	0,15	-0,00560	-1,54	0,00005	0,78	-0,01332	-1,57
2006	Mar	-0,00002	-0,59	-0,00418	-1,28	0,00005	0,76	-0,01520	-1,81
	Jun	-0,00002	-0,95	-0,00417	-1,54	-0,00008	-1,04	-0,00766	-0,95
	Sep	-0,00004	-1,55	-0,00691	-2,59*	-0,00008	-1,11	-0,02002	-2,86*
	Dec	-0,00005	-1,61	-0,01004	-3,48*	-0,00008	-1,19	-0,02513	-3,59*
2007	Mar	-0,00004	-1,42	-0,00985	-3,48*	-0,00006	-0,89	-0,02140	-2,86*
	Jun	-0,00002	-0,66	-0,01756	-5,49*	0,00001	0,14	-0,04706	-4,66*
	Sep	0,00001	0,26	-0,02955	-10,00*	-0,00004	-0,42	-0,06175	-7,42*
	Dec	0,00000	-0,07	-0,03803	-9,67*	0,00001	0,13	-0,08317	-10,64*
2008	Mar	-0,00002	-0,32	-0,04766	-9,33*	0,00005	0,55	-0,10869	-16,50*
	Jun	-0,00009	-1,72	-0,05207	-13,59*	-0,00012	-1,23	-0,11192	-14,64*
	Sep	-0,00004	-0,55	-0,04398	-9,92*	-0,00004	-0,34	-0,09712	-11,76*
	Dec	0,00002	0,28	-0,03136	-11,68*	0,00005	0,37	-0,06719	-11,52*
2009	Mar	0,00010	1,45	-0,03034	-11,11*	0,00015	1,03	-0,06668	-11,47*
	Jun	0,00016	2,44**	-0,02687	-11,24*	0,00025	1,87	-0,06076	-12,43*
	Sep	0,00011	2,11***	-0,02039	-7,85*	0,00021	1,71	-0,05993	-9,73*
	Dec	0,00009	1,96	-0,02259	-8,23*	0,00017	1,42	-0,06035	-8,51*
2010	Mar	0,00011	2,26***	-0,02691	-7,39*	0,00032	3,39*	-0,07454	-10,71*
	Jun	0,00011	1,36	-0,01946	-3,32*	0,00031	3,20*	-0,07372	-10,31*
	Sep	0,00008	2,38**	-0,02418	-8,01*	0,00028	3,09*	-0,08437	-11,09*
	Dec	0,00008	1,98***	-0,02187	-6,20*	0,00016	1,25	-0,08589	-8,03*

(Continúa en la página siguiente)

Capítulo 5. Premio por Riesgo en Futuros sobre Deuda

		Euro-Bund				Euro-Buxl®			
		$\hat{\alpha}_i$	$t(\hat{\alpha}_i)$	$\hat{\beta}_i$	$t(\hat{\beta}_i)$	$\hat{\alpha}_i$	$t(\hat{\alpha}_i)$	$\hat{\beta}_i$	$t(\hat{\beta}_i)$
2000	Mar	-0,00039	-1,57	0,05814	3,25*	-0,00035	-0,81	0,08609	2,78*
	Jun	-0,00003	-0,17	0,02669	1,98***	0,00021	0,58	0,03065	1,27
	Sep	0,00010	0,60	0,02265	1,97	0,00022	0,69	0,04236	1,95
	Dec	0,00020	1,44	-0,00603	-0,60	0,00022	0,85	0,00966	0,51
2001	Mar	0,00015	1,20	-0,02600	-2,74*	0,00012	0,53	-0,02037	-1,19
	Jun	0,00013	1,18	-0,05375	-7,41*	0,00013	0,64	-0,06302	-4,83*
	Sep	0,00011	0,99	-0,05398	-7,21*	0,00013	0,66	-0,05890	-4,27*
	Dec	-0,00003	-0,20	-0,04766	-6,92*	-0,00003	-0,11	-0,05258	-4,10*
2002	Mar	-0,00018	-1,27	-0,06207	-8,59*	-0,00021	-0,89	-0,07784	-6,29*
	Jun	-0,00011	-0,75	-0,06538	-7,35*	0,00000	-0,01	-0,08572	-5,55*
	Sep	0,00012	0,89	-0,07294	-11,57*	0,00011	0,44	-0,11644	-10,05*
	Dec	0,00013	1,11	-0,07940	-17,27*	0,00019	0,98	-0,11731	-15,04*
2003	Mar	0,00026	2,19***	-0,08127	-19,17*	0,00027	1,37	-0,12222	-17,23*
	Jun	0,00026	1,86	-0,08921	-17,48*	0,00029	1,24	-0,12785	-14,98*
	Sep	0,00015	0,99	-0,09521	-14,24*	0,00031	0,28	-0,14795	-3,06*
	Dec	0,00035	2,38**	-0,09792	-12,03*	0,00038	0,60	-0,11748	-2,77*
2004	Mar	0,00033	2,15***	-0,09331	-7,85*	0,00069	1,29	-0,18406	-2,69*
	Jun	0,00021	1,50	-0,07320	-6,58*	-0,00023	-0,48	-0,08785	-2,51**
	Sep	0,00032	2,55**	-0,05525	-4,65*	0,00073	1,57	-0,06896	-1,42
	Dec	0,00025	2,17***	-0,06112	-5,10*	0,00088	2,03***	-0,13758	-2,66**
2005	Mar	0,00033	2,43**	-0,04389	-2,64*	0,00064	0,98	0,14131	1,31
	Jun	0,00040	3,55*	-0,03584	-2,41***	0,00102	1,84	-0,11975	-1,62
	Sep	0,00020	1,79	-0,00879	-0,57	0,00023	0,37	-0,01376	-0,17
	Dec	0,00015	1,33	-0,02158	-1,53	0,00018	0,30	-0,05777	-0,89
2006	Mar	0,00015	1,33	-0,03125	-2,33**	0,00027	0,79	-0,05278	-1,36
	Jun	-0,00005	-0,40	-0,01959	-1,61	0,00002	0,09	-0,01961	-0,77
	Sep	-0,00005	-0,40	-0,02768	-2,44**	-0,00002	-0,11	-0,05086	-2,28**
	Dec	-0,00007	-0,65	-0,03151	-2,84*	-0,00010	-0,45	-0,04852	-2,13***
2007	Mar	-0,00006	-0,60	-0,02910	-2,40**	-0,00009	-0,41	-0,04190	-1,71
	Jun	-0,00008	-0,76	-0,07008	-5,67*	-0,00019	-0,89	-0,12028	-4,65*
	Sep	-0,00001	-0,14	-0,09984	-9,32*	-0,00018	-0,79	-0,16783	-7,37*
	Dec	-0,00002	-0,18	-0,12594	-10,81*	-0,00027	-1,09	-0,21669	-8,75*
2008	Mar	0,00004	0,30	-0,15044	-14,76*	-0,00018	-0,66	-0,23797	-11,44*
	Jun	-0,00012	-0,83	-0,14970	-13,68*	-0,00016	-0,51	-0,20047	-8,48*
	Sep	0,00001	0,05	-0,12960	-11,48*	0,00003	0,09	-0,16338	-6,84*
	Dec	0,00003	0,15	-0,08594	-10,65*	0,00001	0,01	-0,10728	-5,70*
2009	Mar	0,00016	0,75	-0,09132	-10,59*	-0,00021	-0,51	-0,11179	-6,09*
	Jun	0,00023	1,08	-0,08684	-10,93*	0,00010	0,24	-0,11356	-6,61*
	Sep	0,00024	1,17	-0,09272	-9,16*	0,00021	0,49	-0,14299	-6,86*
	Dec	0,00022	1,20	-0,11203	-10,26*	0,00046	1,43	-0,18797	-9,75*
2010	Mar	0,00038	2,62*	-0,11742	-11,02*	0,00075	2,78*	-0,20579	-10,49*
	Jun	0,00045	3,16*	-0,12738	-12,07*	0,00098	3,47*	-0,25374	-12,20*
	Sep	0,00048	3,38*	-0,15196	-12,80*	0,00110	3,58*	-0,29117	-11,39*
	Dec	0,00022	1,09	-0,15952	-9,53*	0,00059	1,35	-0,35278	-9,43*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Basu, P.; Gavin, W. T., 2011. Negative Correlation between Stock and Futures Returns: An Unexploited Hedging Opportunity?. Federal Reserve Bank of St. Louis, **Working Paper 2011-005A**.
- Basu, D.; Miffre, J., 2009. Capturing the Risk Premium of Commodity Futures: The Role of Hedging Pressure. **Working Paper SSRN**.
- Baxter, J.; Conine, T.; Tamarkin, M., 1985. "On Commodity Market Risk Premiums: Additional Evidence. **Journal of Futures Markets**, 5, 121-125.
- Beck, S., 1994. Cointegration and Market Efficiency in Commodities Futures Markets. **Applied Economics**, 26, 249-257
- Bessembinder, H., 1992. Systematic Risk, Hedging Pressure, and Risk Premiums in Futures Markets. **Review of Financial Studies**, 5, 637-667.
- Bessembinder, H., 1993. An Empirical Analysis of Risk Premia in Futures Markets. **Journal of Futures Markets**, 13, 611-630.
- Bessembinder, H.; Chan, K., 1992. Time-Varying Risk Premia and Forecastable Returns in Futures Markets. **Journal of Financial Economics**, 32, 169-193.
- Bilson, J., 1981. The Speculative Efficiency Hypothesis". **Journal of Business**, 54, 435-452.
- Black, F., 1976. The Pricing of Commodity Contracts. **Journal of Financial Economics**, 3, 167-179.
- Black, F.; Jensen, M. C.; Scholes, M., 1972. The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Tests. En Jensen, M. C., (ed.), **Studies in the Theory of Capital Markets**, Praeger Publishers, New York.
- Bodie, Z.; Rosansky, V., 1980. Risk and Return in Commodity Futures. **Financial Analysts Journal**, 36, 27-40.
- Boquist, J. A.; Racette, G. A.; Schlarbaum, G. G., 1975. Duration and Risk Assessment for Bonds and Common Stocks. **Journal of Finance**, 30, 1360-1365.

- Brenner, R.; Kroner, K., 1995. Arbitrage, Cointegration and Testing the Unbiasedness Hypothesis in Financial Markets. ***Journal of Financial and Quantitative Analysis***, 30, 23-42.
- Carter, C. A.; Rausser, G. C.; Schmitz, A., 1983. Efficient Asset Portfolios and the Theory of Normal Backwardation. ***Journal of Political Economy***, 91, 319-331.
- Chang, E., 1985. Returns to Speculators and the Theory of Normal Backwardation. ***Journal of Finance***, 40, 193-208.
- Chang, E. C.; Chen, C.; Chen, S., 1990. Risk and Return In Copper, Platinum and Silver Futures. ***Journal of Futures Markets***, 10, 29-39.
- Chen, A.; Cornett, M. M.; Nabar, P. G., 1993. An Empirical Examination of Interest-Rate Futures Prices. ***Journal of Futures Markets***, 13, 781-797.
- Chow, Y. F., 2001. Arbitrage, Risk Premium, and Cointegration Tests of the Efficiency of Futures Markets. ***Journal of Business, Finance & Accounting***, 28, 693-713.
- Carchano, O.; Pardo, A., 2009. Rolling Over Stock Index Futures Contracts. ***Journal of Futures Markets***, 29, 684-694
- Cootner, P. H., 1960. Returns to Speculators: Telser versus Keynes. ***Journal of Political Economy***, 68, 396-404.
- Copeland, L. S.; Stapleton, R. C., 1993. The Duration and Volatility of Spot and Futures Prices. ***Review of Futures***, 12-32.
- De Roon, F. A.; Nijman, T. E.; Veld, C., 1998. Pricing Term Structure Risk in Futures Markets. ***Journal of Financial and Quantitative Analysis***, 33, 139-157.
- De Roon, F. A.; Nijman, T. E.; Veld, C., 2000. Hedging Pressure Effects in Futures Markets. ***Journal of Finance***, 55, 1437-1456.
- Dusak, D., 1973. Futures Trading and Investor Returns: An Investigation of Commodity Market Risk Premium. ***Journal of Political Economy***, 81, 1387-1406.

- Ehrhardt, M. C.; Jordan, J. V.; Walkling, R. A., 1987. An Application of Arbitrage Pricing Theory to Futures Markets: Tests of Normal Backwardation. ***Journal of Futures Markets***, 7, 21-34.
- Erb, C.; Harvey, C., 2006. The Strategic and Tactical Value of Commodity Futures. ***Financial Analysts Journal***, 62, 69-97.
- Fama, E.; French, K., 1987. Commodity Futures Prices: Some Evidence on Forecast Power, Premiums, and the Theory of Storage. ***Journal of Business***, 60, 55-73.
- Fama, E.; Macbeth, J., 1973. Risk, Return and Equilibrium: Empirical Tests. ***Journal of Political Economy***, 81, 607-636.
- Figlewski, S., 1984. Performance and Basis Risk in Stock Index Futures. ***Journal of Finance***, 39, 657-670.
- Frank, J.; Garcia, P., 2009. Time-Varying Risk Premium: Further Evidence in Agricultural Futures Markets. ***Applied Economics***, 41, 715-725.
- French, K. R., 1986. Detecting Spot Price Forecasts in futures Prices. ***Journal of Business***, 59, 39-54.
- Gorton, G.; Rouwenhorst, K. G., 2006. Facts and Fantasies About Commodity Futures. ***Financial Analysts Journal***, 62, 47-68.
- Gressis, N.; Vlahos, G.; Phillipatos, G. C., 1984. A CAPM-Based Analysis of Stock Index Futures. ***Journal of Portfolio Management***, 10, 47-52.
- Hansen, L., Hodrick, R., 1980. Forward Exchange Rates as Optimal Predictors of Future Spot Rates: An Econometric Analysis. ***Journal of Political Economy***, 88, 829-853.
- Hemler, M.; Longstaff, F., 1991. General Equilibrium Stock Index Futures Prices. ***Journal of Financial and Quantitative Analysis***, 26, 287-308.
- Hess, A. C.; Kamara, A., 2005. Conditional Time-Varying Interest Rate Risk Premium: Evidence from the Treasury Bill Futures Markets. ***Journal of Money, Credit & Banking***, 37, 679-698.

- Hirshleifer, D., 1988. Residual Risk, Trading Costs, and Commodity Futures Risk Premia. ***Review of Financial Studies***, 1, 173-193.
- Hirshleifer, D., 1989. Determinants of Hedging and Risk Premia in Commodity Futures Markets. ***Journal of Financial and Quantitative Analysis***, 24, 313-331.
- Hirshleifer, D., 1990. Hedging Pressure and Futures Price Movements in a General Equilibrium Model. ***Econometrica***, 58, 411-428.
- Hodrick, R. J.; Srivastava, S., 1983. An Investigation of Risk and Return in Forward Foreign Exchange. ***Journal of International Money & Finance***, 3, 5-29.
- Hodrick, R. J.; Srivastava, S., 1987. Foreign Currency Futures. ***Journal of International Economics***, 22, 1-24.
- Hong, H., 2000. A Model of Returns and Trading in Futures Markets. ***Journal of Finance***, 55, 959-988.
- Hsieh, D. A., 1993. Using Non-Linear Methods to Search for Risk Premia in Currency Futures. ***Journal of International Economics***, 35, 113-132.
- Hsu, H.; Wang, J., 2004. Price Expectation and the Pricing of Stock Index Futures. ***Review of Quantitative Finance & Accounting***, 23, 167-184.
- Husmann, S.; Stephan, A., 2007. On Estimating an Asset's Implicit Beta. ***Journal of Futures Markets***, 27, 961-979.
- Inci, A. C.; Lu, B., 2007. Currency Futures-Spot Basis and Risk Premium. ***International Financial Markets, Institutions and Money***, 17, 180-197.
- Junkus, J. C., 1991. Systematic Skewness in Futures Contracts. ***Journal of Futures Markets***, 11, 9-24.
- Kawaller, I. G., Koch, P. D., Koch, T. W., 1987. The Temporal Price Relationship Between S&P 500 Futures and S&P 500 Index. ***Journal of Finance***, 42, 1309-1329.
- Keynes, J. M., 1930. ***A Treatise on Money***. Vol. 2, Macmillan and Company, London.

- Klemkosky, R. C.; Pilotte, E. A., 1992. Time-Varying Term Premia in U.S. Treasury Bills and Bonds. *Journal of Monetary Economics*, 30, 87-106.
- Kho, B. C., 1996. Time Varying risk Premiums, Volatility, and Technical Trading Rule Profits: Evidence from foreign Currency Futures Markets. *Journal of Financial Economics*, 41, 249-290.
- Kocagil, A. E.; Topyan, K., 1997. An Empirical Note on Demand for Speculation and Futures Risk Premium: A Kalman Filter Application. *Review of Financial Economics*, 6, 77-93.
- Kolb, R. W., 1992. Is Normal Backwardation Normal?. *Journal of Futures Markets*, 12, 75-91.
- Kolb, R. W., 1996. The Systematic Risk of Futures Contracts. *Journal of Futures Markets*, 16, 631-654.
- Kobold, K., 1986. *Interest Rate Futures Markets and Capital Market Theory*. Walter de Gruyter, Berlín.
- Levich, R.; Thomas, L., 1993. The Significance of Technical Trading Rule Profitability in the Foreign Exchange Market: A Bootstrap Approach. *Journal of International Money & Finance*, 12, 451-474.
- Lintner, J., 1965. The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *Review of Economics and Statistics*, 47, 13-37.
- Litzemberger, R.; Ramaswamy, K., 1979. The Effect of Personal Taxes and Dividends on Capital Asset Proces: Theory and Empirical Evidence. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 6, 1173-1195.
- Ma, C. K.; Mercer, J. M.; Walker, M. A., 1992. Rolling Over Futures Contracts: A Note. *Journal of Futures Markets*, 12, 203-217
- Marcus, A. J., 1984. Efficient Asset Portfolios and the Theory of Normal Backwardation: A Comment. *Journal of Political Economy*, 92, 162-164.
- Markowitz, H., 1952. Portfolio Selection. *Journal of Finance*, 7, 77-91.

- McCurdy, T. H.; Morgan, I., 1991. Tests for a Systematic Risk Component in Deviations from Uncovered Interest Rate Parity. ***Review of Economic Studies***, 58, 587-602.
- McCurdy, T. H.; Morgan, I., 1992^a. Single Beta Models and Foreign Currency Futures Prices. ***Economic Record***, 68, 117-129.
- McCurdy, T. H.; Morgan, I., 1992^b. Evidence of Risk Premiums in Foreign Currency Futures Markets. ***Review of Financial Studies***, 5, 65-83.
- Miffre, J., 2000. Normal Backwardation is Normal. ***Journal of Futures Markets***, 20, 803-821.
- Miffre, J., 2001. Efficiency in the Pricing of the FTSE 100 Futures Contract. ***European Financial Management***, 7, 9-22.
- Miffre, J., 2003. The Cross Section of Expected Futures Returns and the Keynesian Hypothesis. ***Applied Financial Economics***, 13, 731-739.
- Miffre, J.; Priestley, R., 2000. Sources of Systematic Risk in Futures and Spot Markets: A Study of Market Integration. ***Journal of Business, Finance & Accounting***, 27, 933-952.
- Mossin, J., 1966. Equilibrium in a Capital Asset Market. ***Econometrica***, 34, 768-783.
- Park, H. Y.; Wei, K. C. J.; Frecka, T. J., 1988. A Further Investigation of the Risk-Return Relation for Commodity Futures. En Fabozzi, F. J. (Ed.), ***Advances in Futures and Options Research***, 3, 357-377.
- Raynauld, J.; Tessier, J., 1984. Risk Premiums in Futures Markets: An Empirical Investigation. ***Journal of Futures Markets***, 4, 189-211.
- Roongsangmanoon, C.; Chen, A. H.; Kang, J.; Lien, D., 2009. Hedging Pressure and Delivery Risk Explanations of Futures Risk Premia. ***Research in Finance***, 25, 303-331.
- Rzepczynski, M. S., 1987. Risk Premiums in Financial Futures Markets, : the Case of Treasury Bond Futures. ***Journal of Futures Markets***, 7, 653-662.

- Shanken, J., 1985. Multivariate Tests of the Zero-Beta CAPM. ***Journal of Financial Economics***, 14, 327-348.
- Sharpe, W. F., 1964. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under conditions of Risk. ***Journal of Finance***, 19, 425-442.
- Staikouras, S. K., 2004. The Information Content of Interest Rate Futures and Time-Varying Risk Premia. ***Applied Financial Economics***, 761-771.
- Wang, C., 2004. Futures Trading Activity and Predictable Foreign Exchange Market Movements. ***Journal of Banking & Finance***, 28, 1023-1041.
- White, H., 1980. A Heteroscedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroscedasticity. ***Econometrica***, 48, 817-838
- Yadav, P. K.; Pope, P. F., 1994. Stock Index Futures Mispricing: Profit opportunities or risk premia?. ***Journal of Banking & Finance***, 18, 921-953.



CONCLUSIONES

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Esta Tesis Doctoral se ha centrado en aspectos específicos del precio en futuros Euro-Schatz, Euro-Bobl, Euro-Bund y Euro-Buxl® que se negocian en el Eurex. En particular, en el análisis del *efecto maduración* y del premio por riesgo.

Samuelson (1965) pronostica que a medida que se aproxima la maduración de un contrato de futuros, se registrará un incremento de la volatilidad del precio. La idea subyacente se encuentra en el efecto que tiene sobre el precio la nueva información que llega al mercado, siendo éste más importante si el vencimiento está cercano. Este comportamiento temporal de la volatilidad del precio de futuros, denominado *efecto maduración*, afecta al margen de seguridad que fija la Cámara de Compensación, a los resultados de los inversores que buscan en los mercados de futuros un instrumento de cobertura de posiciones, a la actividad de los especuladores y a la valoración de opciones sobre futuros.

Con la finalidad de analizar esta característica en los contratos sobre títulos de deuda del Eurex, se han utilizado dos metodologías. En primer lugar, se ha contrastado la relación entre volatilidad del precio y tiempo hasta la maduración con un test no paramétrico, en particular con el coeficiente de correlación de rangos de Spearman; posteriormente se han estimado los coeficientes de la regresión lineal de la relación objeto de estudio. En ambos casos se han considerado los contratos de forma individual, no enlazando las series de precios de liquidación, lo que ha permitido comprobar si los contratos con el mismo subyacente muestran el mismo patrón temporal en la volatilidad del precio.

Independientemente de la metodología utilizada, los resultados muestran evidencia débil acerca de la relevancia de esta característica en la volatilidad del precio de futuros. En aproximadamente un 15% de los contratos sobre deuda que han vencido en el período 2000-2010 se observa el *efecto maduración* indicado por la Hipótesis de Samuelson. Por el contrario, un número mayor de contratos, en particular el 24%, muestran la relación contraria, esto es, la volatilidad se reduce a medida que disminuye el tiempo restante hasta el vencimiento, por lo que se observa un *efecto maduración inverso*. Obviamente en el resto de contratos no se observa ninguna correspondencia entre volatilidad y tiempo hasta la maduración.

En resumen, en el 40% de los contratos la volatilidad del precio muestra un *efecto maduración* o un *efecto maduración inverso*. No obstante, obtener estos resultados a posteriori tiene escasa relevancia, a menos que de ellos se infiera alguna característica para poder predecir la evolución de la volatilidad del precio teniendo en cuenta, como se ha indicado anteriormente, sus efectos sobre el margen de seguridad, composición de carteras de cobertura, actividad de los especuladores y la valoración de opciones sobre futuros.

La *hipótesis de covarianza negativa* de Bessembinder, Coughenour, Seguin y Smeller (1996), pronostica que el *efecto maduración* se observará en contratos en los que la relación entre el precio de contado del subyacente y el coste neto de mantenerlo sea negativa, por lo que indican que la volatilidad del precio en los futuros financieros no debería incrementarse conforme se aproximase el vencimiento del contrato.

A la luz de los resultados obtenidos en esta Tesis, así como en otros trabajos, no parece que sea ésta la característica que permita predecir si la volatilidad del precio en un determinado contrato aumentará, o no, conforme se aproxime la maduración. En el mejor de los casos, la *hipótesis de covarianza negativa* de Bessembinder et al. (1996) puede ser válida para algunos contratos pero no para los futuros sobre deuda; no obstante, una cuestión a tener en cuenta es que esta *hipótesis* la analizan enlazando series de precios, por lo que no es posible justificar por qué contratos con las mismas características y que sólo difieren en la fecha de vencimiento, muestran en determinados periodos un *efecto maduración* pero no en otros, como se ha obtenido en esta Tesis Doctoral.

Por ello, los resultados obtenidos en el Capítulo 4 son un punto de partida para investigaciones posteriores, en las que debería responderse a la cuestión formulada anteriormente, o bien, que permitieran discernir qué características o condiciones subyacen en los incrementos o reducciones de la volatilidad del precio a medida que se aproxima el vencimiento del contrato.

El estudio del premio por riesgo del Capítulo 5, toma como punto de partida la idea desarrollada inicialmente por Keynes (1930) acerca de que los mercados de futuros permiten transferir el riesgo a cambio de una retribución que se refleja en el cambio esperado del precio durante

la vida del contrato. Desde el punto de vista de Keynes, el mercado retribuiría el riesgo total.

Dusak (1973) formula el premio por riesgo en el contexto del CAPM, sobre la base de que no se debe retribuir la variabilidad total del precio, sino sólo aquella parte que está sistemáticamente relacionada con la riqueza total, aproximada por un índice del mercado, y que no se puede eliminar mediante la diversificación.

Con antelación a la contrastación empírica acerca de la existencia de premio por riesgo en futuros, y teniendo en cuenta que para tomar una posición no es necesario realizar inversión, se ha adaptado la expresión del CAPM, obteniendo que la rentabilidad esperada de un contrato de futuros es exactamente igual al premio por el riesgo sistemático.

La realización de la prueba empírica del premio por riesgo en el contexto del CAPM, requiere de un proceso en dos etapas. En la primera se han estimado los coeficientes de riesgo sistemático, y en la segunda los parámetros de la línea empírica del mercado al objeto de verificar si la relación entre rentabilidad y riesgo sistemático es lineal y positiva. De nuevo se han considerado los contratos de forma individual, sin enlazar series de precios, con la finalidad de analizar si contratos equivalentes que sólo difieren en la fecha de vencimiento tienen, o no, el mismo nivel de riesgo sistemático.

En la primera etapa, mediante la resolución de un *sistema de ecuaciones aparentemente no relacionadas*, que es una técnica de estimación adecuada cuando la tasa de rentabilidad muestra correlación contemporánea, tal y como se ha comprobado previamente, se han obtenido los coeficientes de riesgo sistemático de todos los contratos, obteniendo que son negativos, a excepción de los contratos que han vencido en el año 2000. En definitiva, los inversores han tomado posiciones largas en futuros sobre deuda del Eurex porque constituyen un instrumento de protección para sus carteras de inversión. No obstante el coeficiente de determinación, que indica la parte de la rentabilidad del contrato que se explica por su relación con el mercado, es reducido, y ello induce a pensar en la existencia de factores adicionales explicativos de la rentabilidad de los contratos de futuros, posiblemente la presión que sobre la demanda, y por tanto sobre el

precio, ejercen los operadores para tomar posiciones con fines de cobertura.

A continuación se han estimado los parámetros de la línea empírica del mercado. El resultado no es consistente con el CAPM cuando se analiza el período completo, por lo que se ha dividido en tres subperíodos: 2000-2005, 2006-2007 y 2008-2010.

En los dos extremos se obtiene evidencia en contra del CAPM; es decir, la relación entre rentabilidad y riesgo sistemático es negativa, lo que denota que los inversores son penalizados por soportar cotas mayores de riesgo, en lugar de ser compensados tal y como postula el modelo de valoración de activos en el equilibrio del mercado

En el período intermedio, esto es, en los contratos que vencen en los años 2006 y 2007, sí que se verifican las conclusiones del CAPM: relación lineal y positiva, la pendiente de la línea empírica es igual al premio por riesgo del mercado y el intercepto es nulo, indicando que sólo se obtiene remuneración por el riesgo sistemático.

Para terminar se ha analizado la robustez de resultados en función de la aproximación utilizada para la cartera de mercado y enlazando series de precios. Las conclusiones son las mismas que las indicadas anteriormente.

Tomando como referencia estos resultados cabría plantearse si la inconsistencia del CAPM, para explicar el premio por riesgo en mercados de futuros durante los dos subperíodos extremos, es una consecuencia de que este modelo de valoración en el equilibrio del mercado no es válido para analizar el premio por riesgo en contratos de futuros, o por el contrario sí que lo que es, aunque es necesario contemplar la posibilidad acerca de que otros factores, como la presión por la cobertura, puedan influenciar en el premio por riesgo.