

# Descubrimiento de precios entre mercados de opciones y contado. El caso del Ibex-35\*

Pilar Corredor Casado  
Rafael Santamaría Aquilué  
Departamento de Gestión de Empresas  
Universidad Pública de Navarra

## Resumen

*El presente artículo estudia la relación de lead-lag entre el mercado de opciones y el mercado de contado en el entorno español durante el año 1997. Los resultados obtenidos revelan que el mercado de contado lidera al mercado de opciones, excepto en el periodo de crisis relacionado con la crisis asiática contenido en el periodo muestral. Probablemente, la utilización de sistemas de contratación distintos favorece este resultado. La diferencia observada en el periodo de crisis puede obedecer al considerable aumento de información en ese periodo y a la mejora de la liquidez global de ambos mercados.*

**Palabras clave:** relaciones lead-lag, mercado de opciones, cointegración

**Clasificación JEL:** G13, G14.

## Abstract

*This study investigates the lead-lag relationships between option and index markets for the Spanish market during 1997. The results indicate that price changes in the underlying market lead the option market with the exception of the crisis (Asian crisis) that took place in the stock markets around the world. Probably, differences on trading platforms may have an influence on the results. The evidence obtained during the Asian crisis could be explained by the important increase in the information flow and the improvement on global liquidity.*

**Keywords:** lead-lag relationships, option market, cointegration

**JEL Classification:** G13, G14.

## 1. Introducción

En presencia de mercados informacionalmente eficientes y sin fricciones, el descubrimiento de precios debería ser instantáneo y contemporáneo entre los distintos mercados de contado y de derivados. Sin embargo, las divergencias entre este tipo de mercados hipotéticos y los mercados reales permiten observar desviaciones más o menos significativas de dicha predicción. En particular, la existencia de fricciones y no simultaneidad de la información, conjuntamente con las características rentabilidad-riesgo de los activos, pueden explicar descubrimientos de precios no simultáneos, provocando procesos predecibles de transmisión de información entre mercados, aunque no necesariamente aprovechables.

Entre los factores que se han barajado para explicar este fenómeno caben destacar, entre otros, las diferencias de liquidez, los distintos requerimientos de márgenes, los distintos tamaños de inversión, los diferentes costes de transacción de cada mercado, los motivos fiscales e institucionales o los distintos grados de transparencia de los mercados. Los inversores que intenten maximizar la utilidad con su información privada considerarán estos factores y, en función de ellos, seleccionarán el mercado en el que actuar, lo que puede producir

---

\* Los autores desean agradecer el apoyo financiero recibido del Ministerio de Ciencia y Tecnología y de los fondos FEDER (SEC 2003-07808-C03).

el *lead-lag* entre mercados. Esta circunstancia conduce a que no resulte sencillo, a priori, determinar el sentido de esta relación, ya que algunos de estos factores siguen direcciones opuestas según el mercado concreto analizado.

El objetivo del presente trabajo es el estudio de la relación *lead-lag* en el entorno español. El análisis se efectúa entre el mercado de opciones sobre el Ibex-35 y el mercado de contado. La principal contribución del trabajo radica en su novedad en el mercado español, puesto que hasta el momento no se habían estudiado este tipo de relaciones con el mercado de opciones en dicho mercado. Por otro lado, la mayoría de trabajos se centran en el mercado americano, el cual posee características claramente diferentes a las del mercado español. Este aspecto permite que el trabajo pueda aportar resultados interesantes fuera del ámbito doméstico ya que las peculiaridades de mercados más pequeños, como es el español, pueden tener un papel no despreciable en estas relaciones.

El resto del artículo se organiza de la siguiente forma: el apartado segundo presenta brevemente la evidencia empírica previa sobre la materia, el apartado tercero explica la dirección de algunos factores determinantes en la relación *lead-lag*, el apartado cuarto describe los datos utilizados, el apartado quinto presenta la metodología y los resultados obtenidos y finalmente el apartado sexto recoge las principales conclusiones que se pueden extraer del trabajo.

## 2. Evidencia empírica previa

La preocupación por la relación *lead-lag* entre los movimientos de precios de los derivados y sus subyacentes comienza en la década de los ochenta, aunque es sin duda en los noventa cuando se desarrolla en mayor medida. Dentro de estos estudios, las relaciones entre futuros y contado han sido más analizadas que las relaciones entre opciones y subyacente. Es por ello que en esta revisión de trabajos nos vamos a centrar en aquellos que tienen referencia al objetivo del trabajo, es decir, aquellos que analizan las opciones y el contado.

Paralelamente a lo que ocurre con otras cuestiones, la evidencia empírica es bastante más amplia en mercados financieros maduros como los americanos que en otro tipo de mercados. Así, para el mercado americano, el primer trabajo que aborda esta cuestión es el de Manaster y Rendleman (1982) que, al igual que Battacharya (1987) y Finucane (1991), concluyen que los precios de las opciones contienen información sobre los precios de los subyacentes argumentando razones de inferioridad de costes de transacción y superioridad en la velocidad de ejecución en los mercados derivados frente a los mercados de contado.

Por el contrario, Stephan y Whaley (1990) observan como los cambios de precios de las acciones lideran a los que se producen en el mercado de las opciones, resultados que, como confirman Chan *et al.* (1993), se pueden deber al uso de precios de transacción. Sheikh y Ronn (1994), Fleming *et al.* (1996) y Varson y Selby (1997), obtienen resultados menos concluyentes. Los primeros detectan que los derivados lideran al contado cuando éste es un índice, aunque cuando se estudian acciones individuales este liderazgo no se mantiene. Los segundos encuentran patrones de comportamiento bastante similares entre opciones y subyacentes. Los últimos se centran en estudiar la relación *lead-lag* alrededor de las noticias que afectan al mercado, encontrando que las opciones van por delante del contado, aunque no se pueden extraer beneficios de ese liderazgo. Finucane (1999), empleando intervalos temporales con amplitud variable, también apoya esta dirección de liderazgo.

El mercado australiano cuenta también con evidencia ambigua. Brown y Shevlin (1993), siguiendo la línea de Manaster y Rendleman (1982), no encuentran evidencia clara de oportunidades aprovechables. Turkington y Walsh (2000), en cambio, obtienen que los precios de contado lideran a los de las opciones.

Fung *et al.* (1997) estudian el mercado de Hong Kong y observan que, aunque existen diferencias apreciables entre derivados y contado, no es posible desarrollar estrategias rentables que aprovechen esas diferencias. También en el mercado de Hong Kong, Chiang y Fong (2001) encuentran que en algún caso el contado lidera a los derivados.

Gendron y Khoury (1994) analizan el mercado de Canadá desde otro punto de vista, estudiando qué mercado lleva más ruido. Estos argumentan que los inversores informados obtendrán más beneficios si emplean su información en mercados más ruidosos. Por el contrario, los inversores desinformados buscarán mercados más eficientes informacionalmente. Sin embargo, esos inversores también pueden entrar en mercados más ruidosos aunque tengan mayor riesgo (por la presencia de inversores informados) porque estos mercados pueden tener costes de transacción inferiores o mayor liquidez. Si esta última posibilidad es su elección harán que el mercado ruidoso sea todavía más ruidoso. En Canadá los mercados de opciones poseen menos costes de transacción y más liquidez por lo que, según estos autores, este mercado será el ruidoso y el que tendrá un mayor error en precios.

En Europa, Puttonen (1993) analiza el mercado de Finlandia y encuentra que los derivados se adelantan al contado. Stucki y Wasserfallen (1994) confirman los resultados de Stephan y Whaley (1990) para el mercado suizo. Baestaens *et al.* (1995), exploran las diferencias en precios en mercados europeos, obteniendo en algunos casos beneficios con el empleo de redes neuronales.

En otra línea de trabajo diferente, Bakshi *et al.* (2000) y Norden (2001) demuestran que las opciones y el contado no se mueven en la misma dirección, por lo que no son activos redundantes y pueden contar con información distinta.

Se observa, por tanto, la existencia de resultados en diferentes direcciones, por lo que no es fácil formular *a priori* la hipótesis sobre el comportamiento del mercado español.

### 3. Factores determinantes de la relación *lead-lag*

Como se ha argumentado en la introducción, en mercados que funcionan eficientemente la relación entre cambios de precios en los mercados de opciones y en los mercados de contado debería ser contemporánea. La propia definición de las opciones como activos redundantes en el mercado apoyaría dicha afirmación, ya que si éstas están valoradas por la ausencia de arbitraje las diferencias entre los mercados solo aparecerían si existiesen ruidos o errores de medida (retrasos al comunicar la información o al introducir las órdenes, entre otros).

Sin embargo, existen diferencias institucionales entre los mercados que hacen que un mercado sea más atractivo para negociar para los inversores informados o que permita que un mercado ejecute las órdenes más rápidamente, lo que puede generar las relaciones *lead-lag* entre precios de distintos mercados.

Una de la principales características de la opciones es su grado de apalancamiento. Black (1975) demostró cómo las opciones proporcionan al inversor un mayor apalanca-

miento que el activo subyacente, por lo que los inversores informados se verán atraídos por ellas por la posibilidad de una posición apalancada indirectamente en el activo a través de la opción con una menor salida de dinero, limitando las pérdidas (al comprar la opción) a la prima de la opción más los costes de transacción y evitando restricciones del mercado. Por ello, teniendo en cuenta exclusivamente el apalancamiento, un inversor informado que actúe frente a nueva información negociará en el mercado de opciones frente al de acciones y elegirá las opciones más fuera del dinero que son aquellas más apalancadas.

John *et al.* (1991) argumentan que si los inversores informados eligen negociar solo en opciones (debido a su mayor apalancamiento) entonces los costes de selección adversa en el mercado de opciones se volverán mayores. Esto debería eliminar algunas de las ventajas de apalancamiento que las opciones podrían tener, forzando a los inversores informados a volver al mercado del activo subyacente. En equilibrio los inversores informados eligen para negociar ambos mercados: opciones y activos subyacentes.

Una razón externa a la negociación por información es la que surge por las transacciones que realizan algunos inversores institucionales que cubren sus posiciones actuando en mercados derivados. Esta negociación no está dirigida por la información por lo que enmascararía cualquier razón precedente de la negociación en función de la información.

Razones ligadas a los costes de transacción son también fundamentales en la aparición de este tipo de relaciones. Si existen diferencias en los costes de transacción de los mercados, el *price discovery* se mostrará en aquél con costes inferiores y este mercado reaccionará más rápidamente a la misma información. Los costes de transacción se componen principalmente de tres elementos: el diferencial *bid-ask*, las comisiones de los brokers y el coste de impacto en el mercado. En mercados dirigidos por precios, el diferencial *bid-ask* aparece como compensación a los creadores de mercado por su disposición a ejecutar inmediatamente las órdenes e irá ligado a la liquidez y profundidad del mercado. Relacionado con estos aspectos surge el coste de impacto del mercado motivado cuando grandes tamaños de transacción mueven los límites del diferencial hacia arriba o hacia abajo. Vijh (1990) relaciona esta parte de los costes inversamente con la profundidad y la liquidez del mercado. La unión a estos dos factores de las comisiones o tasas que cobran los brokers formarán la suma de los costes de transacción que se tendrán en cuenta para negociar en un mercado u otro.

Un factor determinante de las relaciones *lead-lag* es la liquidez del mercado que, como se acaba de comentar, se encuentra también unido a los costes de transacción en el mercado. Los inversores tenderán a negociar en mercados más profundos y más líquidos. En este sentido, hay trabajos que muestran cómo el descubrimiento de precios depende del tamaño o de la actividad de negociación del mercado. En general, el mercado de opciones puede ser más líquido que el de contado, especialmente si la comparación se realiza sobre un índice, ya que el operar con un índice involucra un conjunto de transacciones sobre activos individuales induciendo mayores dificultades de negociación que actuar en una opción sobre el índice.

Los mecanismos de negociación del mercado también pueden ser un factor que afecte a la relación *lead-lag*, como argumentan Turkington y Walsh (2000). Por un lado, los mercados con sistemas de contratación electrónicos parece que procesan la información más rápidamente, reducen costes de transacción y la información es, por tanto, más reciente. Sin embargo, en éstos no se observa la identidad y las actuaciones de los inversores, lo que los hace más opacos que los mercados *floor*. Los inversores informados pueden tender a elegir estos mercados más opacos desalentando a inversores no informados. En consecuencia, el

impacto de los sistemas electrónicos sobre la liquidez no es claro por los efectos opuestos en la asimetría de la información, la velocidad y los costes de transacción.

Por otro lado, existen participantes institucionales que tienen prohibido negociar en el mercado de opciones. Por ejemplo, algunos fondos de pensiones o fundaciones, debido a sus propias reglas, pueden tener limitada la negociación con derivados pudiendo negociar solamente en el mercado de contado propiciando que los precios de este mercado vayan por delante. A favor del mercado de contado también están los derechos de voto que van asociados a las acciones y que no están presentes en las opciones o futuros. Si estos derechos tienen valor los inversores preferirán las acciones sobre los derivados. Adicionalmente, Cornell y French (1983), sugieren motivos fiscales para preferir negociar con las acciones frente a los derivados.

La conjunción de todos estos aspectos citados hace difícil aventurar qué mercado va a liderar o si la unión de estos efectos se va a compensar produciendo simultaneidad en el procesamiento de la información.

#### **4. Base de datos**

El Ibex-35 es un índice ponderado por capitalización y es el índice de referencia utilizado habitualmente por la bolsa española. Los 35 activos que lo componen son los activos más líquidos negociados en el mercado español. Estos activos durante el periodo muestral analizado (año 1997) se negocian en el mercado continuo de lunes a viernes desde las 10:00 horas hasta las 17:00 horas. El sistema de negociación en este mercado es un sistema electrónico dirigido por órdenes.

Los mercados de derivados sobre renta variable se introdujeron en España el 14 de enero de 1992 con el inicio de la negociación del futuro y de la opción sobre el Ibex-35. Posteriormente se fueron incluyendo otros contratos como opciones y futuros sobre activos individuales. El tamaño del contrato de la opción sobre el Ibex-35 durante 1997 está basado en que el multiplicador del contrato de la opción es 1000 veces el valor del índice. El mercado en el que se negocian estos derivados es MEFF Renta Variable, mercado oficial de futuros y opciones en España. La negociación al igual que en el caso del Ibex-35 se realiza de lunes a viernes y el horario de negociación es de 10:00 a 17:00 horas coincidiendo, por tanto, con el horario de contratación del contado. En este periodo analizado el sistema de contratación es telefónico.

La opción sobre el Ibex-35 es europea con vencimiento el tercer viernes de cada mes. El calendario de negociación está compuesto por los tres meses consecutivos más cercanos y los otros tres del ciclo marzo-junio-septiembre-diciembre. La negociación de esos contratos tiene lugar hasta la fecha de vencimiento incluida ésta y la liquidación del contrato se realiza por diferencias.

Nuestros datos proceden de dos fuentes distintas. Los datos del Ibex-35 fueron proporcionados por la Sociedad de Bolsas. El conjunto de datos comprende precios del índice cada 15 minutos, desde el 1 de enero a 31 de diciembre de 1997. Elegir la frecuencia de la observación de los precios es una cuestión importante ya que si el intervalo es demasiado corto y la frecuencia de negociación es baja, habrá muchos cambios de precios que serán cero, lo que inducirá a problemas de error entre las variables. Por otro lado, si el intervalo es dema-

siado amplio es probable que no se pueda determinar con precisión la estructura *lead-lag* concreta. En nuestro mercado hemos considerado 15 minutos como una amplitud adecuada para cubrir estos aspectos. Por tanto, cada día de negociación engloba 29 precios comenzando a las 10:00, cada 15 minutos hasta las 17:00.

Los datos de la opción sobre el Ibex-35 fueron facilitados por MIS de MEFF Renta Variable. Este conjunto de datos comprende los registros de todas las transacciones realizadas en cada día de negociación. De todos los datos se ha hecho una selección previa considerando opciones call del primer vencimiento y cuyo grado en dinero fuese *at the money* (0,99-1,01). Adicionalmente, se han eliminado las transacciones de opciones que incumplían los límites de arbitraje y opciones con prima o volatilidad implícita con valor cero.

Sobre este conjunto de datos se toma en cada cuarto de hora la transacción más cercana al final de dicho intervalo. También, como en el caso del índice, se excluyen los precios de las 10:00 para evitar problemas de sesgos por precios de intervalos de distinta amplitud.

La Tabla 1 recoge datos de la frecuencia de negociación de las opciones. Atendiendo a nuestros datos, aproximadamente el 56 por 100 de los intervalos considerados tiene alguna transacción con opciones. Si este dato se observa uniendo los intervalos de cuartos de hora en tres grupos, se puede observar que tanto en el inicio como en el final del día la negociación es más activa, existiendo alguna transacción aproximadamente en el 60 por 100 de los intervalos. La ausencia de transacciones en algunos intervalos de la opción ha supuesto eliminar dicho intervalo por lo que finalmente el número de observaciones es de 3.859. En el caso del Ibex-35 no disponemos de la información necesaria para ofrecer datos sobre la frecuencia de negociación de los activos que lo componen.

**TABLA 1**  
**FRECUENCIAS DE NEGOCIACIÓN DE LAS OPCIONES SOBRE IBEX-35.**  
**PERIODO ENERO A DICIEMBRE DE 1997**

|                                                         | %     | N.º observaciones |
|---------------------------------------------------------|-------|-------------------|
| Porcentaje de intervalos de 15' que tienen negociación. | 55,57 | 3.859             |
| <i>Negociación por intervalos</i>                       |       |                   |
| Primeros 9 intervalos (mañana) De 10:15 a 12:15         | 61,11 | 1.364             |
| Segundos 9 intervalos (mediodía) De 12:30 a 14:30       | 45,16 | 1.008             |
| Terceros 10 intervalos (tarde) De 14:45 a 17:00         | 59,95 | 1.487             |

FUENTE: Elaboración propia con datos de la Sociedad de Bolsas y MEFF.

## 5. Metodología y resultados

El objetivo del trabajo consiste en examinar la relación *lead-lag* entre el mercado de opciones y el del Ibex-35 así como la estructura causal de unión entre ellos. Por ello, se extraen los precios implícitos en las opciones y esos cambios de precios se comparan con los cambios de precios de contado para identificar si existe liderazgo de precios en el mercado.

La metodología consiste en dos fases. La primera, se basa en inferir los precios implícitos del índice dados los precios de las opciones. La segunda, es el examen de la relación *lead-lag* propiamente dicha.

### 5.1. Precios implícitos

El valor de una opción *call* ( $C$ ) se puede expresar como una función del precio del activo subyacente ( $S$ ):  $C = f(S)$ . Esta expresión puede ser reescrita expresando el precio del subyacente como función del precio de la *call*:  $S = f^{-1}(C)$ .

En nuestro caso concreto, el modelo de valoración de opciones empleado va a ser Black-Scholes (en adelante B-S). El procedimiento para obtener el precio implícito desde la prima de la opción consiste en invertir el modelo en cada transacción y buscar el nivel del índice que iguala el valor teórico de la opción con su precio de mercado observado. Este procedimiento requiere una serie de *inputs* relacionados con el modelo empleado, precio de ejercicio, prima, tiempo hasta el vencimiento y tipo de interés que son conocidos en cada momento directamente. Sin embargo, el modelo necesita también de otro *input* que es inobservable y que es la volatilidad.

La elección del parámetro volatilidad no se encuentra exenta de problemas. En este trabajo se ha optado por utilizar la volatilidad implícita calculada en el intervalo anterior al que se está calculando el precio implícito, utilizando también el modelo B-S. La elección del modelo atiende a que la opción es europea y es el modelo más utilizado en el mercado. Además, Stephan y Whaley (1990), argumentan que la elección del modelo no es crucial en el estudio de esta relación siempre y cuando se utilice el mismo modelo para obtener la volatilidad implícita y para obtener el precio implícito. Si se emplea la misma función, afirman que los precios implícitos son estimadores precisos de los precios reales.

Algunos trabajos previos han optado por otras alternativas en cuanto a la determinación de la volatilidad implícita. Las dos más extendidas son el uso de la volatilidad implícita media del día anterior y la estimación conjunta de la volatilidad implícita y del precio implícito.

Tomar la volatilidad implícita media del día anterior posee algunos problemas que, si bien no son excesivamente importantes, podrían introducir algún ruido. Los principales problemas que se presentan con la volatilidad implícita del día anterior se relacionan con la estacionalidad diaria y la estacionalidad horaria. Stephan y Whaley (1990), comentan que dichos sesgos tendrán un efecto impredecible por lo que su influencia en el precio no será determinante. Sin embargo, nosotros hemos intentado reducir al máximo, dentro de las posibilidades del mercado, dichos sesgos.

Por otro lado, Varsons y Selby (1997), se oponen al uso de la volatilidad del día anterior por los sesgos que pueden aparecer y argumentan a favor de la estimación conjunta del precio y la volatilidad. Intentar implantar la estimación conjunta de volatilidad y precios implícitos en el mercado supone contar en cada intervalo de 15 minutos con un conjunto de transacciones amplio, hecho que en el mercado español no se cumple en numerosas ocasiones, por lo que el número de intervalos en los que no se podría realizar la estimación sería demasiado amplio y se reducirían los emparejamientos reales para la relación. En consecuencia, en el presente trabajo hemos elegido una solución de compromiso que trata de reducir los sesgos derivados de la estacionalidad y las disponibilidades informativas.

La Tabla 2 recoge los principales descriptivos de los precios del Ibex-35 y los precios implícitos en la opción calculados como se ha descrito previamente. Se observa que el valor medio y la mediana son más altos en los datos del Ibex-35 que en los que proceden de la opción. También el dato relativo a la desviación típica es ligeramente más elevado en el Ibex-35. Por otro lado, el valor máximo es más alto en el Ibex-35 y, sin embargo, el valor mínimo es más extremo en los datos de la opción que en los del Ibex-35. Finalmente, comentar que la simetría y la curtosis muestran un comportamiento similar en ambos mercados.

**TABLA 2**  
**ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LOS PRECIOS**  
**DEL IBEX-35 DE CONTADO Y DE SU OPCIÓN**

|                   | 1997     |          |
|-------------------|----------|----------|
|                   | Ibex-35  | Opción   |
| Media             | 6.351,92 | 6.348,23 |
| Mediana           | 6.588,99 | 6.580,84 |
| Máximo            | 7.360,24 | 7.351,80 |
| Mínimo            | 5.018,55 | 4.998,47 |
| Desviación típica | 678,15   | 677,66   |
| Simetría          | -0,38    | -0,38    |
| Curtosis          | 1,66     | 1,66     |
| N.º observaciones | 3.859    | 3.859    |

FUENTE: Elaboración propia con datos de la Sociedad de Bolsas y MEFF.

Adicionalmente se realiza una comparación descriptiva de los precios implícitos y los observados en el Ibex-35. Para ello se calcula la siguiente variable denominada error relativo entre el precio implícito ( $S^*$ ) y el observado en el Ibex-35( $S$ ):

$$\Delta_t = \frac{S_t^* - S_t}{S_t}$$

La Tabla 3 proporciona una distribución de frecuencias de este error. Si se observasen muchas diferencias entre ambos precios se dispondría de una señal de potenciales oportunidades de arbitraje. Sin embargo, como dato relevante se puede decir que más del 95 por 100 de los precios implícitos se encuentran a un 1 por 100 de los precios del Ibex-35. Aunque las diferencias no son muy grandes, el 52 por 100 de ellas son negativas y el 48 por 100 son positivas, lo cual unido a los descriptivos iniciales de los precios parece estar señalizando una infravaloración de los precios de las opciones con respecto al precio observado en el Ibex-35.

**TABLA 3**  
**DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL**  
**ERROR RELATIVO EN PRECIOS**

| Intervalo | 1997              |       |
|-----------|-------------------|-------|
|           | N.º observaciones | %     |
| [-3,-2]   | 1                 | 0,03  |
| [-2,-1]   | 88                | 2,28  |
| [-1,0]    | 1.918             | 49,70 |
| [0,1]     | 1.840             | 47,68 |
| [1,2]     | 12                | 0,31  |
| Total     | 3.859             | 100   |

NOTA: Los valores del error se expresan multiplicados por 100.

FUENTE: Elaboración propia con datos de la Sociedad de Bolsas y MEFF.

### 5.2. Modelo propuesto

En esta parte, la metodología que se emplea es la estimación de un modelo VAR. La especificación de este modelo pasa inicialmente por estudiar individualmente el orden de integración de las series de precios que se incluyen en el modelo: precios del Ibex-35 y precios implícitos en las opciones sobre el Ibex-35 y, posteriormente, determinar su posible cointegración. Este paso previo ayudará a especificar correctamente el modelo VAR.

Para conocer si las series son estacionarias o no, se utiliza el contraste de ADF (cuya hipótesis nula es la presencia de raíz unitaria en las series). Los valores del contraste se muestran en la Tabla 4. Ambas series son I(1), lo cual nos permite contrastar si están cointegradas.

Los datos relativos al contraste de cointegración se encuentran también recogidos en la Tabla 4. En este caso el contraste que se ha llevado a cabo es el de Johansen, mostrando los resultados de los contrastes de la traza y del autovalor máximo. El número apropiado de retardos para este contraste se ha determinado en 15, de acuerdo con el contraste de exclusión de retardos de Wald. Observando los resultados de ambos contrastes, se rechaza la ausencia de relaciones de cointegración y, por tanto, se está a favor de que existe al menos una relación de cointegración. Esta circunstancia, al ser dos variables, permite concluir que

**TABLA 4**  
**CONTRASTES DE RAÍZ UNITARIA Y DE COINTEGRACIÓN**

| Contraste ADF en niveles               |         |                      |
|----------------------------------------|---------|----------------------|
| Ibex-35                                | -1,45   |                      |
| Opción                                 | -1,63   |                      |
| Contraste ADF en primeras diferencias  |         |                      |
| Ibex-35                                | -27,62* |                      |
| Opción                                 | -94,04* |                      |
| Contraste de Cointegración de Johansen |         |                      |
| Estadístico                            |         | N.º rel. Coint. (p). |
| $\lambda$ Traza                        | 54,68*  | p = 0                |
|                                        | 2,11    | P < = 1              |
| $\lambda$ Max. autovalor               | 52,57*  | p = 0                |
|                                        | 2,10    | P < = 1              |

**NOTAS:**

El estadístico de Dickey-Fuller aumentado (ADF), bajo la hipótesis nula de raíz unitaria, se distribuye como una t.

Los valores críticos utilizados son los expuestos por MacKinnon (1991).

El cuadro también contiene los estadísticos de la ratio de verosimilitud de Johansen: traza y máximo autovalor.

Los valores críticos se recogen en Johansen y Juselius (1990).

El signo (\*) indica rechazo de la hipótesis nula a un nivel de significación del 1 por 100.

FUENTE: Elaboración propia con datos de la Sociedad de Bolsas y MEFF.

existe una única relación de cointegración entre ambas. En consecuencia, se procederá a la estimación del siguiente modelo VEC (VAR con término de corrección de error):

$$\begin{aligned}\Delta S_t &= \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^n \phi_i \Delta O_{t-i} + \delta_1 TCE_{t-1} + \varepsilon_{1t} \\ \Delta O_t &= \alpha_2 + \sum_{i=1}^n \theta_i \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^n \varphi_i \Delta O_{t-i} + \delta_2 TCE_{t-1} + \varepsilon_{2t}\end{aligned}$$

Donde  $S_t$  es el precio del Ibex-35 en el intervalo  $t$  y  $O_t$  es el precio implícito en la opción también en ese intervalo. TCE es el término de corrección del error. El número de retardos que se incluyen se especifica a través de un contraste de razón de verosimilitud, partiendo de un número alto de retardos en el modelo se va reduciendo el número hasta llegar al más adecuado<sup>1</sup>, por lo que los retardos incluidos finalmente en el modelo han sido 14.

Dado que la interpretación del modelo se debe hacer de forma conjunta, el resultado principal para nuestro propósito es el procedente del contraste de causalidad de Granger. En el trabajo se emplea el contraste de pares que utiliza la suma de los residuos al cuadrado en un modelo restringido (se eliminan las variables exógenas que se contrastan) y sin restringir (se incluyen todas las variables) calculando el siguiente estadístico:

$$F = \frac{T(RSS_0 - RSS_1)}{RSS_1}$$

que se distribuye como una  $\chi^2$  con  $p$  grados de libertad (el número de coeficientes restringidos).  $T$  es el tamaño muestral,  $RSS_0$  es la suma de los residuos al cuadrado del modelo restringido y  $RSS_1$  es la suma de los residuos al cuadrado del modelo sin restringir.

Los resultados del contraste de Granger para las series originales se encuentran recogidos en la Tabla 5. Como puede observarse, el descubrimiento de precios entre periodos parece ser simultáneo, ya que ambos mercados se causan mutuamente a un 1 por 100 de nivel de significación. Por tanto, en principio no parece que existan relaciones de *lead-lag* entre los mercados estudiados.

Esta conclusión, sin embargo, puede no ser del todo cierta ya que el resultado podría ocultar la existencia de periodos diferentes. De hecho, los últimos meses de 1997, fueron testigos de las tormentas cambiarias de Asia y de la Crisis Rusa. Esta circunstancia nos abre la posibilidad de analizar si el descubrimiento de precios es similar durante todo el periodo o si, por el contrario, los periodos de crisis alteran el proceso. Con objeto de explorar esta posibilidad, el periodo muestral se ha dividido en tres periodos: el primero que se extiende desde enero a finales de septiembre, el segundo, que incorpora el periodo más intenso de crisis, se extiende de octubre a la segunda quincena de diciembre y el periodo post-crisis, muy reducido, recoge el resto del mes de diciembre. Los resultados relativos al último periodo, debido al menor número de observaciones, habrán de tomarse con cautela.

La Tabla 5 recoge igualmente los valores de los estadísticos del contraste de causalidad de Granger para estos periodos. Como podía anticiparse, los resultados no son coincidentes durante todo el periodo muestral. En el periodo pre-crisis, el mercado de contado se adelan-

<sup>1</sup> Para determinar el número de retardos más apropiado, siguiendo a TURKINGTON y WALSH (2000), se ha utilizado el criterio bayesiano de Schwartz (SBC) en vez del criterio de información de Akaike (AIC) ya que el SBC posee propiedades superiores en muestras grandes.

**TABLA 5**  
**RESULTADOS PARA SERIES ORIGINALES DEL CONTRASTE DE GRANGER**  
**EN LA RELACIÓN CAUSAL ENTRE CAMBIOS DE PRECIOS EN EL IBEX-35**  
**Y EN LA OPCIÓN**

|                                                 | Series originales  |                  |                  |                 |
|-------------------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------|
|                                                 | Año 1997           | Pre-crisis       | Crisis           | Post-crisis     |
| Contraste F: $\Delta S_t$ no causa $\Delta O_t$ | 398,93<br>(0,00)   | 348,56<br>(0,00) | 71,01<br>(0,00)  | 13,74<br>(0,00) |
| Contraste F: $\Delta O_t$ no causa $\Delta S_t$ | 33,41<br>(0,00)    | 8,16<br>(0,88)   | 32,84<br>(0,00)  | 5,13<br>(0,27)  |
| Dirección de la causalidad                      | Feed-back          | Ibex a opción    | Feed-back        | Ibex a opción   |
|                                                 | Series de residuos |                  |                  |                 |
|                                                 |                    | Pre-crisis       | Crisis           | Post-crisis     |
| Contraste F: $\Delta S_t$ no causa $\Delta O_t$ |                    | 1731<br>(0,00)   | 296,95<br>(0,00) | 32,12<br>(0,00) |
| Contraste F: $\Delta O_t$ no causa $\Delta S_t$ |                    | 14,53<br>(0,80)  | 28,10<br>(0,00)  | 3,05<br>(0,21)  |
| Dirección de la causalidad                      |                    | Ibex a opción    | Feed-back        | Ibex a opción   |

**NOTAS:**

Bajo la hipótesis nula de no causalidad, el estadístico se distribuye como una  $\chi_g^2$  ( $g$  = número de coeficientes restringidos).

Entre paréntesis se recoge el nivel de significación asociado a la hipótesis nula (p-valor).

FUENTE: Elaboración propia con datos de la Sociedad de Bolsas y MEFF.

ta al mercado de opciones. En cambio, durante el periodo de crisis no existe un liderazgo entre mercados ya que el descubrimiento es simultáneo. Por último, en el periodo post-crisis se vuelve a observar un descubrimiento de precios adelantado en el mercado de contado. Los resultados de los periodos pre y post crisis parecen indicar mayores ventajas de negociación en el mercado de contado frente al de opciones. Una de las razones que puede ser compatible con dicho resultado es el sistema de contratación empleado durante el periodo muestral (electrónico en el mercado de contado y telefónico en el mercado de opciones)

La utilización de precios de transacción, en lugar de precios medios de la horquilla, puede producir sesgos no despreciables en los resultados. Con objeto de poder paliar este problema algunos autores han utilizado el blanqueado inicial de las series para someterlas posteriormente a un sistema VAR. En consecuencia, como prueba de robustez, se va a proceder a un blanqueado de las series y su análisis posterior por subperiodos.

Los resultados se contienen en la Tabla 5. Como puede observarse, los resultados derivados del análisis de las series de residuos son totalmente coincidentes con los procedentes de las series originales, esto es, el mercado de contado lidera al mercado de opciones excepto en el periodo de crisis. Ello da prueba de la robustez de las conclusiones al método de análisis utilizado.

La evidencia empírica mostrada hasta este punto nos informa de que probablemente el proceso de descubrimiento de precios no es independiente de la situación del mercado, al menos en mercados de pequeño tamaño como el estudiado. Es posible que en mercados más

desarrollados la influencia de una crisis pueda ser distinta, pero esto es sólo una conjetura ya que no disponemos de evidencia empírica sobre el particular.

El cambio del proceso de descubrimiento de precios durante el periodo de crisis, nos invita a estudiar las razones que pueden explicarlo.

En esta línea, la primera cuestión relevante a analizar es si los resultados obedecen a la presencia de valores extremos en las series. Es probable que haya una mayor concentración de estos valores en periodos de crisis y que éstos sean los causantes del resultado observado. Con objeto de explorar esta posibilidad se ha eliminado el 2,5 por 100 de las observaciones más extremas de las series y se ha procedido de nuevo al análisis por subperiodos.

Los resultados de estas series «depuradas» nos conducen a las mismas conclusiones que las series iniciales (véase Tabla 6). Únicamente se observa una menor significación en la causalidad del mercado de opciones al de contado durante el periodo de crisis. Esta causalidad deja de ser significativa al 1 por 100, pero mantiene su significación al 5 por 100.

Si el análisis se repite con las series blanqueadas de estas series «depuradas», los resultados (véase Tabla 6) son totalmente coincidentes con los obtenidos anteriormente. También hemos procedido a una eliminación exclusiva de los dos valores más extremos que se separan considerablemente del resto. Los resultados, tanto con las series originales como con sus residuos, son formalmente coincidentes en toda su extensión. Todos estos resultados nos permiten concluir que las causas del cambio observado en el descubrimiento de precios durante el periodo de crisis no parece estar en la presencia de valores extremos.

**TABLA 6**  
**RESULTADOS PARA LAS SERIES «DEPURADAS» DEL CONTRASTE**  
**DE GRANGER EN LA RELACIÓN CAUSAL ENTRE CAMBIOS DE PRECIOS**  
**EN EL IBEX-35 Y EN LA OPCIÓN**

| Series originales «depuradas»                   |                  |                 |                 |
|-------------------------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|
|                                                 | Pre-crisis       | Crisis          | Post-crisis     |
| Contraste F: $\Delta S_t$ no causa $\Delta O_t$ | 328,29<br>(0,00) | 61,56<br>(0,00) | 25,17<br>(0,00) |
| Contraste F: $\Delta O_t$ no causa $\Delta S_t$ | 12,40<br>(0,64)  | 16,04<br>(0,02) | 1,08<br>(0,77)  |
| Dirección de la causalidad                      | Ibex a opción    | Feed-back       | Ibex a opción   |
| Series de residuos «depuradas»                  |                  |                 |                 |
|                                                 | Pre-crisis       | Crisis          | Post-crisis     |
| Contraste F: $\Delta S_t$ no causa $\Delta O_t$ | 246,66<br>(0,00) | 20,70<br>(0,00) | 12,07<br>(0,00) |
| Contraste F: $\Delta O_t$ no causa $\Delta S_t$ | 0,80<br>(0,93)   | 9,11<br>(0,02)  | 2,44<br>(0,78)  |
| Dirección de la causalidad                      | Ibex a opción    | Feed-back       | Ibex a opción   |

**NOTAS:**

Bajo la hipótesis nula de no causalidad, el estadístico se distribuye como una  $\chi_g^2$  ( $g$  = número de coeficientes restringidos).

Entre paréntesis se recoge el nivel de significación asociado a la hipótesis nula (p-valor).

FUENTE: Elaboración propia con datos de la Sociedad de Bolsas y MEFF.

Adicionalmente al problema de los valores extremos, otra cuestión importante puede ser el análisis de los costes de transacción. Dado que los costes de los brokers y los del mercado (Sociedad de Bolsas y MEFF) permanecen estables durante todo el periodo analizado, la búsqueda se debería orientar hacia la horquilla o hacia el resto de componentes del coste de impacto en el mercado. Lamentablemente, no disponemos de datos del libro de órdenes que nos permitan adentrarnos en este segundo aspecto. Ello nos obliga a centrarnos en el primero, conscientes de que ello constituye necesariamente una aproximación limitada a los costes de transacción completos.

La Tabla 7 recoge los datos medios de la horquilla de precios en el mercado de opciones y en el mercado de contado. En este último caso, los datos se refieren a la horquilla media de los 35 títulos que componen el índice Ibex-35 durante el periodo considerado<sup>2</sup>. En dicha Tabla se recogen igualmente los contrastes paramétricos de diferencia de medias entre periodos<sup>3</sup>. De acuerdo con estos estadísticos, existe un aumento significativo de la horquilla de precios en el periodo de crisis. Este aumento se observa tanto en el mercado de contado como en el mercado de opciones. No se aprecia una alteración sustancial con el periodo post-crisis. El aumento que experimenta la horquilla puede relacionarse con la mayor incertidumbre en el mercado en momentos de crisis, provocando un cierto aumento de los costes de negociación. Este aumento se produce en ambos mercados, aunque el aumento parece más importante en el mercado de opciones (un 18 por 100) que en el mercado de contado (9 por 100).

El volumen de negociación también experimenta un aumento significativo durante el periodo de crisis. El volumen medio diario de las acciones que componen el Ibex-35 aumen-

**TABLA 7**  
**EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN MEDIO DIARIO DE NEGOCIACIÓN**  
**Y HORQUILLA DIARIA MEDIA DE PRECIOS ENTRE PERIODOS**

| Contado           |            |            |             |         |       |       |
|-------------------|------------|------------|-------------|---------|-------|-------|
|                   | Pre-crisis | Crisis     | Post-crisis | (1)     | (2)   | (3)   |
| Horquilla         | 0,357      | 0,390      | 0,349       | -2,28** | 1,32  | 0,31  |
| Volumen negociado | 25.308.549 | 34.912.319 | 30.057.755  | -2,26** | 0,32  | -0,82 |
| Opción            |            |            |             |         |       |       |
|                   | Pre-crisis | Crisis     | Post-crisis | (1)     | (2)   | (3)   |
| Horquilla         | 0,210      | 0,248      | 0,217       | -2,64*  | 0,91  | -0,23 |
| Volumen negociado | 15.413     | 20.679     | 6.634       | -1.87#  | 4.97* | 4.40* |

**NOTAS:**

Las columnas (1), (2) y (3) recogen los estadísticos t para los contrastes de diferencias de medias entre periodos: (1): Periodo pre-crisis y el periodo de crisis. (2): Periodo de crisis y el periodo de post-crisis y (3): Periodo pre-crisis y el periodo de post-crisis.

Los signos \*, \*\* y # indican la presencia de diferencias significativas al 1%, 5% y 10%, respectivamente.

FUENTE: Elaboración propia con datos de la Sociedad de Bolsas y MEFF.

<sup>2</sup> Durante el año 1997 entran a formar parte del índice 7 acciones y, lógicamente, salen otras tantas. Entrantes: SOL, UNI, ANA, AZC, TUB, VIS y PUL; Salientes: ENC, VIS, CUB, ANA, GES,MVC y UNI.

<sup>3</sup> Idénticos resultados se han obtenido con la aplicación de contrastes no paramétricos.

ta un 37 por 100 durante este periodo y posteriormente cae aproximadamente un 14 por 100. Los contrastes paramétricos de diferencia de medias nos informan que el aumento entre el primer y segundo periodo es significativo, no observándose otras diferencias significativas entre periodos. Los contrastes no paramétricos avalan estos resultados.

Los resultados del volumen total de opciones *call* negociadas también resultan muy ilustrativos. Como puede apreciarse, el volumen de negociación se incrementa de forma significativa durante el periodo de crisis (34 por 100) y posteriormente decae de manera drástica (68 por 100)<sup>4</sup>. Estos resultados son totalmente estables a nivel horario o incluso para frecuencias de 15 minutos. Esta evidencia nos abre la posibilidad de que sea la cantidad de información el factor subyacente que cause los resultados o, cuando menos, un factor adicional a la presencia de valores extremos o al sentimiento del mercado.

En consecuencia, los resultados obtenidos son compatibles tanto con motivos ligados al flujo de información como con el «comportamiento» del mercado en periodos de crisis, esto es, motivos unidos a la conducta de los agentes en momentos de crisis. Es posible que ambos elementos sean difícilmente separables, pero sería interesante analizar qué sucede en periodos ordinarios con distintos niveles de información.

Es importante destacar que, en la medida en que el volumen de negocio se encuentra relacionado con varias medidas de la liquidez (Chordia *et al.*, 2000), tanto de la horquilla como de la profundidad, los resultados observados podrían imputarse a mejoras en la liquidez del mercado durante el periodo de crisis, a pesar de que lo mostrado unilateralmente por la horquilla parezca ir en sentido contrario. Nótese que la horquilla y la profundidad, por sí solas, pueden no ser buenas indicadoras del nivel de liquidez del mercado. Dado que no disponemos de datos de profundidad en ambos mercados, los resultados del volumen negociado podrían entenderse como una aproximación global, aunque claramente matizable, a la liquidez.

También es importante señalar que algunos de los factores posibles ligados a los costes de transacción no han podido ser estudiados convenientemente con los datos disponibles y probablemente sería interesante tratar de medir su grado de implicación en los resultados. Seguramente, todos estos aspectos serán cuestiones interesantes para explorar en extensiones futuras del trabajo.

## 6. Conclusiones

En el presente estudio se ha estudiado empíricamente la relación de descubrimiento de precios entre el mercado de contado y el mercado de opciones en el caso español. Los datos utilizados son precios de transacción cada 15 minutos para el año 1997. Los resultados obtenidos para el periodo completo nos revelan la presencia de relaciones de *lead-lag* entre ambos mercados. No obstante, la subdivisión del periodo muestral atendiendo a la crisis asiática y rusa de los últimos meses de dicho periodo nos ofrece conclusiones muy interesantes. De acuerdo con los resultados, el mercado de contado lidera al mercado de opciones tanto en el periodo pre-crisis como en el periodo post-crisis, bien es cierto que este último periodo es excesivamente corto como para extraer conclusiones con cierto grado de potencia esta-

---

<sup>4</sup> Es posible que este último dato deba matizarse atendiendo al reducido número de días que lo componen.

dística. Entre las razones que pueden explicar este resultado, puede destacarse la diferencia en el sistema de contratación de ambos mercados: telefónico y electrónico, que puede dotar de mayor agilidad informativa al segundo.

Durante el periodo de crisis, el descubrimiento de precios es simultáneo. En el trabajo se ha tratado de ofrecer explicaciones a este cambio, de acuerdo con las distintas razones ofrecidas para explicar el descubrimiento de precios entre mercados. En particular se ha observado que tanto la horquilla de precios como el volumen negociado experimentan un aumento importante y significativo en el periodo de crisis. Estos resultados revelan el aumento de los costes de negociación durante este periodo, así como el aumento significativo del volumen de información en el mercado. En la medida en que el volumen negociado también puede aproximarse a las medidas de liquidez, podría afirmarse que la liquidez también aumenta en el mercado, pese al movimiento en sentido contrario de una de sus componentes.

En resumen, puede afirmarse que en el proceso de descubrimiento de precios, además de los sistemas de contratación de los mercados, juegan un papel esencial el nivel de información, el grado de liquidez y, probablemente, el «sentimiento» del mercado. Imputar el porcentaje de explicación de cada una de estas variables en el resultado se revela como una línea interesante de extensión futura del trabajo.

## Referencias bibliográficas

- [1] BAESTAENS, D. E.; VAN DEN BERGH, W. M. y VAUDREY, H. (1995): «Options as a predictor of common stock price changes», *The European Journal of Finance*, 1, 325-343.
- [2] BHATTACHARYA, M. (1987): «Price changes of related securities: The case of call options and stocks», *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 22, 1, 1-15.
- [3] BAKSHI, G.; CAO, C. y CHEN, S. (2000): «Do call prices and the underlying stock always move in the same direction?», *Review of Financial Studies*, 13, 3, 549-584.
- [4] BLACK, F. (1975): «Fact and fantasy in use of options», *Financial Analysts Journal*, 31, (36-41), 61-72.
- [5] BROWN, R. L. y SHEVLIN, T. J. (1993): «Stock market efficiency and price predictions implicit in option trading», *Australian Journal of Management*, 8, 71-87.
- [6] CHAN, K.; CHUNG, Y. y JOHNSON, H. (1993): «Why option prices lag stock prices: A trading-based explanation», *Journal of Finance*, XLVIII, 5, 1957-1967.
- [7] CHIANG, R. y FONG, W. (2001): «Relative informational efficiency of cash, futures, and options markets: The case of an emerging market», *Journal of Banking & Finance*, 25, 355-375.
- [8] CHORDIA, T.; ROLL, R. y SUBRAHMANYAM, A. (2000): «Commonality in liquidity», *Journal of Financial Economics*, 56, 1, 3-28.
- [9] CORNELL, B. y FRENCH, K. R. (1983): «Taxes and the pricing of stock index futures», *The Journal of Finance*, 38, 675-694.
- [10] FINUCANE, T. (1991): «Put-call parity and expected returns», *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 26, 445-457.
- [11] FINUCANE, T. (1999): «A new measure of the direction and timing of information flow between markets», *Journal of Financial Markets*, 2, 135-151.

- [12] FLEMING, J.; OSTDIEK, B. y WHALEY, R. E. (1996): «Trading costs and the relative rates of price discovery in stock, futures, and option markets», *Journal of Futures Markets*, 16, 4, 353-387.
- [13] FUNG, J. K. W.; CHENG, L. T. W. y CHAN, K. C. (1997): «The intraday pricing efficiency of Hong Kong Hang Seng Index options and futures markets», *Journal of Futures Markets*, 17, 7, 797-815.
- [14] GENDRON, M. y KHOURY, N. (1994): «Probability of price reversal and relative noise in stock and option markets», *Journal of Financial Research*, XVII, 2, 147-159.
- [15] JOHN, K.; KOTICHA, A. y SUBRAHMANYAM, M. (1991): «The microstructure of options markets: Informed trading, liquidity, volatility and efficiency», *Working Paper*. New York University.
- [16] MANASTER, S. y RENDLEMAN, R. (1982): «Option prices as predictors of equilibrium stock prices», *Journal of Finance*, XXXVII, 4, 1043-1057.
- [17] NORDEN, L. (2001): «Hedging of American equity options: do call and put prices always move in the direction as predicted by the movement in the underlying stock price?», *Journal of Multinational Financial Management*, 11, 321-340.
- [18] PUTTONEN, V. (1993): «Short sales restrictions and the temporal relationship between stock index cash and derivatives markets», *Journal of Futures Markets*, 13, 645-664.
- [19] SHEIKH, A. M. y RONN, E. I. (1994): «A characterization of the daily and intraday behavior of returns on options», *Journal of Finance*, XLIX, 2, 557-579.
- [20] STEPHAN, J. y WHALEY, R. (1990): «Intraday price change and trading volume relations in the stock and stock option markets», *Journal of Finance*, XLV, 1, 191-220.
- [21] STUCKI, T. y WASSERFALLEN, W. (1994): «Stock and option markets: the Swiss evidence», *Journal of Banking & Finance*, 18, 881-893.
- [22] TURKINGTON, J. y WALSH, D. (2000): «Informed traders and their market preference: Empirical evidence from prices and volumes of options and stock», *Pacific-Basin Finance Journal*, 8, 559-585.
- [22] VARSON, P. L. y SELBY, M. J. P. (1997): «Option prices as predictors of stock prices: intraday adjustments to information releases», *The European Journal of Finance*, 3, 49-72.
- [23] VIJH, A. M. (1990): «Liquidity of the CBOE equity options», *Journal of Finance*, 45, 4, 1157-1179.