

Alfredo
Bachiller Cacho,
Pedro Lechón
Fleta y Rafael
Santamaría
Aquilué

*Departamento de
Contabilidad y Finanzas,
Facultad de CC.EE. y
Empresariales.
Universidad de Zaragoza*

ÉVIDENCIAS EMPIRICAS EN LA VALORACION DE OPCIONES SOBRE EL IBEX-35. UNA APROXIMACION A TRAVES DEL MODELO BLACK 76 (1)

Resumen.—1. Introducción.—2. Composición del Ibex-35.—3. La opción europea sobre Ibex-35.—4. El modelo de valoración de Black (1976).—5. Estudio empírico.—6. Conclusiones.—7. Bibliografía.—Anexos.

RESUMEN

EN este trabajo se ponen de manifiesto las deficiencias en la previsión de las primas obtenidas con la utilización del método de valoración Black 76, bajo el supuesto de volatilidad constante, durante el primer año de funcionamiento del mercado de opciones español sobre Ibex-35, y se analizan, en este contexto, las razones que ayudan a explicar las diferencias entre el valor teórico de las primas ofrecidas por el modelo y el valor de mercado de las mismas.

1. INTRODUCCION

Los instrumentos derivados son aquellos activos cuyo valor está en función de otro denominado activo subyacente. Los mercados en los cuales se negocian estos activos reciben el nombre de mercados derivados y hacen su aparición en el siglo XVIII en Japón, siendo a finales de los 70 cuando en los Estados Unidos se desarrollan los primeros mercados or-

(1) Agradecemos los valiosos comentarios del evaluador anónimo.

ganizados. Sin embargo, no es hasta 1982 cuando se crea el New York Futures Exchange, el primer mercado derivado organizado sobre índices bursátiles (S&P500).

Los mercados derivados organizados se caracterizan por:

- i) Contratos estandarizados con la lógica excepción de su precio, que se determina en el mercado por coincidencia de oferta y demanda.
- ii) Entre las partes contratantes se interpone una Cámara de Compensación (Clearing House) garantizando el buen fin de todas las operaciones que se realizan en el mercado.

Por el contrario, en los mercados derivados no organizados, también denominados mercados *over the counter* (OTC) no están estandarizadas las condiciones de los contratos que se negocian, ni tampoco existe una cámara de compensación que asuma el riesgo de incumplimiento de las partes intervinientes en el contrato.

La secuencia temporal de aparición de los instrumentos y mercados derivados organizados en España, es la siguiente:

CUADRO 1

SECUENCIA TEMPORAL DE APARICION
DE PRODUCTOS DERIVADOS ORGANIZADOS EN ESPAÑA

Fecha	Instrumento
08 nov. 1989	Opciones BONOC3
16 mar. 1990	Futuros BONOC3
18 oct. 1990	Opciones MIBOR90
22 oct. 1990	Futuros MIBOR90
22 abr. 1991	Futuros BONOC5
10 jul. 1991	Opciones BONOC5
20 sep. 1991	Futuros Pta/\$ y Pta/DM
14 ene. 1992	Opciones y Futuros IBEX35
25 feb. 1993	Opciones TELEFONICA y ENDESA
04 may. 1993	Opciones BBV y REPSOL

Fuente: Instituto del Mercado de Opciones y elaboración propia.

Como se desprende del Cuadro 1, el mercado de opciones español comenzó con opciones y futuros sobre Deuda experimentando un crecimiento importante en la evolución de la contratación durante los años 90 y 91. Sin embargo, la aparición en enero de 1992 de opciones y futuros

sobre índices bursátiles fue atrayendo hacia sí prácticamente el 80% del mercado de opciones y el 60% del mercado de futuros, hecho que da buena prueba del notable interés que han despertado las opciones y futuros sobre el Ibex-35. Véase Cuadro 2.

CUADRO 2

VOLUMEN DE CONTRATOS NEGOCIADOS EN ESPAÑA.
EVOLUCION DE LA CONTRATACION DE INSTRUMENTOS
DERIVADOS EN ESPAÑA

	1990	1991	1992
OPCIONES			
BONOC3	94.697	471.697	41.900
BONOC10			339.877
MIBOR90	4.615	67.036	8.300
IBEX35			2.446.663
TOTAL	99.312	538.733	2.836.740
FUTUROS			
BONOC3	171.440	482.698	235.804
BONOC10			770.480
MIBOR90	17.304	455.778	747.191
IBEX35			2.863.530
DM/PTA.		10.620	54.635
\$/PTA.		4.343	12.215
TOTAL	188.744	953.439	4.629.220

Fuente: Instituto del Mercado de Opciones y elaboración propia.

El modelo de valoración más utilizado para calcular la prima de una opción sobre índices bursátiles es el Black 76. El objetivo de este trabajo es analizar si existen las diferencias significativas entre los valores de las primas de opción obtenidos con la aplicación de este modelo de valoración, bajo el supuesto implícito de constancia en la volatilidad del subyacente, y los valores que se han producido en el mercado de opciones durante el primer año de funcionamiento del mercado sobre Ibex-35. Para ello se utilizan las series de opciones call con precios de ejercicios centrales en cada uno de los vencimientos febrero-diciembre 92.

2. COMPOSICION DEL IBEX-35

En 1989, la entonces sociedad gestora (OM Ibérica) del primer mercado derivado organizado, en colaboración con Analistas Financieros In-

ternacionales (Expansión 10/02/92), desarrolló un índice compuesto por un reducido grupo de compañías que reflejara la evolución del mercado bursátil español, con el objetivo de utilizar este índice como activo subyacente para la negociación de opciones y futuros sobre el mismo.

El 20 de julio de 1990 se construyó el FIEEX-35, compuesto por 35 valores. La composición inicial fue sufriendo modificaciones, hasta que el 10 de enero de 1992 la Sociedad de Bolsas presenta el índice con una nueva denominación: Ibex-35, con la siguiente composición inicial:

Valor	% (ene. 92)	Valor	% (ene. 92)
ACERINOX	0.61	ACESA	2.18
AGROMAN	0.21	AGUAS DE BARCELONA	1.22
ASLAND	1.02	BANCO EXTERIOR	3.07
BANCO POPULAR	3.64	BANCO SANTANDER	5.37
BANESTO	3.46	BANKINTER	1.55
BBV	7.55	CATALANA DE GAS	1.96
CENTRAL HISPANO	8.61	CANTABRICO	0.83
CEPSA	2.59	CUBIERTAS MZOV	0.50
DRAGADOS Y CC.	1.47	ENDESA	9.12
FECSA	1.74	FOCSA	1.09
HUARTE	0.35	IBERDROLA I	7.12
INMOBILIARIA URBIS	0.28	MAPFRE	1.15
METROVACESA	0.82	P. VALDERRIBAS	0.87
REPSOL	9.08	SARRIO	0.44
SEVILLANA	1.82	TABACALERA	2.54
TELEFONICA	13.80	UNION E. FENOSA	2.00
URALITA	0.36	VALLEHERMOSO	0.85
VISCOFAN	0.64		

El Ibex-35 toma base 3.000 a 31 de diciembre de 1989 y está compuesto por los 35 valores de entre los más líquidos y de mayor capitalización del mercado bursátil español que se cotizan a través del CATS. Es altamente representativo de la evolución del mercado, dada la alta correlación existente entre el Ibex y el Índice General, aproximadamente un 98% (Méndez, 1993).

El Ibex-35 es revisado semestralmente por el Gestor del Índice (Sociedad de Bolsas, S.A.) de forma que siempre estén incluidas en el mismo

los 35 títulos que se entiendan más representativos del comportamiento del mercado.

El índice Ibex-35 se calcula atendiendo a la siguiente expresión (MEFF R.V.):

$$IBEX_t = IBEX_{t-1} \times \frac{\sum \text{Capitalización}_t}{(\sum \text{Capitalización}_{t-1} + J)}$$

donde:

t = Momento del tiempo de cálculo del Ibex-35.

J = Ajustes del índice.

Dado que la capitalización, es el resultado del producto del número de acciones por su precio, y los precios del título se modifican permanentemente en tiempo real, el índice también varía constantemente a lo largo del día (habitualmente en un día de mercado puede modificarse alrededor de unas ochocientas veces), por lo que se puede considerar como un buen subyacente para su utilización en un mercado derivado. Este índice se ajusta por derechos de suscripción, splits o desdoblamientos, ampliaciones de capital y la emisión de bonos convertibles, pero no con relación a dividendos (Díez de Castro, Mascareñas, 1991).

3. LA OPCION EUROPEA SOBRE IBEX-35

Una opción europea (2) sobre Ibex-35 es un contrato que da a su comprador el derecho a comprar «CALL» o a vender «PUT» el índice bursátil Ibex-35 a un determinado valor, *Precio de Ejercicio*, en una fecha futura determinada, *Fecha de Vencimiento*, pagando por ello al vendedor un valor de negociación del derecho *Prima*.

El vendedor del contrato de opción sobre Ibex-35 percibe la prima por asumir la obligación de vender «CALL», o comprar «PUT» el índice al valor pactado, *Precio de Ejercicio*, en la fecha acordada, *Fecha de Vencimiento*.

La entrega en el momento del vencimiento del contrato se realiza por diferencias, puesto que el activo subyacente objeto del contrato no existe

(2) Una opción europea es aquella que sólo puede ejercitarse en la fecha de vencimiento a diferencia de las opciones americanas que pueden ser ejercitadas en cualquier momento del período de vida del contrato.

físicamente, sino que es una mera cuantificación del valor de un índice que pretende reflejar la evolución del mercado.

Las características básicas de la opción Ibex-35, según MEFF R.V., son las siguientes:

Activo subyacente:	Indice Ibex-35.
Multiplicador:	100 ptas.
Nominal del contrato:	Indice Ibex-35 por el multiplicador.
Estilo de la opción:	Europea.
Tipos de opción:	De compra y de venta.
Vencimientos:	Todos los meses. Se negociarán en todo momento, al menos, los tres vencimientos correlativos más próximos, y un vencimiento adicional del ciclo marzo, junio, septiembre, diciembre y el vencimiento diciembre.
Horario de contratación:	Desde las 10.45 de la mañana a las 17.15 h.
Fecha de vencimiento:	Tercer viernes del mes de vencimiento.
Fecha de ejercicio:	La fecha de vencimiento.
Fecha de liquidación:	Primer día hábil posterior a la fecha de vencimiento.
Ejercicio:	Automático para todos los contratos, que aporten Bº para su tenedor.
Ultimo día de negociación:	La fecha de vencimiento.
Precios de ejercicio:	En puntos enteros del índice, terminados en cincuenta o en centena exacta.
Forma de cotización primas:	En puntos enteros del índice con una fluctuación mínima de un punto.
Fluctuación máxima de las primas:	No existe.
Liquidación de las primas:	Primer día hábil posterior a la fecha de transacción.
Liquidación de las comisiones:	Primer día hábil posterior a la fecha de transacción.
Garantías:	Variable en función de la cartera de opciones y futuros.

4. EL MODELO DE VALORACION DE BLACK (1976)

Centrado el problema de valoración de opciones sobre índices bursátiles, el modelo de valoración más utilizado en mercados en los que el activo subyacente tiene asociado un futuro, es el modelo Black 76 (B76), sin embargo, cuando el mercado de futuros y acciones no está bien arbitrado, deben utilizarse otros modelos, como el propuesto por Merton en 1973 o el modelo binomial (Lamothe, 1993).

El modelo Black 76 es una variante del modelo desarrollado por Black y Scholes, cuando se toma el valor futuro del activo de referencia. Al disponer en el mercado de opciones sobre Ibex-35 del precio contado y del precio futuro del índice, es posible emplear cualquiera de los dos para obtener el valor teórico de la prima del contrato. Si se toma como referencia el precio contado del índice se debe de emplear el modelo de valoración B-S, y si se utiliza el precio a futuro, el modelo de valoración B76.

En este trabajo se ha escogido el precio a futuro del índice amparados en las siguientes consideraciones:

- La utilización del precio a futuro como subyacente por parte de la mayoría de los participantes en este mercado.
- Se negocian en todo momento los tres vencimientos correlativos más próximos.

El cálculo del valor teórico de la prima de una opción call sobre Ibex-35 aplicando el modelo Black 76 se obtiene con la siguiente expresión:

$$C = e^{-rt} [FN(D) - KN(D - \sigma\sqrt{t})]$$

$$D = \frac{\ln(F/K)}{\sigma\sqrt{t}} + \frac{\sigma\sqrt{t}}{2}$$

donde,

C = Valor teórico de la opción call sobre Ibex-35.

F = Precio a futuro del Ibex-35.

K = Precio de ejercicio del contrato.

t = Tiempo hasta el vencimiento, expresado en años.

σ = Volatilidad anualizada del activo subyacente.

r = Tipo de interés libre de riesgo.

Las hipótesis básicas asumidas en el desarrollo del modelo son las siguientes:

- El tipo de interés a corto plazo es conocido y constante a lo largo del tiempo.
- El precio del activo subyacente sigue un «paseo aleatorio» *random walk* en tiempo continuo con una varianza proporcional al cuadrado del precio del activo subyacente. Por tanto, la distribución de los posibles precios del activo de referencia al final de cualquier intervalo finito, es logarítmico-normal. La varianza de las rentabilidades del activo subyacente es constante, lo que motivó el supuesto realizado en este trabajo.
- El activo subyacente no recibe dividendos, ni otro tipo de distribución de beneficios, reservas o capital.
- La opción es europea, esto es, sólo puede ejercitarse al vencimiento.
- No existen costes de transacción en la compra o venta de los activos.
- Es posible tomar prestado cualquier fracción para su compra o tenencia al tipo de interés a corto plazo.
- No existe ninguna penalización a las ventas al descubierto.

5. ESTUDIO EMPIRICO

La base de datos utilizada comprende los precios diarios de cierre del mercado de opciones y futuros sobre el Ibex-35, desde sus inicios hasta el 31 de diciembre de 1992, facilitada por MEFF Renta Variable (3).

Inicialmente, se obtuvo para la serie central de cada clase de opción, el valor teórico de la prima con volatilidad histórica y real (Anexo 1) mediante la utilización de la aproximación de grado tres a la distribución normal (Anexo 2).

Como una primera aproximación, y al objeto de verificar su grado de ajuste, se utilizó el test no paramétrico de signos para las cuatro series que presentaban un mayor número de observaciones, puesto que en las demás series los resultados obtenidos serían cuestionables.

(3) Agradecemos especialmente la desinteresada colaboración y los valiosos comentarios de Arturo Piñera, Manuel Andrade, a Remedios Romeo y Elena Carnicero, Instituto del Mercado de Opciones, y Juan A. Ketterer MEFF Renta Fija.

Los resultados del mismo (Cuadros 3-4) ponen de manifiesto el *rechazo de igualdad de comportamiento de la evolución de las primas de mercado frente a los valores teóricos calculados tanto con el empleo de la volatilidad constante real como de la histórica*. Aunque este test no paramétrico no cuantifica la intensidad de las desviaciones, observando únicamente su signo, permite mostrar una primera evidencia de las deficiencias del modelo B76 en la predicción de las primas en el mercado.

Sin embargo, el hecho que se pretende contrastar es si la evolución de las primas teóricas y de mercado es similar, o más concretamente si la diferencia de valores en el tiempo es significativamente distinta de cero. Para ello se estimó un modelo econométrico en el que se relacionaba el precio de la prima tanto teórica como real, con el tiempo hasta el vencimiento, incluyéndose una variable instrumental, sobre esta variable, con el fin de constatar si la evolución temporal era significativamente distinta para las primas. Sin embargo, las estimaciones globales obtenidas fueron poco significativas evidenciándose, además, importantes niveles de autocorrelación.

CUADRO 3

TEST DE SIGNOS CON VOLATILIDAD REAL

	M2800	Y2750	S2300	N2200
N	35	23	36	21
X ²	12.6	8.16	18.77	17.19

(X² crítico: 3.81. $\sigma = 0.001$)

CUADRO 4

TEST DE SIGNOS CON VOLATILIDAD HISTORICA

	M2800	Y2750	S2300	N2200
N	35	23	36	21
X ²	20.77	17.19	12.6	10.66

(X² crítico: 3.81. $\sigma = 0.001$)

Notación:

N = N.º de observaciones.

X² = Valor del estadístico Chi-cuadrado.

M2800 = Opción de compra Ibox-35 con vencimiento marzo y precio de ejercicio de 2800.

El estudio de los ajustes para las diferentes series reveló que una de las razones más importantes en la explicación de estos resultados era la ausencia del valor intrínseco en la formulación del modelo. Por ello se estimó un nuevo modelo incluyendo esta variable.

El modelo quedó finalmente expresado como sigue:

$$P_i = a + b VI_i + c t_i + d D t_i + u_i$$

siendo:

P_i = Precio de la opción de compra el día i .

VI_i = Valor intrínseco de la opción el día i .

t_i = Días hasta el vencimiento del contrato desde el día i .

D = Variable dicotómica, que toma valor 1 para precio de mercado y valor 0 para precio teórico.

u_i = Perturbación aleatoria el día i .

Si la evolución temporal es diferente se observará un coeficiente de la variable instrumental que es significativamente distinto de cero. En otro caso, para el nivel de confianza utilizado, no podrá rechazarse, la hipótesis de igualdad en el comportamiento temporal entre primas teóricas y de mercado.

Los resultados de este contraste (Cuadros 5-6) muestran, en general, el rechazo a la hipótesis de igualdad de comportamiento temporal de las primas teóricas, tanto con volatilidad histórica como real, y de mercado, por lo que se puede concluir que el modelo Black 76, bajo los supuestos establecidos, no resulta un buen predictor del comportamiento del valor de las primas en el mercado. Así, para volatilidad real, sólo puede asumirse un buen ajuste del modelo en las series Junio 2750, Julio 2700 y Agosto 2400, y con volatilidad histórica las series bien ajustadas son Mayo 2750, Septiembre 2300 y Octubre 2150. Para ambos tipos de volatilidad los resultados son muy similares en cuanto a la incapacidad del modelo para prever las primas producidas en el mercado.

La primera razón que puede explicar estos resultados es la estechez del mercado español, aspecto ya presente en las opciones sobre Bono Nocial (Lechón, Santamaría, 1993). La falta de liquidez mostrada por el mercado hace que resulte ocasionalmente compleja tanto la cobertura de grandes carteras, pudiéndose provocar importantes tensiones en los precios de las primas, como la puesta en práctica de estrategias comuestas y construcción de sintéticos.

Sin embargo, es posible que adicionalmente se incumplan algunos de los supuestos básicos en el desarrollo del modelo teórico. Por ello se trató de contrastar una de las hipótesis implícitas en el desarrollo del modelo, la normalidad de la distribución en campo continuo de rentabilidades del subyacente. Para ello, se utilizó el test no paramétrico de Lilliefors sobre el logaritmo del cociente de precios del futuro para derivar una rentabilidad en el campo continuo. La utilización de este test atiende al uso de la media de desviación típica muestrales en lugar de las poblacionales exigidas por el Kolmogorov-Smirnov.

Los resultados contenidos en el Cuadro 7 dan muestras evidentes del rechazo de tal hipótesis de normalidad para ambas series de rentabilidades, con un nivel de significación del 1%. Este dato no resulta muy sorprendente, a pesar de las implicaciones que tiene sobre el modelo B-S y derivaciones, puesto que es abundante la literatura en la que se dan pautas de comportamientos no normales y heteroscedasticidad de los merca-

CUADRO 5

COEFICIENTES DE LAS VARIABLES Y PRALES. ESTADISTICOS
CON VOLATILIDAD REAL

Serie	F2650	M2800	A2800	Y2750	J2750
CTE	19.86	11.39	-17.31	2.69	7.30
DIA	0.439*	0.461*	1.934*	1.131*	0.780*
D × DIA	0.673*	0.491*	-0.346*	-0.275*	-0.091
VI	0.733*	0.856*	1.346*	0.999*	0.876*
R ²	0.965	0.790	0.913	0.875	0.946
D - W ^{ajustado}	2.259	0.759	1.443	1.032	1.364
F	253.817	87.648	116.710	106.152	374.509
N	28	70	34	46	34

Serie	X2700	G2400	S2300	O2150	N2200	D2200
CTE	-32.95	-8.70	2.95	8.84	17.94	57.55
DIA	2.516*	1.121*	1.431*	2.295*	1.181*	0.488**
D × DIA	-0.035	-0.154	-0.471*	-0.938*	-0.932*	-0.628*
VI	0.638	1.798*	2.699*	0.811*	0.855*	0.761*
R ²	0.874	0.861	0.806	0.898	0.845	0.886
D - W ^{ajustado}	1.596	1.231	0.769	1.699	1.374	1.197
F	86.991	48.814	99.476	115.978	75.519	102.72
N	38	24	72	40	42	40

* Significatividad al 5%.

** Significatividad al 10%.

dos de capitales que, lógicamente, son algunos de los subyacentes de los mercados derivados. El incumplimiento de la constancia en la volatilidad puede, igualmente, ser causa de los resultados obtenidos. Pese a todo, la capacidad del modelo B-S para explicar el valor de las primas en estos

CUADRO 6

COEFICIENTES DE LAS VBLES. Y PRALES. ESTADISTICOS
CON VOLATILIDAD HISTORICA

Serie	M2800	A2800	Y2750	J2750	X2700
CTE	11.35	-17.02	2.04	7.43	-30.37
DIA	0.457*	1.770*	0.986*	0.810*	2.091*
D × DIA	0.496*	-0.197*	-0.110	-0.125*	0.294*
VI	0.856*	1.387*	1.009*	0.877*	0.719
R ²	0.791	0.905	0.870	0.946	0.876
D - W ^{ajustado}	0.760	1.420	1.037	1.360	1.629
F	88.163	106.671	102.237	372.430	80.618
N	70	34	46	64	38

Serie	G2400	S2300	O2150	N2200	D2200
CTE	-9.88	1.92	5.79	18.78	59.88
DIA	0.729*	1.187*	1.600*	1.283*	0.488*
D × DIA	0.293*	-0.200	-0.161	-1.062*	-0.628*
VI	1.693*	2.659*	0.803*	0.849*	0.761*
R ²	0.892	0.779	0.876	0.842	0.886
D - W ^{ajustado}	1.325	0.777	1.673	1.350	1.197
F	64.591	84.896	93.458	73.894	102.726
N	24	72	40	42	40

* Significatividad al 5%.

** Significatividad al 10%.

CUADRO 7

TEST DE LILLIEFORDS PARA RENTABILIDADES
DEL FUTURO SOBRE EL IBEX A 30 Y A 60 DIAS

	R.IBEX ₃₀	R.IBEX ₆₀
N	216	216
Lilliefords	0.8230	0.8445
Nivel Signif. PTO. CRITICO ₂₁₆	5% 0.060	1% 0.070

mercados es notoria (Galai, 1977), lo que nos induce a atribuir una parte de las deficiencias del modelo a la estrechez que muestra el mercado de opciones sobre Ibex-35.

Bien es cierto que es el análisis del primer año de funcionamiento de este producto y las opciones, todavía, no son especialmente conocidas por los inversores particulares en España.

6. CONCLUSIONES

El comportamiento de las primas durante el primer año de funcionamiento del mercado de opciones europeas sobre Ibex-35, no resultan adecuadamente explicadas por el modelo Black 76, calculado bajo el supuesto, implícito en la formulación del modelo, de constancia de la varianza del subyacente. La evolución temporal de las primas teóricas y las de mercado parecen seguir patrones sustancialmente distintos, a tenor de lo expuesto en este trabajo.

De entre las razones que pueden explicar estos resultados se encuentra en primer término la ausencia de liquidez, aspecto que puede modificar el proceso de formación de precios en el mercado. La falta de capacidad real para el diseño de estrategias compuestas y creación de sintéticos de modo continuo, no hacen sino avalar la importancia de este hecho. Además el comportamiento de los precios del subyacente se aleja de la hipótesis de normalidad, cuyas implicaciones resulta necesario explorar a fin de diseñar modelos de valoración de opciones bajos supuestos más relajados, que incluyan comportamientos de ausencia de constancia de la varianza y, quizás heterocedasticidad condicional. Sin embargo, no puede concluirse que sea esta última la causa única del problema, o que, su cumplimiento derive necesariamente en una mala predicción de las primas en el mercado, puesto que la estrechez del mismo, puede justificar plenamente los resultados obtenidos.

Por último, resulta necesario hacer constar que la base utilizada, precios diarios de cierre, puede tener incidencia sobre los resultados obtenidos, por lo que resultaría interesante efectuar el estudio sobre cruces individuales al objeto de constatar la validez de los expuestos en este trabajo.

7. BIBLIOGRAFIA

- BLACK, F., y SHOLES, M. (1973): «The Pricing Options and Corporate Liabilities», *The Journal of Political Economy*, mayo-junio, págs. 637-654.

- BLACK, F. (1976): «The pricing of commodity contracts», *Journal of Financial Economics*, enero-marzo, vol. 3, págs. 161-179.
- DÍEZ DE CASTRO, L., y MASCAREÑAS, J.: «Ingeniería Financiera», Ed. MacGraw-Hill, 1991.
- GALAI, D.: «Tests of Market Efficiency of the Chicago Board Option Exchange», *The Journal of Business*, abril 1977, págs. 167-197.
- LAMOTHE, P. (1993): «Opciones Financieras. Un enfoque fundamental», Ed. McGraw-Hill, mayo 1993.
- LECHÓN, P., y SANTAMARÍA, R. (1993): «Análisis empírico del método de valoración Black 76 en la opción sobre Bono Nocional», *Información Comercial Española*, núm. 714, págs. 113-124.
- MÉNDEZ, M. (1993): «Doce meses del mercado a futuros sobre índice en España», *Información Comercial Española*, núm. 716, págs. 157-167.

ANEXO 1

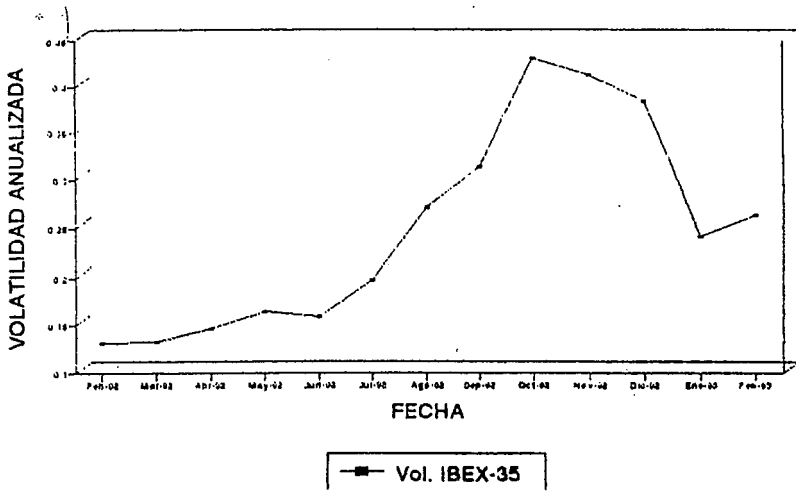
- Evolución de la volatilidad (4) del Ibex-35.
- Estadísticos descriptivos de las series centrales.
- Gráficos comparativos del valor de mercado versus B76.

Vencimiento	Volatilidad
Feb.-92	13.208%
Mar.-92	13.271%
Abr.-92	14.680%
May.-92	16.394%
Jun.-92	15.978%
Jul.-92	19.763%
Ago.-92	27.128%
Sep.-92	31.260%
Oct.-92	43.060%
Nov.-92	41.237%
Dic.-92	38.391%
Ene.-93	24.209%
Feb.-93	26.337%

(4) Volatilidad histórica: Volatilidad del activo subyacente durante el período inmediatamente anterior al considerado para el cálculo de las primas.

Volatilidad real: Volatilidad del activo subyacente durante el período considerado para el cálculo de las primas.

VOLATILIDAD IBEX-35
365 DIAS DEL MERCADO DE OPCIONES



F2650	Mdo.	B76r	Dfa.
Media	95.50	77.17	18.33
Desv.	23.60	21.86	6.14
Max.	159.00	131.10	27.89
Min.	76.00	54.69	2.88

G2400	Mdo.	B76r	Dfa.	B76h	Dfa.
Media	21.91	26.25	(4.34)	14.37	7.54
Desv.	20.92	24.78	5.56	20.74	4.99
Max.	80.00	98.32	2.40	76.78	15.03
Min.	7.00	10.25	(18.32)	3.00	1.70

M2800	Mdo.	B76r	Dfa.	B76h	Dfa.
Media	51.34	38.25	13.09	38.08	13.25
Desv.	22.15	17.82	13.42	17.81	13.48
Max.	102.00	67.07	43.91	66.93	44.18
Min.	2.00	2.10	(3.97)	2.07	(3.84)

S2300	Mdo.	B76r	Dfa.	B76h	Dfa.
Media	36.83	49.71	(12.88)	40.98	(4.14)
Desv.	24.52	34.42	12.03	30.54	8.22
Max.	90.00	116.11	11.57	101.27	13.78
Min.	5.00	2.56	(32.56)	1.58	(18.78)

A2800	Mdo.	B76r	Dfa.	B76h	Dfa.
Media	17.41	25.16	(7.75)	22.05	(4.64)
Desv.	16.99	17.74	5.08	16.46	4.52
Max.	53.00	53.48	1.56	48.82	5.12
Min.	1.00	0.43	(15.04)	0.22	(10.89)

O2150	Mdo.	B76r	Dfa.	B76h	Dfa.
Media	82.05	112.11	(30.06)	84.67	(2.62)
Desv.	43.75	54.66	23.18	48.35	17.48
Max.	165.00	204.04	(0.73)	173.33	24.39
Min.	5.00	10.16	(76.68)	3.37	(50.98)

EVIDENCIAS EMPÍRICAS EN LA VALORACION DE OPCIONES SOBRE EL IBEX-35

Y2750	Mdo.	B76r	Dfa.	B76h	Dfa.
Media	29.16	32.70	(5.01)	29.16	(1.46)
Desv.	19.64	20.74	5.76	19.71	4.69
Max.	63.00	77.52	6.52	70.69	9.92
Min.	4.00	7.18	(22.52)	5.31	(15.69)

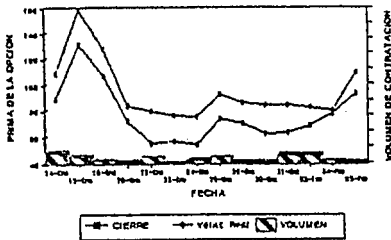
N2200	Mdo.	B76r	Dfa.	B76h	Dfa.
Media	33.76	56.94	(23.18)	59.93	(26.17)
Desv.	37.78	31.60	12.25	31.15	13.17
Max.	178.00	155.93	22.06	155.94	22.05
Min.	4.00	16.96	(36.48)	18.77	(41.44)

J2750	Mdo.	B76r	Dfa.	B76h	Dfa.
Media	58.28	60.32	(2.03)	61.32	(3.04)
Desv.	31.25	34.42	5.87	34.68	6.09
Max.	97.00	102.02	8.30	103.14	7.27
Min.	1.00	0.00	(12.25)	0.00	(13.74)

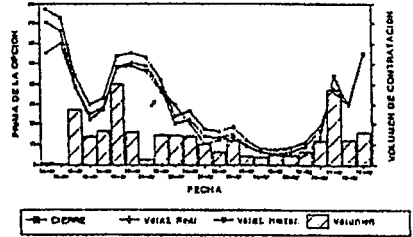
D2200	Mdo.	B76r	Dfa.	B76h	Dfa.
Media	89.78	115.60	(25.81)	122.90	(33.12)
Desv.	56.45	42.89	20.82	41.56	21.78
Max.	200.00	200.29	26.93	206.12	20.84
Min.	29.00	63.68	(54.38)	71.44	(60.81)

X2700	Mdo.	B76r	Dfa.	B76h	Dfa.
Media	30.68	31.16	(0.47)	23.20	7.47
Desv.	22.05	23.62	4.83	19.40	5.18
Max.	70.00	70.49	9.56	57.73	22.40
Min.	1.00	0.18	(12.49)	0.02	0.26

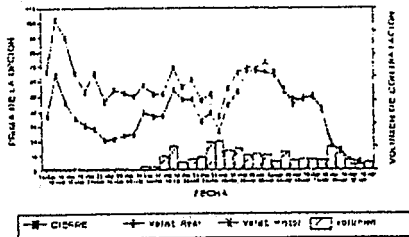
CALL IBEX-35 2600 "21/02/92"
BLACK 76



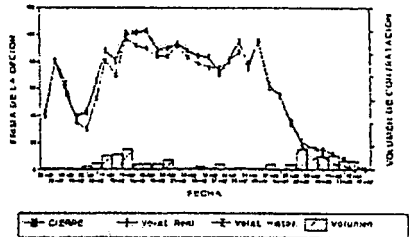
CALL IBEX-35 2750 "14/05/92"
BLACK 76



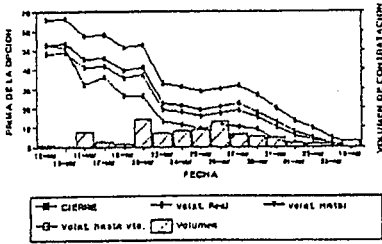
CALL IBEX-35 2800 "20/03/92"
BLACK 76



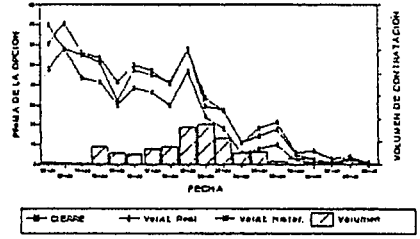
CALL IBEX-35 2750 "19/06/92"
BLACK 76



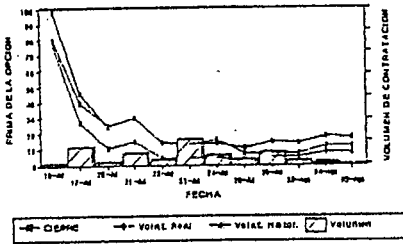
CALL IBEX-35 2800 "15-04-92"
BLACK 76



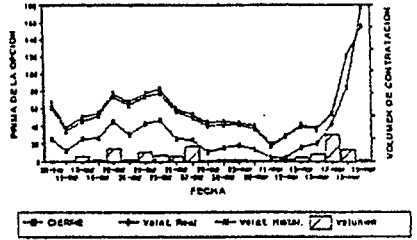
CALL IBEX-35 2700 "17/07/92"
BLACK 76



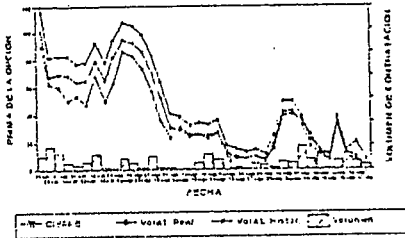
CALL IBEX-35 2400 "21/08/92"
BLACK 76



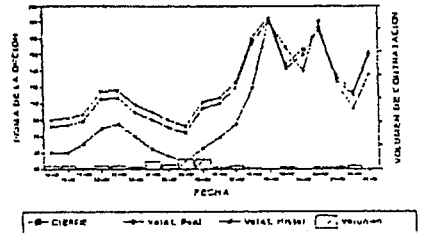
CALL IBEX-35 2200 "20/11/92"
BLACK 76



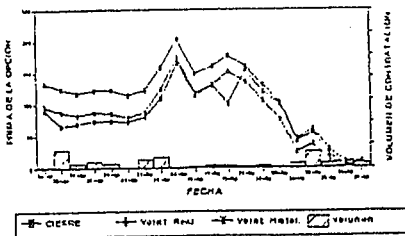
CALL IBEX-35 2300 "18/09/92"
BLACK 76



CALL IBEX-35 2200 "18/12/92"
BLACK 76



CALL IBEX-35 2150 "16/10/92"
BLACK 76



ANEXO 2

APROXIMACION POLINOMICA DE GRADO TRES A LA DISTRIBUCION NORMAL

Para $x \geq 0$:

$$N(x) : 1 - N'(x) [a_1 K + a_2 K^2 + a_3 K^3]$$

siendo:

$$K = \frac{1}{1 + Wx}$$

$$a_1 = 0.4361836$$

$$a_2 = -0.1201676$$

$$a_3 = 0.937298$$

$$W = 0.33267$$

$$N'(x) = (2\pi)^{1/2} e^{-x^2/2}$$

El valor que nos ofrece esta aproximación polinómica también es válida para $x < 0$, sin más que utilizara las propiedades de la distribución normal:

$$N(-x) = 1 - N(x)$$