

Alfredo Bachiller
Cacho y Pedro
Lechón Fleta

*Departamento
de Contabilidad y Finanzas.
Universidad de Zaragoza*

Rafael
Santamaría Aquilué

*Departamento de Gestión
de Empresas. Universidad
Pública de Navarra*

MODELIZACIONES AD-HOC DE VOLATILIDAD: ESTRATEGIAS DE NEGOCIACION EN EL MOE_{IBEX35} (*)

Resumen.—Palabras clave.—Abstrac.—Keywords.—1. Introducción. 2. Base de datos.—3. Metodología y resultados: 3.1. Conos de volatilidad. 3.2. Predicción con modelos autorregresivos.—4. Conclusiones.—Bibliografía.

RESUMEN

EN el presente trabajo se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de dos modelizaciones *naive* a la negociación de opciones sobre el IBEX₃₅. Estas, si bien no se encuentran avaladas por el rigor teórico, son reglas decisionales frecuentemente sugeridas como fuentes de predecibilidad potencial. Los resultados obtenidos revelan la existencia de regularidades potencialmente explotables centradas en la venta de opciones. Dado que se trata de operaciones altamente especulativas, su presencia no permite calificar el grado de eficiencia del mercado de opciones español.

(*) Los autores agradecen a Manuel Andrade, Arturo Piñera y Remedio Romeo tanto las bases de datos facilitadas como sus valiosos comentarios al presente trabajo. De la misma manera este agradecimiento es extensible tanto a la Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica (PB94-1045) como al Gobierno de Navarra por su apoyo financiero.

PALABRAS CLAVE

Volatilidad. Mercado de Opciones.

ABSTRACT

In this paper we present the results using two *naive* modelizations for trading the IBEX₃₅ option contracts. Although these modelizations lack theoretic rigour, they are decision rules that are well-known as potential forecast sources. Our results show the existence of regularities that can be potentially exploitable through the selling options. These operations are highly speculative and, in this sense, we cannot qualify the degree of efficiency of the Spanish option market.

KEYWORDS

Volatility, Option Market.

1. INTRODUCCION

La literatura financiera reciente ha centrado buena parte de su interés en la conducta de la volatilidad de los activos financieros. En el cuerpo de trabajos sobre los mercados derivados este hecho está presente con mayor profusión, puesto que la volatilidad es la variable central en la determinación del precio de una opción. En los mercados de opciones, los negociadores sintetizan el proceso de toma de decisiones en dicha variable hasta el punto de cotizar volatilidades. Por tanto, el problema de valorar opciones se transforma, en gran medida, en un problema de predicción de volatilidad. Bien es cierto que este último no es trivial, máxime por la verificación empírica (aunque nada reciente) de que la volatilidad de los activos financieros no es constante en el tiempo.

Dentro del amplio campo de trabajo que se abre en relación con este tema, el alcance del trabajo aquí presentado es ciertamente modesto, ya que se concreta en el análisis de resultados derivados de la adopción de

estrategias de negociación basadas en dos modelos *naive* de predicción de volatilidad. La intuición que acompaña esta selección es que estrategias basadas en modelos sencillos, y contruidos con información fácilmente disponible, no deben proporcionar beneficios sistemáticos en mercados organizados, a no ser que no puedan ser arbitrados o que impongan la asunción de un nivel de riesgo tal que justifique plenamente su beneficio.

De esta forma, las conclusiones que pueden extraerse del trabajo pueden ir más allá de la observación del grado de bondad que exhiben estrategias basadas en las modelizaciones *ad-hoc* utilizadas, ya que los resultados nos pueden ofrecer cierta información sobre el funcionamiento del mercado, así como aportarnos algunos datos relacionados con el nivel del liquidez y profundidad de dicho mercado.

Como ya se ha mencionado, el trabajo se centra en el estudio de los resultados de modelos ingenuos. En concreto, se abordan dos modelizaciones *ad-hoc*: conos de volatilidad (Lane y Burghardt, 1990) y modelos autorregresivos de volatilidades implícitas medias (Stein, 1989). En el primer caso se obtienen valores máximos y mínimos históricos de la volatilidad del subyacente en función del tiempo hasta el vencimiento de la opción. En el segundo caso se realiza una estimación de la volatilidad implícita diaria media a la que supuestamente se contratarán las opciones al día siguiente y, sobre ella, se crean intervalos simétricos de acuerdo con un parámetro a fijar por el especulador en función del grado de aversión al riesgo.

Asumiendo, para los propósitos del trabajo, la validez de ambas modelizaciones, se trata de detectar opciones con volatilidades implícitas que no pertenezcan a los intervalos (anchura del cono o intervalo simétrico sobre la predicción) y que, en consecuencia, puedan ser objeto de negociación con fines especulativos. Para ello, una parte del período muestral (1992-1993) nos permitirá estimar los parámetros necesarios para confeccionar los intervalos de predicción y el último período muestral (1994) nos servirá de período de predicción extramuestral sobre el que comprobar los resultados de las estrategias planteadas, deducidos los costes de transacción en el mercado.

En lo que sigue, el trabajo se estructura en cuatro secciones. La segunda presenta las distintas bases de datos utilizadas. La tercera muestra sucintamente la intuición latente en las modelizaciones planteadas, su construcción, las estrategias planteadas y los resultados obtenidos de su aplicación. Por último, la sección cuarta sintetiza las conclusiones más relevantes.

2. BASE DE DATOS

Las bases de datos utilizadas han sido facilitadas por el sistema MIS de MEFF Renta Variable S.A. En concreto, se utilizan tres bases de datos diferentes: precios de cierre del índice al contado y a futuro durante el período comprendido entre el 14 de enero de 1992 y el 31 de diciembre de 1993 y posiciones intradía del mercado de opciones sobre el índice, incluyendo primas y volatilidades implícitas, durante el período comprendido entre mayo de 1992 y diciembre de 1994.

Acorde con la metodología utilizada, los datos se dividen en dos submuestras: la primera para la construcción de la estrategia de negociación y la segunda para determinar la bondad predictiva de la modelización. Concretamente, la construcción de los conos, tanto contado como futuro, se realiza con las bases de precios de cierre del índice y el método ingenuo autorregresivo se formaliza a partir de las volatilidades implícitas intradía del período mayo 92 - diciembre 93. La aplicación de las modelizaciones al terreno predictivo se ha desarrollado para el período temporal 1 de enero al 31 de diciembre de 1994, utilizando las primas y volatilidades implícitas intradía efectivamente negociadas en el mercado.

En las bases de datos intradía, al objeto de evitar sesgos sistemáticos, se han eliminado aquellas opciones con un período de vida inferior a cinco días o superior a ciento veinte y aquellas posiciones en las que la volatilidad implícita toma un valor de cero.

3. METODOLOGIA Y RESULTADOS

3.1. CONOS DE VOLATILIDAD

Los conos de volatilidad parten del supuesto de la existencia de patrones regulares en la conducta de la volatilidad del subyacente hasta el vencimiento, que pueden ser objeto de explotación con fines especulativos.

Un cono de volatilidad, utilizando la metodología aplicada por Lane y Burghardt (1990) para mercados de opciones sobre divisas, se construye determinando para el intervalo temporal considerado (bianaual, anual, mensual, semanal), la volatilidad histórica máxima y mínima diaria, obteniendo un intervalo de amplitud variable para cada una de las unidades temporales consideradas en el que se considera aceptable la variabili-

dad de la volatilidad. En el supuesto de que la volatilidad del día t no esté comprendida dentro del intervalo, la decisión de negociación será de compra ($\sigma_t < \sigma_t^{\min}$) o de venta ($\sigma_t > \sigma_t^{\max}$), siendo (σ_t) la volatilidad implícita de una opción que cotiza en el mercado el día t (σ_t^{\max}) la volatilidad histórica máxima y (σ_t^{\min}) la volatilidad histórica mínima.

La construcción del cono de volatilidad implica estimar la volatilidad histórica como una desviación estándar de las rentabilidades del subyacente (bien con el precio *spot* o con el precio a futuro del índice), para cada uno de los períodos considerados (1). Como consecuencia de la diferencia de vencimientos entre el mercado americano y español, se hace necesaria una adaptación de los horizontes temporales descritos por Lane y Burghardt. Estos autores construyen conos de volatilidad para opciones sobre Eurodólares y Yenes japoneses, operando con un horizonte temporal máximo de dos años y mínimo de un mes a vencimiento, puesto que consideran posibles efectos significativos durante el último mes de negociación que desvirtúan la realidad del mercado. Dado que en el mercado español de opciones IBEX₃₅, los mayores volúmenes de negociación únicamente tienen lugar para aquellos contratos con períodos de maduración inferiores a treinta días, el cono se ha construido teniendo en cuenta este factor, considerando un período temporal máximo de noventa días y mínimo de cinco días al vencimiento, evitando de esta forma los movimientos atípicos, tanto en volatilidad como en precios, consecuencia de la proximidad al vencimiento y fruto del traspaso de posiciones a posteriores vencimientos y posibles arbitrajes.

El objetivo del cono de volatilidad es mostrar el intervalo de variabilidad de la volatilidad pasada del activo subyacente para diferentes horizontes temporales de negociación, en función del tiempo hasta el vencimiento de la opción. Elegido un período anual, se puede optar por considerar unidades temporales de segregación diferentes: días, semanas, meses, trimestres, semestres, etc. Seleccionada la unidad de referencia, se obtienen las correspondientes volatilidades calculadas como desviaciones típicas con docientas cincuenta y dos referencias para unidades diarias, cincuenta y dos para las semanales, doce para las mensuales, etc.

En el presente estudio se han construido dos conos de volatilidad, tomando como referencia unidades diarias. El primero de ellos con los precios al contado del índice y, el segundo, con los precios «a futuro» del

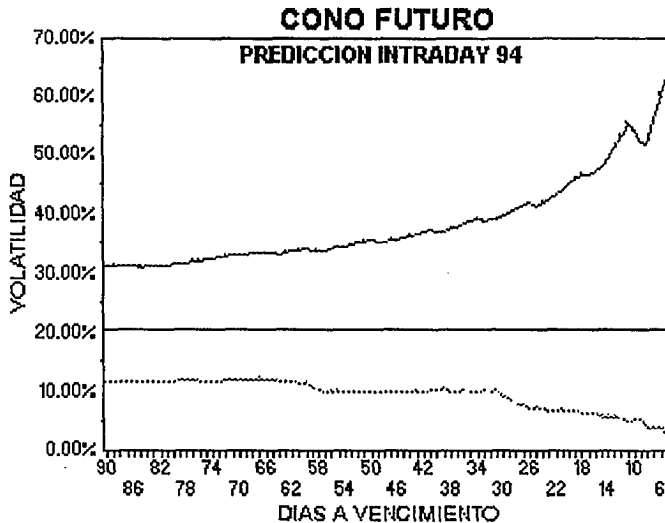
(1) Ver LAMOTHE (1993) para una acertada descripción de los conos de volatilidad.

vencimiento más próximo (inferior a treinta y un días) a la fecha de referencia.

A partir de la base de datos, anteriormente descrita, se calculan las desviaciones típicas para cada uno de los días de mercado, de acuerdo con la amplitud elegida para el cono (2), obteniendo las estimaciones de volatilidad del activo subyacente en referencia a los días de vida de la opción. Se determinan, de esta forma, las desviaciones típicas en función de la vida de la opción para cada una de las unidades de tiempo consideradas y se calcula el mayor y menor valor de dicha variable, configurando estos máximos y mínimos los límites superior e inferior del cono de volatilidad.

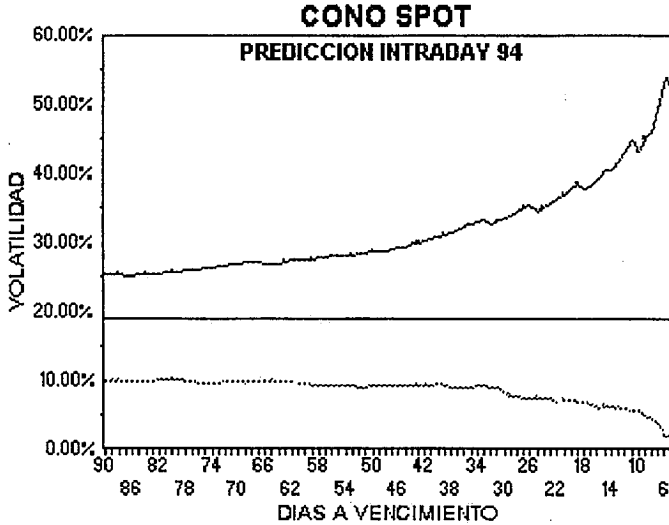
Los resultados de la aplicación de la metodología se presentan en el Gráfico 1, para el cono de volatilidad del IBEX₃₅ con precios de futuro y en el Gráfico 2, para el cono de volatilidad del IBEX₃₅ *spot*. Con carácter ilustrativo se presentan en el Cuadro 1 algunos de los datos utilizados para la construcción del cono de volatilidad del IBEX₃₅ *spot*.

GRÁFICO 1
CONO DE VOLATILIDAD IBEX 35_{FUTURO30}



(2) En el caso de los conos Eurodólares y Yenes, los incrementos para la amplitud del cono se consideran mensuales, ya que los vencimientos de estos contratos son anuales. En el caso español se ha determinado la amplitud diaria dado el vencimiento mensual de los contratos.

GRÁFICO 2

CONO DE VOLATILIDAD IBEX 35_{SPOT}

Al igual que en el trabajo de Lane y Burghardt, en el caso del IBEX₃₅ se verifica que la volatilidad histórica cuando restan menos días para el vencimiento de la opción tiene significativamente una mayor variabilidad que con un mayor horizonte temporal. Por ejemplo, en el cono futuro, cuando faltan siete días para el vencimiento de la opción, el rango de variabilidad de la volatilidad oscila entre un 3,72 por 100 y un 55,97 por 100. Sin embargo, cuando quedan sesenta días para el vencimiento, el rango oscila en un intervalo de amplitud menor, entre un 11,20 por 100 y un 33,87 por 100.

La prueba de predicción extramuestral se ha realizado para las operaciones intradía efectivamente realizadas en el ejercicio 1994, sumando en total 32.874 operaciones. No obstante, se eliminaron todas aquellas operaciones en las que la vida de la opción era mayor a noventa o menor a cinco días (3). Posteriormente, se determinaron las volatilidades implícitas de las opciones sobre el IBEX₃₅ que fueron negociadas por encima del techo o por debajo del suelo del cono durante el período.

(3) Este modo de proceder supuso la eliminación del 26,35 por 100 de la negociación. De las operaciones restantes, el 55,79 por 100 (13.509) se correspondía con negociación en opciones de compra y el 44,20 por 100 (10.704) con opciones de venta.

Cuadro 1
CONO DE VOLATILIDAD SPOT

FECHA	DIAS A VENCIMIENTO					
	90	60	30	20	10	5
02/01/92						
03/02/92				11.74%	7.47%	7.26%
02/03/92			9.50%	10.55%	12.74%	9.53%
01/04/92		10.50%	9.34%	7.97%	7.89%	5.33%
04/05/92		10.18%	10.11%	10.87%	7.04%	6.23%
01/06/92	10.02%	10.26%	9.93%	11.16%	9.11%	12.52%
01/07/92	11.81%	13.03%	13.97%	15.52%	17.07%	16.45%
03/08/92	15.22%	16.28%	19.87%	21.59%	15.16%	8.26%
01/09/92	17.34%	19.68%	19.20%	20.96%	23.16%	22.65%
01/10/92	22.60%	25.95%	30.68%	32.98%	37.40%	45.98%
02/11/92	24.39%	25.96%	29.88%	19.85%	11.06%	10.05%
01/12/92	24.14%	26.58%	18.13%	20.49%	17.64%	18.72%
04/01/93	23.57%	17.87%	14.45%	12.21%	10.50%	4.87%
01/02/93	22.36%	17.13%	16.59%	17.71%	16.60%	14.28%
01/03/93	17.03%	16.68%	18.21%	19.29%	21.11%	27.77%
01/04/93	15.63%	15.73%	14.38%	11.73%	12.22%	12.08%
03/05/93	14.84%	13.60%	11.64%	11.66%	11.46%	10.54%
01/06/93	15.56%	14.95%	17.96%	20.55%	13.42%	17.74%
01/07/93	14.64%	15.39%	13.01%	13.37%	14.03%	11.66%
02/08/93	13.84%	15.09%	10.88%	9.68%	10.44%	11.78%
01/09/93	14.96%	13.00%	15.10%	16.39%	19.98%	25.62%
01/10/93	14.00%	15.00%	17.32%	16.00%	14.24%	9.79%
02/11/93	13.80%	15.45%	12.88%	12.29%	15.39%	13.86%
01/12/93	15.62%	15.38%	16.26%	16.72%	17.97%	19.64%
28/12/93	15.80%	14.41%	15.75%	15.45%	17.08%	18.25%
MAXIMO	25.33%	27.49%	33.38%	37.65%	43.21%	52.05%
MINIMO	9.81%	9.55%	8.36%	7.01%	5.51%	1.56%

El sistema de inversión se basa en los siguientes razonamientos:

- i) Si la volatilidad implícita negociada se sitúa por encima del techo de la opción, se venden contratos.
- ii) Si la volatilidad implícita negociada se sitúa por debajo del suelo del cono de la opción, se compran.

Los resultados obtenidos, número de operaciones en las que la herramienta indica comprar-vender y número de operaciones en las que se obtienen beneficios, se presentan en el Cuadro 2 para el cono «futuro» y en el Cuadro 3 para el cono *spot*.

CUADRO 2

OPERATIVA Y BENEFICIOS INTRADIA 94. CONO «FUTURO»

	COMPRAS		VENTAS		TOTAL	
	N.º OPERAC.	B.º	N.º OPERAC.	B.º	N.º OPERAC.	B.º
CALL	9	0	11	8	20	8
PUT	7	2	9	9	16	11
TOTAL	16	2	20	17	36	19

CUADRO 3

OPERATIVA Y BENEFICIOS INTRADIA 94. CONO SPOT

	COMPRAS		VENTAS		TOTAL	
	N.º OPERAC.	B.º	N.º OPERAC.	B.º	N.º OPERAC.	B.º
CALL	5	0	51	18	56	37
PUT	3	2	58	55	61	57
TOTAL	8	2	109	73	117	94

La aplicación del sistema de inversión, cuando se utiliza el cono «futuro» del activo subyacente, indica la realización de diecinueve ventas, lo que significa un 0,08 por 100 del total de la operativa del mercado y die-

ciséis compras (0,07 por 100 de la operativa total). Cuando se utiliza el cono construido con precios de contado las operaciones de venta pasan a ser ciento veintitrés (0,51 por 100 del total de operaciones del mercado) y las de compra diez, que representan un 0,05 por 100 de las operaciones de mercado. Independientemente de que el sistema se aplique con precios de contado o con precios del futuro, no se alcanza en ninguno de los casos el 1 por 100 de negocio de mercado.

En el caso del cono *spot* se obtuvieron beneficios en un 77,44 por 100 de los casos. Concretamente, desagregando entre opciones de compra y de venta, se obtuvieron resultados positivos en opciones de compra en un 61,67 por 100 de las operaciones y en un 94,52 por 100 con las opciones de venta. En lo que se refiere a compra de *call* no se obtuvo beneficio en ninguna posición, mientras que del total de *call* vendidas se obtuvo beneficio en un 69,81 por 100 de los casos. En compras de *put* se obtuvo beneficio en un 33 por 100 de las compras mientras que el 97,14 por 100 de las posiciones de venta de opciones *put* obtuvieron beneficios.

La aplicación de esta misma estrategia de negociación sobre el cono «futuro» arroja resultados bastante próximos, aunque quizá menos espectaculares en términos generales. En particular, se obtienen beneficios en un 52,7 por 100 de las posiciones tomadas. Este porcentaje no es idéntico entre opciones de compra y venta, ya que para las primeras se obtuvieron beneficios en un 40 por 100 de las posiciones y, para las segundas, en el 68,7 por 100. Es interesante resaltar que nuevamente son las ventas de opciones las que ofrecen mayor probabilidad de beneficio. Así, el 100 por 100 de las ventas de opciones *put* y el 72,7 por 100 de la venta de opciones *call* han ofrecido beneficios.

Estos resultados no tienen en cuenta los gastos de negociación de las opciones en el mercado, por lo que podría pensarse que son ficticios. Para poder cuantificar si los resultados netos (una vez descontados los gastos de mercado) también son positivos, se procedió a la construcción de una cartera con criterios de negociación mínimos, compra o venta de diez contratos por posición. Tras consultar en varias agencias de valores de la plaza, se aplicaron unos costes medios de transacción: 70 ptas./contrato y el 10 por 100 de la prima (4). Con estas hipótesis se construyeron dos carteras, la primera para el cono *spot* y una segunda para el cono «futuro» obteniendo los resultados presentados en los Cuadros 4 y 5, respectivamente.

(4) Información facilitada por Contreras y Asociados.

CUADRO 4

CARTERA CONSTRUIDA CON EL SISTEMA DE INVERSION BASADO
EN EL CONO SPOT

	CALL				PUT				CARTERA	
	Compras		Ventas		Compras		Ventas		Rdo.	Rdo c/g
	U	Ptas.	U.	Ptas.	U	Ptas.	U.	Ptas.		
Enero	1	-50.000	1	175.000					125.000	122.087
Febrero	2	-136.000	2	290.000			1	76.000	230.000	222.749
Marzo			1	113.000			3	461.380	574.380	568.471
Abril			3	337.860	2	45.940	3	202.870	586.670	575.471
Mayo			6	36.580			3	-376.130	-339.550	575.126
Junio			7	-103.580			27	1.010.140	907.060	-352.491
Julio			12	-118.080			13	885.680	767.600	858.490
Agosto	1	-10.000	5	513.500					503.500	731.798
Septiembre									886.680	494.619
Octubre			14	-606.460	1	-190.000	8	599.000	-197.460	863.759
Noviembre	1	-29.320							-29.320	-231.047
Diciembre										-30.737
TOTAL	5	-225.320	51	638.520	3	-114.060	58	3.745.060	4.044.000	3.853.561

CUADRO 5

CARTERA CONSTRUIDA CON EL SISTEMA DE INVERSION BASADO EN EL CONO «FUTURO»

	CALL				PUT				CARTERA	
	Compras		Ventas		Compras		Ventas		Rdo.	Rdo c/g
	U	Ptas.	U.	Ptas.	U	Ptas.	U.	Ptas.		
Enero	2	-135.000			1	-5.000			-140.000	-144.270
Febrero	2	-136.000	2	290.000			1	76.000	230.000	227.749
Marzo							1	144.000	144.000	142.528
Abril					2	45.940	2	162.870	208.810	203.060
Mayo			3	129.720					129.720	125.315
Junio							2	127.000	127.000	125.536
Julio			3	86.960					86.960	82.637
Agosto			2	272.000					272.000	269.064
Septiembre	3	-38.000			1	-2.070	1	154.680	114.610	107.468
Octubre	1	-9.380	1	-147.680	2	-290.000	2	310.000	-137.060	-145.783
Noviembre	1	-29.320			1	33.320			4.000	1.152
Diciembre										
TOTAL	9	-347.700	11	631.000	7	-217.810	9	974.550	1.040.040	994.456

Los resultados totales obtenidos con ambas carteras resultan positivos y más favorables para el cono *spot*. No obstante, la desagregación entre compras y ventas de opciones pone de manifiesto una notable diferencia en los resultados de las estrategias. Las decisiones de compra, bien sea de opciones *put* o de opciones *call*, resultan negativas y, en cambio, las de venta resultan positivas.

De ello se deduce que las estrategias que parecen producir beneficios más o menos sistemáticos consisten en la venta de opciones, lo cual, lógicamente, supone la asunción de un riesgo elevado (ilimitado en principio, aunque pueda reducirse a través de combinaciones con otras opciones). Nótese, además, que las opciones que se venden, de acuerdo con la

estrategia del cono, son aquellas cuya volatilidad implícita es mayor que la máxima histórica del subyacente recogida en el cono para el tiempo que media hasta el vencimiento de la opción. Realizar una operación de venta supone asumir un riesgo elevado por cuanto el mercado estaría anticipando una elevadísima volatilidad del activo subyacente. Los resultados también nos ponen de manifiesto que las estrategias de compra, que presentan un riesgo limitado, no ofrecen estas posibilidades de explotación especulativa.

3.2. PREDICCIÓN CON MODELOS AUTORREGRESIVOS

La segunda de las modelizaciones responde a un conjunto amplio de trabajos de perfil de serie temporal en los que se asume que los valores retardados de la variable ayudan a obtener predicciones útiles de la misma. Así, Stein (1989) y Diz y Finucane (1993) utilizan un $AR(1)$ para describir el proceso para las volatilidades implícitas. Sheikh (1993), aunque introduce variables explicativas adicionales, también afirma que las volatilidades implícitas deben estar positivamente relacionadas con sus variables retardadas por dos razones: en atención a que las volatilidades realizadas se encuentran positivamente correlacionadas y por hecho de que las volatilidades implícitas miden las volatilidades esperadas sobre el tiempo que resta hasta el vencimiento. Esta apuesta de introducir variables adicionales (volatilidad histórica, tipos de interés, volatilidad del mercado, valor de la cartera de mercado...) se contiene en otros muchos trabajos (5). Sin embargo, en nuestro caso nos restringiremos al análisis mediante procesos autorregresivos puros $AR(p)$. En dicho modelo se asume que las variables retardadas de la variable son variables subrogadas de un conjunto de variables sin especificar *a priori* y, en ese sentido, pueden ayudar a obtener predicciones útiles de la variable dependiente.

La intuición que subyace en la estrategia planteada es la siguiente. Elegido el orden p del autorregresivo nos encontramos en disposición de realizar una predicción sobre la que puede establecerse un intervalo de confianza. Dicho intervalo, bajo el cumplimiento de los supuestos del modelo, puede calcularse de forma que contenga el valor real de volatilidad predicha con un determinado nivel de probabilidad prefijado. En consecuencia, valores de volatilidad cotizados fuera de dicho intervalo pueden generar oportunidades especulativas.

(5) Ver el trabajo ya mencionado de SHEIKH (1993) y el de Analistas Financieros Internacionales (1992)

Tomando como referencia las volatilidades implícitas intradía disponibles en la base de datos, se cuantifica para cada día la volatilidad implícita media como la media aritmética de las volatilidades implícitas efectivamente negociadas (6).

Determinadas las volatilidades implícitas medias diarias para el periodo comprendido entre mayo de 1992 y diciembre de 1993, se estiman distintas especificaciones autorregresivas AR(p):

$$\bar{\sigma}_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \beta_i * \bar{\sigma}_{t-i} + \varepsilon_t$$

siendo $\bar{\sigma}_t$ la volatilidad implícita del día t , p el número de retardos de la variable dependiente y ε_t la perturbación aleatoria.

La selección del número de retardos considerados iniciales atiende al análisis de las funciones de autocorrelación y de autocorrelación parcial. Asimismo, el contraste de autocorrelación individual y el *Ljung-Box* de significación conjunta apuntan en este sentido. Estos resultados no son totalmente coincidentes con lo expuesto por Stein (1989) o por Diz y Finucane (1993) para los que parece que los coeficientes de autocorrelación de orden superior a 1 no resultaban significativos. Tomando valores de $p = 1, \dots, 5$ se obtienen cinco modelos diferentes, presentándose los resultados de dicha estimación en el Cuadro 6

Con objeto de determinar un único modelo, se debe establecer un criterio que discrimine entre las distintas alternativas. Generalmente, suele hacerse referencia a criterios de selección de retardos como los de Akaike (1973) o de Schwarz (1978). En nuestro caso vamos a huir pretendidamente de estos criterios y a adoptar uno basado exclusivamente en la bondad de predicción.

Para ello, hemos optado por considerar el error relativo en precios. Esto es, para cada caso se calcula el error relativo en volatilidad (ERV_t) como el cociente entre la diferencia de la predicción de la volatilidad implícita media ($\hat{\sigma}_t$) y la volatilidad implícita media real (σ_t) con esta última. Formalmente,

$$ERV_t = \frac{\hat{\sigma}_t - \sigma_t}{\sigma_t}$$

(6) La indisponibilidad de datos de volumen por operación impide el cálculo de una media ponderada, que probablemente, resultase más apropiada. En este apartado, atendiendo a razones de simplicidad, hemos reducido el ámbito de aplicación de las estrategias a las opciones *CALL*.

CUADRO 6

RESULTADOS DE LA ESTIMACIONES MCO
(MAYO 92 - DICIEMBRE 93). VOLATILIDADES IMPLICADAS

	Constante	T	Vol. _{t-1}	T	Vol. _{t-2}	T	Vol. _{t-3}	T	Vol. _{t-4}	T	Vol. _{t-5}	T	R ² Ajust.
AR (1)	2.575	5.20	0.885	40.42									82.43%
AR (2)	2.370	4.78	0.745	14.07	0.149	2.88							82.80%
AR (3)	2.393	4.80	0.749	13.96	0.169	2.54	-0.025	2.01					82.76%
AR (4)	2.295	4.60	0.752	14.06	0.150	2.24	-0.109	-1.64	0.105	2.01			82.91%
AR (5)	2.222	4.47	0.739	13.81	0.163	2.44	-0.128	-1.92	0.009	0.14	0.119	2.28	83.12%

Los estadísticos descriptivos de la medida propuesta para cada una de las especificaciones se presentan en el Cuadro 7.

CUADRO 7

ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS DEL ERROR RELATIVO MEDIO EN
LA PREDICCIÓN DE LA VOLATILIDAD 1994

Modelo	Media	Desv. Típica	Máximo	Mínimo	Rango Variación
AR(1)	-0.013	0.075	0.513	-0.309	0.822
AR(2)	0.0018	0.074	0.530	-0.245	0.775
AR(3)	0.0013	0.074	0.529	-0.246	0.775
AR(4)	0.0016	0.072	0.495	-0.246	0.741
AR(5)	0.0018	0.074	0.511	-0.267	0.778

Acorde con los resultados obtenidos, el modelo AR(3) presenta el menor error medio con una dispersión muy próxima a los demás. En consecuencia, ésta será la especificación elegida.

El criterio de decisión propuesto se basa en comprar (vender) las volatilidades implícitas que el mercado infravalora (sobrevalora) en relación a la estimación calculada. Con el fin de introducir un parámetro que incluya el riesgo que está dispuesto a asumir el agente en el diseño de la estrategia especulativa, se establece un intervalo de confianza que determina las acciones a acometer. De esta manera se acotan tres áreas para la

volatilidad implícita negociada en la posición i el día t (σ_{it}), en función de su relación con la estimación de la volatilidad implícita media de ese día ($\hat{\sigma}_i$) y el parámetro que delimita la probabilidad del intervalo de confianza (ρ), así tenemos:

- i) Si $\sigma_{it} < \hat{\sigma}_i (1-\rho)$ el criterio indica la compra de la opción.
- ii) Si $\hat{\sigma}_i (1-\rho) < \sigma_{it} < \hat{\sigma}_i (1+\rho)$, no se toma ninguna posición.
- iii) Si $\hat{\sigma}_i (1+\rho) < \sigma_{it}$, el criterio aconseja vender la opción.

En este trabajo se tomaron tres intervalos de confianza, correspondiendo cada uno de ellos con un perfil en el que está contemplado el mayor o menor grado de aversión al riesgo de los agentes, en función de la amplitud del intervalo de decisión. Así, se establecen tres valores para el parámetro $\rho = 0 ; 0,1$ y $0,2$.

Cuantificadas las estimaciones de las volatilidades implícitas medias diarias, se contrastó la bondad del sistema para cada uno de los perfiles de inversión considerados, aplicando el sistema de inversión descrito a la negociación realizada durante 1994 en el mercado de opciones IBEX₃₅, siendo el último vencimiento negociado el 16 de diciembre 1994.

En el Cuadro 8 se presenta el volumen total de operaciones de compra y de venta en las cuales se toma posición mediante el sistema de inversión, para cada uno de los perfiles considerados.

CUADRO 8
NUMERO DE OPERACIONES PARA POSICIONES
DE COMPRA Y DE VENTA

	$\rho = 0.2$	% Mdo	$\rho = 0.1$	% Mdo	$\rho = 0$	% Mdo
Compra de <i>Call</i>	168	1.31%	1.275	9.96%	7.383	57.69%
Venta de <i>Call</i>	189	1.47%	906	7.08%	5.414	42.31%
T O T A L	357	2.78%	2.181	17.04%	12.797	100%

En el Cuadro 9 se presentan cuantificados los resultados (7) obtenidos para cada uno de los valores de ρ mediante la adopción de la estrategia

(7) Los resultados se han determinado para la compra o venta de diez contratos de *call* (volumen mínimo de negociación), manteniendo la posición hasta la fecha de vencimiento y calculando el beneficio como ejercicio de la posición.

CUADRO 9

NUMERO DE OPERACIONES EN LAS QUE SE OBTIENE BENEFICIO

	$\rho = 0.2$	% Mdo	$\rho = 0.1$	% Mdo	$\rho = 0$	% Mdo
Compra de <i>Call</i>	37	22.02%	203	15.92%	1.194	16.17%
Venta de <i>Call</i>	133	70.37%	578	63.79%	4.032	74.47%
TOTAL	170	47.62%	781	35.80%	5.226	40.83%

de inversión, mientras que en el Cuadro 10 se presentan los resultados monetarios de las posiciones tomadas en el mercado. Los resultados son concluyentes, tanto en volumen de operaciones como en su cuantificación monetaria.

CUADRO 10

CUANTIFICACION MONETARIA DE LAS POSICIONES
(SIN INCLUIR COSTES DE TRANSACCION)

	$\rho = 0.2$	$\rho = 0.1$	$\rho = 0$
Compra de <i>Call</i>	-2.718.000	-27.765.000	-174.837.000
Venta de <i>Call</i>	5.352.000	1.601.000	109.401.000
TOTAL	2.634.000	-26.164.000	-65.436.000

En relación a compras, el volumen de operaciones en las que se obtiene beneficios es relativamente escaso, el mayor volumen de compras con beneficio se da para $\rho = 0,2$ donde el 22,02 por 100 de las compras realizadas proporcionan un resultado positivo. Sin embargo, en términos generales, el global de compras proporciona pérdidas sustanciosas.

Por el contrario, para ventas de opciones, se obtienen resultados positivos, siendo, respectivamente, de un 74,47 por 100, 63,79 por 100 y 79,37 por 100 el porcentaje de operaciones de ventas que aporta resultados positivos a la cartera.

Los resultados anteriores no tienen en cuenta los costes de transacción (8). Cuantificados tales costes (9), bajo el supuesto de contratación mínima, su inclusión modifica el signo de algunos resultados, (Cuadro 11). En particular, las ventas con $\rho = 0,1$ ofrecen pérdidas y el resultado global de la estrategia completa de compra y venta es permanentemente negativo.

CUADRO 11

CUANTIFICACION MONETARIA DE LAS POSICIONES NETAS

	$\rho = 0.2$	$\rho = 0.1$	$\rho = 0$
Compra de <i>Call</i>	-3.809.200	-34.109.600	-219.240.900
Venta de <i>Call</i>	3.233.600	-6.743.300	67.104.500
T O T A L	-575.600	-41.852.900	-152.136.400

Con objeto de verificar si los resultados obtenidos son un reflejo fiel de lo que ocurre en cada vencimiento, se procedió a realizar el mismo proceso para una cartera de negocio que comprendiera las operaciones realizadas durante el mes de diciembre de 1994 para el vencimiento 16/12/94. Para lo cual es necesario realizar el proceso de estimación descrito anteriormente para el período de tiempo comprendido entre mayo de 1992 y noviembre de 1994.

Los resultados de la estimación se presentan en el Cuadro 12, y al igual que para la cartera anterior, se determina el error medio en volatilidad para cada uno de los modelos, presentándose los resultados en el Cuadro 13, siendo ahora *AR*(5) la especificación elegida en función de su menor *ERV*, y su mayor R^2 ajustado frente al modelo *AR*(3) de idéntico error medio en volatilidad.

En el Cuadro 14 se presenta el volumen total de operaciones de compra y de venta en las cuales se toma posición en dicho período de tiempo.

Cabe destacar, en buena lógica, que el incremento del parámetro ρ conlleva una reducción del volumen de operaciones. Así, con $\rho = 0,1$ tenemos seis posiciones de compra y cuarenta y tres posiciones de venta,

(8) No se considera el coste financiero del depósito, al estar remunerado por la Cámara de Compensación.

(9) Coste de intermediación: 70 ptas/contrato más 10 por 100 prima.

CUADRO 12

RESULTADOS DE LAS ESTIMACIONES MCO (MAYO 92 - NOVIEMBRE 93). VOLATILIDADES IMPLICITAS

	Constante	T	Vol _{t,1}	T	Vol _{t,2}	T	Vol _{t,3}	T	Vol _{t,4}	T	Vol _{t,5}	T	R ² Ajust.
AR (1)	2.897	6.69	0.872	46.07									79.83%
AR (2)	2.592	5.99	0.713	16.78	0.172	4.16							80.43%
AR (3)	2.589	5.94	0.712	16.48	0.170	3.25	0.002	0.006					80.39%
AR (4)	2.496	5.71	0.712	16.52	0.155	2.93	-0.061	-1.15	0.083	1.99			80.50%
AR (5)	2.401	5.50	0.702	16.32	0.162	3.07	-0.802	-1.51	-0.285	2.79	0.113	2.70	80.73%

CUADRO 13

ERROR RELATIVO MEDIO EN LA PREDICCION DE LA VOLATILIDAD DE DICIEMBRE 1994

Modelo	Error Relativo Medio
AR(1)	-0.023
AR(2)	-0.013
AR(3)	-0.015
AR(4)	-0.016
AR(5)	-0.013

CUADRO 14

NUMERO DE OPERACIONES PARA POSICIONES DE COMPRA Y DE VENTA

	$\rho = 0.2$	$\rho = 0.1$	$\rho = 0$
Compra de Call	3	6	19
Venta de Call	21	43	71
No hay posición	66	41	
TOTAL	90	90	90

aproximadamente un 60 por 100 de las posibles, con $\rho = 0$, y con $\rho = 0,2$ tomamos posiciones en tres compras y en veintiuna operaciones de venta, es decir, en un 30 por 100 de las anteriores.

En el Cuadro 15 se presenta el porcentaje de operaciones con beneficio sobre las realizadas y en el Cuadro 16 se presentan los resultados monetarios de las operaciones en las que se han obtenido beneficios.

CUADRO 15
PORCENTAJE DE OPERACIONES
EN LAS QUE SE OBTIENE BENEFICIOS

	$\rho = 0.2$	$\rho = 0.1$	$\rho = 0$
Compra de <i>Call</i>	0%	0%	0%
Venta de <i>Call</i>	100%	100%	100%
T O T A L	100%	100%	79%

CUADRO 16
CUANTIFICACION MONETARIA DE LAS POSICIONES
(SIN INCLUIR COSTES DE TRANSACCION)

	$\rho = 0.2$	$\rho = 0.1$	$\rho = 0$
Compra de <i>Call</i>	-54.960	-121.600	-358.880
Venta de <i>Call</i>	421.200	768.800	1.299.680
T O T A L	366.240	647.200	940.800

En términos generales se vuelve a poner de manifiesto la conclusión relativa a la existencia de beneficios sistemáticos ligados a la venta de opciones «arriesgadas». Sin embargo, en este caso, también aparecen posibilidades adicionales de obtención de beneficios con la venta de opciones «normales» ($\rho = 0$ y $\rho = 1$ en el mes de diciembre), situaciones que no resultan fácilmente explicables.

A todo ello hay que añadir que se ha realizado una modelización pretendidamente simple. Se ha estimado con datos del período previo

CUADRO 17
CUANTIFICACION MONETARIA DE LAS POSICIONES NETAS

	$\rho = 0.2$		$\rho = 0.1$		$\rho = 0$	
	B° Bruto	B° Neto	B° Bruto	B° Neto	B° Bruto	B° Neto
Compra de <i>Call</i>	-54.960	-66.090	-121.600	-144.500	-358.880	-435.580
Venta de <i>Call</i>	421.200	320.000	768.800	594.700	1.299.680	1.029.080
TOTAL	366.240	253.910	647.200	450.200	940.800	593.500

1992-1993 y únicamente se han considerado como variables explicativas las variables retardadas. Es de esperar que mejoras en la adecuación del período de estimación y la incorporación de variables adicionales en la línea de lo manifestado por algunos autores (Sheikh, 1993) podría revelar otros resultados que, en principio, debieran ser todavía más favorables para el diseño de estrategias especulativas.

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se presentan los resultados de la aplicación de estrategias de negociación con opciones basadas en dos modelizaciones *ad-hoc* de la volatilidad. En concreto: conos de volatilidad y modelos autorregresivos de volatilidades implícitas. En ambos casos se derivan intervalos que nos delatan si la opción negociada es «barata» o «cara» y, en consecuencia, si puede ser objeto de una toma de posición especulativa.

Los resultados obtenidos para el período temporal considerado nos informan que ambos modelos resultan útiles para derivar estrategias simples, centradas en la venta de opciones, que ofrecen beneficios elevados con un alto nivel de probabilidad. No obstante, hay que tener en cuenta que las opciones vendidas (al menos en la estrategia basada en los conos de volatilidad) son aquellas que anticipan unos niveles de volatilidad muy elevados, por lo que resulta muy arriesgada su venta.

Como ya se ha indicado en la introducción, el propósito final del trabajo no pretende ser la detección de estrategias especulativas en el mercado de opciones español, sino un intento de constatación de regularida-

des «anormales» en la negociación de opciones que pueden ofrecer información útil a los partícipes, miembros y reguladores del mercado. No parece lógico que especificaciones ingenuas como éstas puedan permitir generar expectativas fundadas de beneficios, salvo que no resulten fácilmente explotables o conlleven un riesgo excesivo para la remuneración esperada por él. Es posible que ésta sea una explicación razonable que ayude a justificar parcialmente la regularidad detectada, al margen de no poder arbitrarla perfectamente (inversión nula y riesgo nulo).

También es posible que la insuficiente liquidez y profundidad del mercado en el período analizado haya generado asincronías en la valoración de las volatilidades que han permitido, *ex-post*, obtener unos resultados satisfactorios con el empleo de simples autorregresivos.

Ampliar este estudio en el tiempo e incorporar depuraciones en las modelizaciones y en las estrategias puede ayudar a constatar si este conjunto de inercias en el mercado desaparecen con su mayor desarrollo actual o bien, si éstas se mantienen, a obtener explicaciones convincentes de las regularidades detectadas.

BIBLIOGRAFIA

- AKAIKE, H. (1973): «Information theory and the extension of maximum likelihood principle», *II International Symposium on Information Theory*, B.N. Petrov and F. Csaki Ed. Budapest.
- ANALISTAS FINANCIEROS INTERNACIONALES (1992) «La estimación de la volatilidad en el mercado de opciones: una aplicación al Bono Nocial en España», *Análisis Financiero Internacional*, 50, febrero-marzo.
- BURGHARDT, G., y LANE, M. (1990): «How tell if options are cheap», *The Journal of Portfolio Management*, Winter 1990, 72-78.
- DIZ, F., y FINUCANE, T. J. (1993) «Do the Options Markets really overreact», *The Journal of Futures Markets*, 13, 3, 299-312.
- LAMOTHE, P. (1993): *Opciones Financieras: Un enfoque fundamental*, Editorial Mac-Graw Hill, 1993.
- SCHWARZ, G. (1978): «Estimating the dimension of a model», *Annals of Statistics*, vol. 6, 461-464.
- SHEIKH, A. M. (1993): «The behavior of volatility expectations and their effects on expected retruns», *Journal of Business*, 66, 1, 93-116.
- STEIN, J. (1989): «Overreactions in the Option Market», *Journal of Finance*, XLIV, 4, 1011-1023.