

**MODELIZACIÓN DE LAS EXPECTATIVAS Y ESTRATEGIAS DE
INVERSIÓN EN MERCADOS DE DERIVADOS**

BEGOÑA FONT-BELAIRE

FUNDACIÓN DE LAS CAJAS DE AHORROS
DOCUMENTO DE TRABAJO
Nº 360/2007

De conformidad con la base quinta de la convocatoria del Programa de Estímulo a la Investigación, este trabajo ha sido sometido a evaluación externa anónima de especialistas cualificados a fin de contrastar su nivel técnico.

La serie **DOCUMENTOS DE TRABAJO** incluye avances y resultados de investigaciones dentro de los programas de la Fundación de las Cajas de Ahorros.
Las opiniones son responsabilidad de los autores.

MODELIZACIÓN DE LAS EXPECTATIVAS Y ESTRATEGIAS DE INVERSIÓN EN MERCADOS DE DERIVADOS

BEGOÑA FONT-BELAIRE

Dpto. de Matemáticas para la Economía y la Empresa

Universitat de València (SPAIN)

RESUMEN

Este artículo trata sobre la inversión en mercados de derivados y desarrolla un procedimiento inferencial Bayesiano para evaluar el precio de las opciones que permite combinar formalmente la información de las series históricas de precios del subyacente y opciones con las expectativas del inversor sobre la evolución en tendencia y volatilidad del subyacente. Se propone también un problema dinámico de programación lineal entera, basado en las estimaciones Bayesianas del modelo anterior, para determinar el número óptimo de opciones a compra/vender que maximiza el beneficio estimado neto de la cartera. Esta metodología se aplica en el Mercado Español de Derivados Financieros.

PALABRAS CLAVE: Carteras óptimas, especulación, inferencia Bayesiana, opciones europeas.

CODIGOS JEL: C11, C61, G11, G13.

ABSTRACT

This paper focus on trading in derivative markets for investment purposes and develops a general Bayesian framework for evaluating options where we can merge the investor's subjective beliefs about the changes in trend and volatility in the price movements of the underlying asset with the observed spot and option prices. In addition, it is proposed a dynamic integer programming model, based on the previous Bayesian estimates, for obtaining the optimum number of options to buy/sell in order to maximize the estimated profitability from the portfolio. The methodology is applied on the Spanish Financial Futures and Options Exchange.

KEY WORDS: Bayesian Option Pricing; European options; portfolio management; speculation.

JEL CLASSIFICATION: C11, C61, G11, G13.

1. INTRODUCCIÓN

Los mercados de derivados son muy populares entre los inversores porque son líquidos, alcanzándose rápidamente el precio de cruce por la aceptación de la fórmula de Black-Scholes, son muy flexibles, por el gran número de contratos negociados que permiten tomar posiciones combinadas sobre la evolución futura del subyacente para varios vencimientos, y permiten tomar posiciones con un gran apalancamiento financiero. Pero estas características se pueden volver en contra del inversor si éste no dispone de una buena herramienta para estimar el precio de los derivados de acuerdo con sus expectativas sobre la evolución futura del subyacente y poder comparar su expectativa con el precio teórico que deriva, por ejemplo, de la aplicación de la fórmula de Black-Scholes. En este artículo estudiaremos cómo introducir las expectativas de un inversor sobre la evolución en tendencia y volatilidad del subyacente en el modelo de valoración de opciones, cómo traducirlas a precios subjetivos para opciones negociadas en el mercado de derivados, y finalmente cómo decidir cuál es la estrategia óptima a seguir y su revisión en el período de mantenimiento incorporando la nueva información que proporciona los mercados a contado y derivado.

Estos aspectos de valoración subjetiva y determinación de la estrategia óptima en opciones de acuerdo con las expectativas del inversor no han recibido mucha atención de la literatura previa. Aunque podemos citar varios trabajos en los que se estudia el problema de obtener la cartera de cobertura e inversión óptima con opciones (véanse, p.e. Rendleman [1981], Wolf [1987], Morard y Naciri [1990], Ladd y Hanson [1991] y Bullock y Hayes [1992]), poco o nada se dice sobre las motivaciones del inversor y sus expectativas sobre la evolución del mercado, y la cartera óptima se elige entre un tipo específico de estrategias (básicamente de cobertura en commodities). Destaquemos dos excepciones: Korn y Wilmott [1998] y Font [2004]. El enfoque de estos dos trabajos es muy distinto, Korn y Wilmott [1998] proponen determinar el precio subjetivo de la opción resolviendo un problema de inversión en tiempo continuo en el que se imponen restricciones sobre la evolución del precio de la cartera de valoración (opción, subyacente y bono) que reflejan el propósito del inversor: pura especulación, cobertura total, cobertura parcial, especulación con posición de cierre y “estrategia media-varianza”. En su trabajo se consideran dos situaciones: una más sencilla en la que el inversor es forzado a expresar sus expectativas fijando un valor constante para los parámetros media y volatilidad, y uno más complejo en el que se le permite incorporar cambios en los precios fijando dos valores distintos para el parámetro media y para la intensidad de un proceso Poisson que modeliza la frecuencia de cambio en la tendencia. Como solución alternativa, Font [2004] propone un procedimiento inferencial Bayesiano para modelizar la evolución del mercado (a contado) de acuerdo con las expectativas del inversor sobre la evolución en media y volatilidad del subyacente, estima el precio subjetivo de la opción a partir de la distribución predictiva del precio del subyacente y propone un problema de optimización para obtener la estrategia de inversión óptima atendiendo a las expectativas del inversor. En ambos trabajos el modelo teórico tiene un papel fundamental, pero el artículo de Font [2004] tiene un enfoque más práctico y en él se obtienen estimaciones de los precios de las opciones que incorporan la expectativa a priori del inversor y la información histórica de los precios del subyacente, y proporciona los inputs de un problema de optimización que resuelto obtiene la cartera óptima del inversor de acuerdo con sus expectativas. La aplicación del paradigma Bayesiano en economía, que aplica Font [2004] y que seguiremos en este trabajo no es nueva (véase Zellner [1971, 90]) y proporciona una metodología rigurosa que permite combinar la información muestral con las valoraciones subjetivas del agente; algunas aportaciones recientes en valoración de opciones

son: Jacquier y Jarrow [2000], Forbes, Martin y Wright [2003], Martin, Forbes y Martin [2003] y Eraker [2004].

Este trabajo propone un procedimiento inferencial Bayesiano en el que a partir de un modelo de valoración de opciones se modelizan las expectativas de los agentes sobre la evolución del subyacente y se obtienen predicciones sobre el precio de referencia neutral al riesgo y subjetivo de la opción y del propio subyacente que incorporan estas expectativas y la información histórica de los precios del subyacente y las opciones. Y a partir de estos resultados plantea un problema de optimización dinámico en el que la estrategia óptima de compra/venta de opciones con distintos vencimientos se revisa cada período incorporando junto con las expectativas del inversor la nueva información muestral. El procedimiento se aplica de forma ilustrativa en el mercado de derivados de renta variable español (MEFF-RV) para opciones europeas sobre el índice IBEX-35. La contribución de este artículo es fundamental en varios aspectos:

- i) El procedimiento inferencial Bayesiano permite combinar formalmente la información “pasada” sobre volatilidad contenida en la serie histórica del subyacente con la información “futura” contenida en las series (históricas) de los precios de las opciones y las expectativas de los agentes.
- ii) La introducción de un modelo de valoración de opciones Bayesiano y el uso de información histórica de este mercado permite reconocer e incorporar dentro de la predicción del precio de la opción los posibles errores de modelo asociados a la predicción del precio teórico de la opción (basado en un modelo neutral al riesgo), a la asincronía entre los precios del subyacente y la opción, a costes de transacción y otras fricciones del mercado de derivados.
- iii) El procedimiento aplicado permite obtener estimaciones de los precios de mercado o referencia de la opción (basados en la hipótesis de valoración neutral al riesgo), de los precios subjetivos de la opción y del subyacente a fechas futuras que incorporan las expectativas del inversor, que permiten resolver dos simplificaciones importantes en el procedimiento desarrollado por Font [2004]: el conocimiento a priori de los precios de mercado, que se estimaremos a partir de los precios de referencia de las opciones, y la aplicación del mecanismo de garantías del mercado para controlar el riesgo de la estrategia, que sustituiremos por la exigencia de resultados positivos a vencimiento para cualquier valor del subyacente comprendido en su intervalo de confianza predictivo para un nivel determinado de significatividad que refleje el nivel de aversión al riesgo del inversor.
- iv) A partir de este procedimiento se puede simular la distribución de cualquier cartera de opciones y comparar entre carteras aplicando criterios alternativos al problema de programación planteado como son: el criterio media-varianza, media-semivarianza, media-asimetría, otras funciones de utilidad, dominancia estocástica,... siguiendo las propuestas actuales de la literatura (véanse p.e. Morard y Naciri [1990] y Board, Sutcliffe y Patrinos [2000]) pero con la mejora conceptual de que con esta aproximación se están reflejando las expectativas individuales de los inversores.
- v) Aunque el procedimiento se ilustra para opciones europeas sobre un único subyacente no es excesivamente complejo extender el procedimiento a nivel multivariante con la inclusión de más de un subyacente o incluir dentro del programa de optimización la posibilidad de ejercicio anticipado de opciones americanas.

Este artículo se organiza en cinco apartados incluyendo la presente introducción. En el apartado 2 se introduce el modelo de valoración de opciones Bayesiano, y se obtienen las distribuciones predictivas de los precios teóricos, de referencia y subjetivos de las opciones y del precio subjetivo del subyacente. En el apartado 3 se plantea un problema de programación lineal entera dinámico para obtener una cartera de opciones óptima. En el apartado 4 se ilustra la metodología propuesta obteniendo las distribuciones predictivas y carteras óptimas para opciones sobre el Ibex-35 bajo distintos supuestos sobre las expectativas individuales del inversor. Y finaliza el trabajo con el apartado 5 dedicado a las conclusiones y un anexo con la deducción de las distribuciones finales y predictivas.

2. VALORACIÓN SUBJETIVA DE OPCIONES: MODELO BAYESIANO DE VALORACIÓN DE OPCIONES Y DISTRIBUCIONES PREDICTIVAS

Una opción es un derecho a comprar (opción de compra) o vender (opción de venta) un activo (subyacente) a un precio estipulado (precio de ejercicio) en una fecha determinada. Por adquirir este derecho el comprador de una opción paga una cantidad (prima o simplemente precio) al vendedor. En este artículo nos centraremos para simplificar la exposición en opciones europeas, que sólo pueden ser ejercidas en la fecha de vencimiento. Formalmente, el precio teórico de una opción de compra sobre un subyacente que no reparte dividendos viene dado (véase p.e. Hull [2000]) por:

$$q_t = e^{-r(T-t)} E_t[\max(S_T - K, 0)] \quad [1]$$

donde $E_t[\cdot]$ es la esperanza condicional, basada en la información en el instante t respecto a la distribución de probabilidad neutral al riesgo, T es la fecha de vencimiento, K es el precio de ejercicio, S_T es el precio del subyacente en T y r es el tipo de interés libre de riesgo asumido durante el período de vida de la opción.

Por otra parte, siguiendo el modelo de Black y Scholes asumimos, en un mundo neutral al riesgo, que los logaritmos de los precios se distribuyen según un paseo aleatorio normal y que:

$$\log S_T - \log S_t \sim N\left[\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t), \sigma^2(T-t)\right] \quad [2]$$

donde σ es la volatilidad de los rendimientos del subyacente. Y desde una perspectiva Bayesiana, para no introducir información subjetiva en el modelo, la distribución no informativa habitual sobre la varianza (σ^2):

$$p(\sigma^2) \propto 1/\sigma^2 \quad [3]$$

A partir de [2] y [3] y observados los precios S_i , $i=0,1,2,\dots,t$, se obtiene aplicando el teorema de la Probabilidad Total y teorema de Bayes (veáanse detalles en el Anexo) la siguiente distribución predictiva final para los precios (teóricos) del subyacente^{1,2}:

$$\log S_T / \sqrt{T-t} \Big| S_0, S_1, \dots, S_t \sim \text{GH}[\lambda_n, \alpha_n, \beta_n, \delta_n, \mu_n] \quad [4]$$

donde:

$$\begin{aligned} \lambda_n &= -t/2 & \delta_n &= \sqrt{\chi_n} \\ \chi_n &= (t-1)s_{R_s}^2 + t(\bar{R}_s - r)^2 & \beta_n &= -(T-t) / 2\sqrt{T-t} \\ \psi_n &= t/4 & \mu_n &= [r(T-t) + \log S_t] / \sqrt{T-t} \\ \alpha_n &= \sqrt{\psi_n + \beta_n^2} \end{aligned} \quad [5]$$

con $R_i = \log S_i - \log S_{i-1}$, $i=1,2,\dots,t$, y \bar{R}_s y $s_{R_s}^2$ la media y varianza muestral estándar respectivamente de la muestra $s = \{R_i\}_{i=1}^t$. Finalmente, a partir de esta distribución predictiva obtenemos por simulación la distribución predictiva de la variable $\max(S_T - K, 0) | S_0, S_1, \dots, S_t$ y estimamos, a partir de la media de las simulaciones, el precio teórico de la opción con precio de ejercicio K y vencimiento T , q_t , para todo ejercicio K y vencimiento T .

2.1. MODELO DE VALORACIÓN DE OPCIONES

Asumiendo que el precio teórico estimado a partir de la distribución predictiva [4]-[5] es una representación insesgada del proceso estocástico real de generación del precio, si denotamos por C_{ijt} al precio de mercado en el instante t de la opción de compra con precio de ejercicio K_i , vencimiento T_i y clasificación j según moneyess ($m_i = S_t/K_i$) y/o plazo vencimiento podemos especificar el siguiente modelo de valoración de opciones (véanse p.e. Jacquier y Jarrow [2000], Forbes, Martin y Wright [2003] y Martin, Forbes y Martin [2003]):

$$\begin{aligned} f(C_{ijt}) &= \beta_0 + \beta_1 f(q_{ijt} | S_0, s) + u_{ijt} \\ u_{ijt} &\overset{\text{ind}}{\sim} N(0, d_0^j \sigma^2) \end{aligned} \quad [6]$$

donde $f(\cdot)$ es una función real creciente (p.e. $f(C_{ijt}) = C_{ijt}$, $\log C_{ijt}$ ó $\log C_{ijt} / \sqrt{T_i - t}$), σ es la volatilidad del mercado a contado, $d_0^j > 0$ es un parámetro inicial positivo, y la expresión “ind” indica que los errores se asumen independientes. Además consideremos, desde la aproximación Bayesiana, la distribución no informativa habitual sobre el vector (β_0, β_1) :

¹ Al escribir todas estas expresiones cometemos un abuso de notación que se extiende a lo largo del artículo y conviene ser aclarado, para obtener el precio teórico en el instante t usamos toda la información disponible muestral hasta el instante t y acentuamos esta idea marcando que observamos los precios hasta t . A nivel práctico, es obvio que para estimar el precio de una opción para un día t no disponemos del precio del subyacente que se cotizará durante ese día, la última observación de nuestra muestra se puede referir a la cotización de cierre (u otro dato de ese día) del día anterior $t-1$ o bien a la cotización de apertura del propio día t . En este artículo, hemos aplicado el segundo criterio y hemos usado precios de apertura hasta la propia fecha de estimación de la opción.

² Si $x \sim \text{GH}(\lambda, \alpha, \beta, \delta, \mu)$, $\alpha > 0$, $0 \leq |\beta| \leq a$, $\mu, \lambda \in \mathbb{R}$, $\delta > 0$ con $\text{GH}(\cdot)$ la función de distribución hiperbólica generalizada entonces $x \in (-\infty, \infty)$, $f(x | \lambda, \alpha, \beta, \delta, \mu) = \{[\alpha^2 - \beta^2]^{1/2} / [\sqrt{2\pi} \alpha^{\lambda-1/2} \cdot \delta^\lambda K_\lambda(\delta(\alpha^2 - \beta^2)^{1/2})]\} [\delta^2 + (x - \mu)^2]^{-(\lambda-1/2)/2} \exp(\beta(x - \mu)) K_{\lambda-1/2}(\alpha(\delta^2 + (x - \mu)^2)^{1/2})$ con $K_\nu(\cdot)$ la función modificada de Bessel de tercera clase con índice ν , existen todos los momentos y los primeros momentos son ($\zeta = \delta(\alpha^2 - \beta^2)^{1/2}$): $E(x) = \mu + (\beta\delta^2/\zeta)[K_{\lambda+1}(\zeta)/K_\lambda(\zeta)]$ y $V(x) = \delta^2[K_{\lambda+1}(\zeta)/(K_\lambda(\zeta)) + (\beta\delta^2/\zeta)\{K_{\lambda+2}(\zeta)/K_\lambda(\zeta) - (K_{\lambda+1}(\zeta)/(K_\lambda(\zeta)))^2\}]$. Citemos como referencias básicas acerca de las propiedades de esta distribución y su simulación a Barndorff-Nielsen [1977] y Atkinson [1982] respectivamente.

$$p(\beta_0, \beta_1 | \sigma^2) \propto 1 \quad [7]$$

La presencia de los residuos recoge los errores debidos al modelo y también al error de mercado, esto es, diferencias entre los precios observados y los teóricos atribuibles a factores relacionados con la negociación: asincronías en la negociación, costes de transacción, ... Especificaciones más generales de [6] son obviamente posibles aunque los beneficios en la estimación no son tan claros (véase p.e. Eraker [2004] y Forbes, Martin y Martin [2002]). Además, estrictamente hablando, en ausencia de oportunidades de arbitraje, la distribución de u_{ijt} debería estar acotada inferiormente³ (véase p.e. Hull [2000]) por $f(\max(0, S_t - e^{-r(T_i-t)}K_i))$. En este artículo ignoraremos esta truncación que impide obtener distribuciones predictivas cerradas complicando el proceso inferencial Bayesiano y tiene, en cambio, un impacto mínimo en las estimaciones.

La elección de la función $f(\cdot)$ junto con la clasificación j según moneyess y/o plazo de vencimiento recoge la distinta variabilidad de los precios de opciones según el nivel de moneyess y el plazo hasta vencimiento. De acuerdo, con el doble papel que va a desempeñar este modelo de opciones para estimar precios de referencia y subjetivos, el parámetro d_0^j se debe fijar a partir de la información histórica de rendimientos y opciones⁴ en el primer caso y puede ser fijado arbitrariamente por el inversor en el segundo.

En relación a las opciones de venta, considerando cierto el modelo de opciones [6], asumiendo ausencia de arbitraje y denotando por P_{ijt} al precio de mercado en el instante t de la opción de venta con precio de ejercicio K_i , vencimiento T_i y clasificación j según moneyess y/o plazo vencimiento se cumple la relación de paridad put-call (véase p.e. Hull [2000]):

$$P_{ijt} = C_{ijt} + K_i e^{-r(T_i-t)} - S_t \quad [8]$$

En este trabajo usaremos esta relación para valorar las opciones de venta a partir de la estimación de la correspondiente opción de compra.

2.2. MODELIZACIÓN DE LAS EXPECTATIVAS DE LOS INVERSORES

Introduzcamos ahora las expectativas de nuestros inversores. Nuestro inversor desea estimar cuantitativamente si una opción está siendo infravalorada o sobrevalorada por el mercado según sus expectativas sobre la evolución futura del subyacente de la misma y por lo tanto requiere de un modelo que basado en las hipótesis que subyacen en el modelo de valoración de Black y Scholes permita incorporar dichas expectativas.

Volvamos de nuevo a la ecuación [2] pero sin asumir la hipótesis de valoración neutra al riesgo; los dos parámetros clave que describen el comportamiento del precio del activo y sobre los que el agente debe expresar sus expectativas son: la tasa de rentabilidad esperada del activo en compuesta continua⁵, $\eta = \mu - \sigma^2/2$, y el cuadrado de la volatilidad de los rendimientos, σ^2 . Y consideremos ahora, desde una perspectiva Bayesiana, que el agente puede modelizar de forma adecuada sus expectativas a priori sobre tendencia, η , y sobre volatilidad, σ^2 , fijando m_0 , $c_0 > 0$, $a_0 > 0$ y $b_0 > 0$ en las siguientes distribuciones iniciales:

³ Nótese que para las funciones $f(C_{ijt}) = \log C_{ijt}$ ó $\log C_{ijt}/\sqrt{T_i-t}$ se cumple de forma automática la cota de positividad.

⁴ Observa que: $V[f(C_{ijt})]/V[R_t] = d_0^j$.

⁵ Si denotamos por τ a la tasa de rentabilidad compuesta continua del activo, esto es, $S_j = S_i \exp[\tau(j-i)]$, $j > i$, a partir de [2] se tiene que $\tau \sim N(\eta, \sigma^2/(j-i))$.

$$\eta|\sigma^2 \sim N(m_0, c_0\sigma^2) \quad [9]$$

$$\sigma^2 \sim \text{Ga}^{-1}(a_0, b_0) \quad [10]$$

Destaquemos que las distribuciones⁶ iniciales [9]-[10] además de facilitar el proceso inferencial Bayesiano (nótese que [6], [7] y [9] se definen en función de un mismo parámetro de varianza σ^2) permiten introducir las expectativas del agente de forma fácil y flexible sobre los dos aspectos clave de las estrategias de inversión con opciones: la tendencia del subyacente, haciendo referencia a la dirección del cambio, y la volatilidad del mismo, haciendo referencia a la intensidad del cambio. Adicionalmente, el inversor facilitará también sus expectativas sobre la intensidad de los cambios en los precios de los derivados atendiendo al nivel de moneyess y/o plazo hasta vencimiento a través de los parámetros d_0^j (véase ecuación [6]).

A partir de [1], [2], [6], [7], [9] y [10] y observados los precios de los contratos de opciones de compra negociadas en el intervalo (t, t') , $\{C_{ij\tau}\}_{i,j,t < \tau < t'}$, y los precios del subyacente en el intervalo $[0, t']$, $S_i \ i=0,1,2,\dots,t'$, se obtiene aplicando los teoremas de la Probabilidad Total y de Bayes (véanse detalles en el Anexo) la distribución final de los parámetros β_0 , β_1 y σ^2 del modelo de valoración de opciones [6]:

$$\begin{aligned} \beta_0, \beta_1 | S_0, S_1, \dots, S_{t'}, \{C_{ij\tau}\}_{i,j,t < \tau < t'}, \sigma^2 &\sim N(\hat{\beta}, \mathbf{B}\sigma^2) \\ \sigma^2 | S_0, S_1, \dots, S_{t'}, \{C_{ij\tau}\}_{i,j,t < \tau < t'} &\sim \text{Ga}^{-1}(a_{t'}, b_{t'}) \end{aligned} \quad [11]$$

donde:

$$\begin{aligned} \hat{\beta} &= (\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1)^t & \hat{\beta}_0 &= \bar{c} + \hat{\beta}_1 \bar{q} \\ \mathbf{B} &= \begin{pmatrix} \sum_j n_j / d_0^j & \sum_{i,j,\tau} f(q_{ij\tau}) / d_0^j \\ \sum_{i,j,\tau} f(q_{ij\tau}) / d_0^j & \sum_{i,j,\tau} f^2(q_{ij\tau}) / d_0^j \end{pmatrix}^{-1} & \hat{\beta}_1 &= S_{qc} / S_q^2 \\ & & a_{t'} &= a_0 + (n + t')/2 - 1 \\ & & b_{t'} &= b_0 + 0.5[(t'-1)S_{R's}^2 + t(\bar{R}_s - m_0)^2 / (t'c_0 + 1)] \\ & & & + 0.5[(n-1)(S_c^2 - S_{qc}\hat{\beta}_1)] \end{aligned} \quad [12]$$

con \bar{R}_s y $s_{R's}^2$ la media y varianza muestral estándar respectivamente de la muestra $s' = \{R_i\}_{i=1}^{t'}$, n_j el número de opciones de compra con precio de ejercicio K_i , vencimiento T_i y clasificación j en la muestra, $\bar{q} = [\sum_{j,k,\tau} f(q_{ij\tau}) / d_0^j] / [\sum_j n_j / d_0^j]$, $\bar{c} = [\sum_{j,k,\tau} f(C_{ij\tau}) / d_0^j] / [\sum_j n_j / d_0^j]$, $S_q^2 = [\sum_{j,k,\tau} (f(q_{ij\tau}) - \bar{q})^2 / d_0^j] / (n-1)$, $S_c^2 = [\sum_{j,k,\tau} (f(C_{ij\tau}) - \bar{c})^2 / d_0^j] / (n-1)$ y $S_{qc} = [\sum_{j,k,\tau} (f(q_{ij\tau}) - \bar{q})(f(C_{ij\tau}) - \bar{c}) / d_0^j] / (n-1)$.

Es interesante notar a partir de [11]-[12] que en la distribución final del cuadrado de la volatilidad y por tanto en la estimación de dicho parámetro se combinan, concretamente a través del parámetro $b_{t'}$, la información “pasada” sobre volatilidad contenida en la serie histórica del subyacente (segundo sumando), la información “futura” contenida en las series históricas de los precios de las opciones (tercer sumando) y las expectativas de los agentes (primer sumando). En conclusión, la aproximación Bayesiana permite combinar formalmente los dos procedimientos propuestos por la literatura (véase

⁶ Recordemos que :

- Si $\eta \sim N(m_0, c_0\sigma^2)$ entonces $\eta \in (-\infty, \infty)$, $f(\eta | m_0, c_0\sigma^2) = (2\pi c_0\sigma^2)^{-1/2} \exp[-(\eta - m_0)^2 / 2c_0\sigma^2]$ y los primeros momentos (a partir de ellos podemos especificar m_0 y $c_0 > 0$) vienen dados por : $E(\eta) = m_0$, $V(\eta) = c_0\sigma^2$.
- Si $\sigma^2 \sim \text{Ga}^{-1}(a_0, b_0)$ entonces $\sigma^2 \in (0, \infty)$, $f(\sigma^2 | a_0, b_0) = [b_0 / \Gamma(a_0)] (\sigma^2)^{-(a_0+1)} \exp[-b_0 / (\sigma^2)]$ y los primeros momentos (a partir de ellos podemos especificar $a_0 > 0$ y $b_0 > 0$) vienen dados por : $E(\sigma^2) = b_0 / (a_0 - 1)$, si $a_0 > 1$ y $V(\sigma^2) = b_0 / [(a_0 - 1)^2(a_0 - 2)]$, si $a_0 > 2$.

p.e. Engle y Mustafa [1992]) para estimar el parámetro volatilidad⁷ del modelo de Black-Scholes y en consecuencia valorar opciones.

2.3. DISTRIBUCIONES PREDICTIVAS DE LAS PRIMAS Y DEL SUBYACENTE A VENCIMIENTO

En este apartado deducimos tres distribuciones predictivas finales de interés para nuestro inversor: la distribución predictiva de los precios de las opciones bajo una valoración neutral al riesgo, que nos proporcionará una estimación del precio mercado o de referencia; la distribución (predictiva) subjetiva de los precios de las opciones basada en las expectativas del inversor sobre el subyacente, que comparada con el precio de referencia permitirá determinar si una opción está infravalorada o sobrevalorada según estas expectativas; y la distribución (predictiva) subjetiva de los precios del subyacente a vencimiento, que permite estimar según las expectativas del inversor los resultados futuros de la opción en la fecha de vencimiento.

La distribución predictiva del precio de referencia de una opción de compra para un instante $t'+k$ ($k \geq 0$) bajo una valoración neutral al riesgo se obtiene a partir de [1], [2], [3], [6] y [7] y los precios observados de los contratos de opciones de compra negociadas en el intervalo (t, t') , $\{C_{ij\tau}\}_{i,j,t < \tau < t'}$, y del subyacente en el intervalo $[0, t']$, $S_i, i=0, 1, 2, \dots, t'$, y viene dada (véanse detalles en Anexo) por:

$$\frac{f(C_{ij\tau+k})}{\sqrt{d_t^j}} \Big| S_0, S_1, \dots, S_{t'}, \{C_{ij\tau}\}_{i,j,t < \tau < t'} \sim \text{GH}[\lambda_{t'}, \alpha_{t'}, 0, \delta_{t'}, \mu_{t'}] \quad [13]$$

donde:

$$\begin{aligned} \lambda_{t'} &= -\frac{(n+t')}{2} + 1 & \chi_{t'} &= (t'-1)S_{RS'}^2 + t'(\bar{R}_{S'} - r)^2 + (n-1)(S_c^2 - S_{qe}\hat{\beta}_1) \\ \psi_{t'} &= \frac{t'}{4} & \mu_{t'} &= \frac{[\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 f(q_{ij\tau+k})]}{\sqrt{d_t^j}} \\ \alpha_{t'} &= \sqrt{\psi_{t'}} & d_{t'}^j &= d_0^j + [(n-1)S_q^2 + (\sum_j n_j/d_0^j)(f(q_{ij\tau+k}) - \bar{q})^2] / [(\sum_j n_j/d_0^j)(n-1)S_q^2] \\ \delta_{t'} &= \sqrt{\chi_{t'}} \end{aligned} \quad [14]$$

con d_0^j un parámetro inicial que en este trabajo proponemos sustituir por un estimador basado en la series históricas de precios de opciones y subyacente.

La distribución subjetiva del precio de una opción de compra en $t'+k$ ($k \geq 0$) según las expectativas del inversor, se obtiene a partir de [1], [2], [9], [6] y [11] y los precios observados de los contratos de opciones de compra negociadas en el intervalo (t, t') , $\{C_{ij\tau}\}_{i,j,t < \tau < t'}$, y del subyacente en el intervalo $[0, t']$, $S_i, i=0, 1, 2, \dots, t'$, y viene dada (véanse detalles en Anexo) por⁸:

$$\frac{f(C_{ij\tau+k})}{\sqrt{d_t^j}} \Big| S_0, S_1, \dots, S_{t'}, \{C_{ij\tau}\}_{i,j,t < \tau < t'} \sim \text{St} \left[\mu_{t'}, \frac{b_{t'}}{a_{t'}}, 2a_{t'} \right] \quad [15]$$

con $d_0^j > 0$ un parámetro fijado por el inversor que expresa sus expectativas sobre la variabilidad en los precios de las opciones en función de clasificación de moneyess y/o plazo hasta vencimiento.

⁷ Para obtener la estimación neutral al riesgo de la volatilidad (eliminando la información sobre las expectativas), nos basamos en la distribución final que se obtiene a partir de [1], [2], [3], [6] y [7] y la información muestral sobre el subyacente y las opciones de compra (véanse detalles en el Anexo):

$$\sigma^2 | S_0, S_1, \dots, S_{t'}, \{C_{ij\tau}\}_{i,j,t < \tau < t'} \sim \text{GIG}(\lambda_{t'}, \chi_{t'}, \psi_{t'})$$

donde GIG es la distribución gamma inversa generalizada (véanse Barndorff-Nielsen [1977] y Atkinson [1982]) y $\lambda_{t'}, \chi_{t'}, \psi_{t'}$ están definidos en [14].

⁸ Recordemos que si $x \sim \text{St}(\mu, \sigma^2, \alpha)$ entonces $x \in (-\infty, \infty)$, $f(x | \mu, \sigma^2, \alpha) = \{\Gamma[(\alpha+1)/2] / [(\alpha\pi\sigma^2)^{-1/2} \Gamma(\alpha/2)]\} [1 + (x-\mu)^2/\alpha\sigma^2]$ y los primeros momentos vienen dados por : $E(x) = \mu$, si $\alpha > 1$, y $V(x) = [\alpha/(\alpha-2)]\sigma^2$ si $\alpha > 2$.

A partir de las distribuciones predictivas [13] y [15] obtenemos por simulación las distribuciones predictivas neutral al riesgo y subjetiva de $C_{ijt'+k}|S_0, S_1, \dots, S_{t'}, \{C_{ij\tau}\}_{i,j,t < \tau < t'}$ y estimamos a partir de ellas (en este trabajo usamos la mediana de las simulaciones) los precios de referencia y subjetivo en $t'+k$ de una opción de compra con precio de ejercicio K_i , vencimiento T_i y clasificación j según moneyess y/o plazo vencimiento respectivamente. Los precios de referencia y subjetivo de la correspondiente opción de venta se obtienen aplicando la relación de paridad put-call (véase [8]). Y a partir de estas estimaciones diremos que una opción en $t'+k$ está infravalorada/sobrevalorada desde el punto de vista del inversor si su precio de referencia es inferior/superior a su precio subjetivo respectivamente.

En último lugar, la distribución subjetiva del precio del subyacente en la fecha del vencimiento T ($T > t'$) que se obtiene a partir de [1], [2], [9] y [11] y los precios observados de los contratos de opciones de compra negociadas en el intervalo (t, t') , $\{C_{ij\tau}\}_{i,j,t < \tau < t'}$, y del subyacente en el intervalo $[0, t']$, S_i , $i=0, 1, 2, \dots, t'$, y viene dada (véanse detalles en Anexo) por:

$$\log S_T | S_0, S_1, \dots, S_{t'}, \{C_{ij\tau}\}_{i,j,t < \tau < t'} \sim \text{St} \left[m_{t'}, \frac{b_{t'}}{a_{t'}} e_{t'}, 2a_{t'} \right] \quad [16]$$

donde: $m_{t'} = (T-t')[(c_0 t' \bar{R}_s - m_0)/(c_0 t' + 1)] + \log(S_{t'})$ y $e_{t'} = (T-t')[1 + (T-t')c_0/(c_0 t' + 1)]$.

Por simulación, a partir de la distribución predictiva [16] se obtiene la distribución predictiva de los precios del subyacente a vencimiento, $S_T | S_0, S_1, \dots, S_{t'}, \{C_{ij\tau}\}_{i,j,t < \tau < t'}$, y se estiman (usando los correspondientes cuantiles y, en este trabajo, considerando intervalos centrados) los intervalos de confianza sobre el precio del subyacente a vencimiento según la información muestral disponible y las expectativas iniciales del inversor. Estos intervalos permiten valorar los posibles resultados finales de las estrategias implementadas por cada inversor de una forma intuitiva y sencilla. Otra posible aplicación de esta distribución predictiva es la obtención de la distribución predictiva de la variable $\max(S_T - K, 0) | S_0, S_1, \dots, S_{t'}, \{C_{ij\tau}\}_{i,j,t < \tau < t'}$ y la estimación a partir de la misma de un precio de la opción de compra con ejercicio K y vencimiento T usando la expresión [1]. Este uso no se recomienda en este artículo porque proporciona una estimación del precio de la opción en el mercado a contado pero no en el mercado de derivados. En mi opinión estas distribuciones sobre los precios del subyacente sólo son aplicables para estimar el resultado cuando se ejerce la opción (en este caso, dado que nuestras opciones son europeas, en el instante de vencimiento).

3. OBTENCIÓN DE ESTRATEGIAS ÓPTIMAS EN EL MERCADO DE OPCIONES

Valorados los contratos de opciones desde el punto de vista del inversor, el siguiente paso es determinar cuál es la estrategia óptima de inversión en opciones según sus expectativas y la información que le proporciona el mercado y cómo debe actualizar en el tiempo dicha estrategia para que siga siendo óptima. En este apartado proponemos solucionar este problema resolviendo una serie de programas lineales enteros en los que se revisa la estrategia óptima inicial incorporando junto a las expectativas iniciales del inversor la nueva información muestral.

Asumamos algunas hipótesis para poder describir el problema de nuestro inversor en términos sencillos y operacionales:

- Los activos derivados: opciones de compra y venta europeas⁹, se definen sobre un único subyacente.

⁹ La restricción a opciones de tipo europeo es útil para simplificar el planteamiento del problema de programación. Y la debilitación de esta hipótesis (a opciones americanas) exige un esfuerzo de programación y

- Durante el período de inversión el subyacente no reparte dividendos¹⁰.
- El modelo de valoración de opciones establecido en el apartado 2.1 se cumple y las expectativas del inversor se describen de forma adecuada empleando el modelo Bayesiano descrito en el apartado 2.2.
- No hay costes de transacción directos ni impuestos.
- La decisión del inversor se basa en su estimación sobre los precios de referencia (neutrales al riesgo) y subjetivos estimados (a partir de las ecuaciones [13] y [15] respectivamente) de las opciones de compra y venta, y de los intervalos de confianza calculados para el precio del subyacente en los vencimientos (a partir de la ecuación [16]).
- El proceso de optimización tiene varias etapas, y en cada etapa la cartera óptima de la etapa anterior se reajusta incorporando la nueva información muestral del mercado a contado y de derivados en la estimación de los precios de las opciones y pronóstico sobre los resultados.
- El objetivo del inversor es maximizar el beneficio neto estimado en cada fecha según sus expectativas y la estrategia óptima de cada etapa queda definida por la compra o venta de un número entero de opciones.
- Para determinar esa estrategia óptima el agente asume unas restricciones sobre las variables de decisión (opciones a comprar o vender). Las restricciones básicas que consideraremos en el planteamiento se basan en el presupuesto disponible, la limitación de pérdidas en los vencimientos y el volumen de contratos negociables en cada etapa.
- La función objetivo y restricciones han de ser todas ellas lineales¹¹.

De acuerdo con estas hipótesis y denotando por:

$(0,D]$: Intervalo de inversión, con D igual a la fecha del último vencimiento considerado.

d : Etapa del proceso de optimización, $d=1,\dots,D$.

s_d : Información muestral del mercado al contado y derivado disponible al inicio de la etapa d .

c_{ijd} : Precio estimado subjetivo de la opción de compra con precio de ejercicio K_i , vencimiento T_i y clasificación j según moneyess y/o plazo vencimiento para la etapa d . c_{ijd} se estima a partir de la distribución de $C_{ijd|s_d}$ deducida de [15].

c_{ijd}^n : Precio estimado de referencia de la opción de compra con precio de ejercicio K_i , vencimiento T_i y clasificación j según moneyess y/o plazo vencimiento para la etapa d . c_{ijd}^n se estima a partir de la distribución de $C_{ijd|s_d}$ deducida de [13].

$p_{ijd}/(p_{ijd}^n)$: Precios estimados subjetivo(/de referencia) para la opción de venta respectivamente. Obtenidos a partir de los anteriores aplicando la relación de paridad put-call (véase [8]).

E_{im_d} : Precio hipotético m del subyacente a fecha de vencimiento T_i para la etapa d . Para cada etapa d y vencimiento T_i se calcula a partir de la distribución subjetiva de $S_{T_i|s_d}$ (deducida de

computacional extra al requerir la resolución de problemas adicionales intermedios para decidir entre la estrategia de mantener o ejercer de forma anticipada las opciones de venta.

¹⁰ Los dividendos se pueden introducir fácilmente en el problema ajustando el precio del subyacente de forma continua por dividendos y estableciendo las expectativas de evolución sobre los rendimientos totales.

¹¹ La exigencia de linealidad en la función objetivo y restricciones del problema de optimización es debida a la necesidad de algoritmos de optimización eficientes para resolver los problemas de programación. En este trabajo se ha empleado el programa GAMS 25 (<http://www.gams.com>) y el paquete de algoritmos CPLEX.

[16]) el intervalo de confianza α y la secuencia $E_{i1d} \leq E_{i2d} \leq \dots$ representa los precios de subyacente pertenecientes a dicho intervalo que coinciden con los ejercicios de las opciones consideradas para ese vencimiento.

B_d : Beneficio esperado neto (según las expectativas del inversor) al inicio de la etapa d.

D_d : Presupuesto disponible para la etapa d.

$V_{\max d}$: Volumen máximo de opciones de cada tipo compradas y vendidas durante la etapa d.

Definimos las siguientes variables de decisión por etapa d:

uc_{ijd}^o : número de opciones de compra con precio de ejercicio K_i , vencimiento T_i y clasificación j según moneyess y/o plazo compradas ($o=+1$) o vendidas ($o=-1$) en la etapa d.

up_{ijd}^o : número de opciones de compra con precio de ejercicio K_i , vencimiento T_i y clasificación j según moneyess y/o plazo compradas ($o=+1$) o vendidas ($o=-1$) en la etapa d.

donde uc_{ijd}^o y up_{ijd}^o toman valores positivos y enteros¹².

Y las siguientes variables que definen la posición de compra/venta óptima actual en cada contrato después de tomar la decisión de la etapa d por:

xc_{ijd}^o/xp_{ijd}^o : número total de opciones de compra/venta con precio de ejercicio K_i , vencimiento T_i y clasificación j según moneyess y/o plazo compradas ($o=+1$) o vendidas ($o=-1$) en el período $[1, d]$. Esto es: $xc_{ij0}^o = xp_{ij0}^o = 0$, $xc_{ijd}^o = xc_{ijd-1}^o + (uc_{ijd}^o)^*$, $xp_{ijd}^o = xp_{ijd-1}^o + (up_{ijd}^o)^*$ donde $(.)^*$ representa la solución óptima del problema lineal entero de la etapa d.

Con lo que la cartera óptima en d en opciones de compra y venta viene dada por $xc_{ijd}^{+1} - xc_{ijd}^{-1}$, $xp_{ijd}^{+1} - xp_{ijd}^{-1}$, $\forall i, j$ respectivamente.

El problema de programación lineal entera que tenemos que resolver en d es:

$$\begin{aligned} \text{Max } & \sum_{ij} (c_{ijd} - c_{ijd}^n)(uc_{ijd}^{+1} - uc_{ijd}^{-1}) + \sum_{ij} (p_{ijd} - p_{ijd}^n)(up_{ijd}^{+1} - up_{ijd}^{-1}) + B_d \\ \text{s.a. } & \sum_{ij} c_{ijd}^n (uc_{ijd}^{+1} - uc_{ijd}^{-1}) + \sum_{ij} p_{ijd}^n (up_{ijd}^{+1} - up_{ijd}^{-1}) \leq D_d \\ & \sum_j \max(0, E_{imd} - K_i)(uc_{ijd}^{+1} - uc_{ijd}^{-1}) + \sum_j \max(0, K_i - E_{imd})(up_{ijd}^{+1} - up_{ijd}^{-1}) + R_{imd} \geq 0, \quad \forall i, \forall m \quad [17] \\ & uc_{ijd}^{+1}, uc_{ijd}^{-1}, up_{ijd}^{+1}, up_{ijd}^{-1} \leq V_{\max d}, \quad \forall i, \forall j \\ & uc_{ijd}^{+1}, uc_{ijd}^{-1}, up_{ijd}^{+1}, up_{ijd}^{-1} \in Z^+, \quad \forall i, \forall j \end{aligned}$$

donde:

$$\begin{aligned} B_d &= \sum_{ij} (c_{ijd} - c_{ijd}^n)(xc_{ijd-1}^{+1} - xc_{ijd-1}^{-1}) + \sum_{ij} (p_{ijd} - p_{ijd}^n)(xp_{ijd-1}^{+1} - xp_{ijd-1}^{-1}) \\ D_d &= D_{d-1} - \sum_{ij} c_{ijd-1}^n (uc_{ijd-1}^{+1} - uc_{ijd-1}^{-1}) - \sum_{ij} p_{ijd-1}^n (up_{ijd-1}^{+1} - up_{ijd-1}^{-1}) \quad [18] \\ R_{imd} &= \sum_j \max(0, E_{imd} - K_i)(xc_{ijd-1}^{+1} - xc_{ijd-1}^{-1}) + \sum_j \max(0, K_i - E_{imd})(xp_{ijd-1}^{+1} - xp_{ijd-1}^{-1}) \end{aligned}$$

con $B_1=0$ y D_1 igual al presupuesto total de inversión.

¹² Con esta definición garantizamos el requisito de positividad de las variables de decisión de los problemas de programación lineales pero permitimos que en una misma etapa se compra y venda un mismo contrato. Obviamente, la posición neta en el contrato será la diferencia entre los contratos comprados y vendidos.

El problema de programación [17]-[18] tiene algunas características particulares que merecen algunos comentarios:

- El inversor para determinar la cartera óptima en cada etapa d tiene en cuenta su cartera actual (al inicio de la etapa d) en dos sentidos: (i) valorándola de acuerdo con sus estimaciones de referencia y subjetivas para la etapa d (B_d) y sumándola al beneficio neto de la estrategia óptima de la etapa d ; y (ii) usándola para limitar el conjunto de decisiones posibles a través de la restricción presupuestaria (1ª restricción en [17]) evitando que la inversión total del período supere la presupuestada, y del riesgo asumido por el inversor (2ª grupo de restricciones en [17]) sumando a los posibles resultados a vencimiento de las decisiones de la etapa d , los resultados (R_{ind}) de la cartera actual de acuerdo con las estimaciones subjetivas para esta etapa del subyacente.
- En relación a la función objetivo, notemos que al basarse en estimaciones de los precios de referencia y subjetivos de las opciones hace uso de un estimador que minimiza los errores de estimación cometidos según una determinada función de pérdida (en este caso los errores de estimación en términos absolutos) que en principio puede ser no simétrica.
- Las restricciones sobre volumen garantizan la acotación del problema aunque éste puede volverse infactible en alguna etapa. En la práctica, la infactibilidad se produce en etapas intermedias cuando se acumula información histórica en cantidad suficiente para cambiar nuestras estimaciones subjetivas sobre los precios, la cartera óptima construida deja de ser satisfactoria a nivel de resultados futuros y tenemos que vender opciones en cantidades superiores al volumen máximo permitido y/o comprar opciones no disponiendo de presupuesto suficiente.
- La restricción presupuestaria (1ª restricción en [17]) refleja la capacidad que tiene el agente de autofinanciar su estrategia vendiendo opciones¹³. Es importante notar que para definir esta restricción usamos el precio de referencia neutral al riesgo como estimación de los precios de compra y venta reales del mercado de derivados. Usando estos precios disponemos de una predicción de los precios de mercado de las opciones¹⁴ para estimar la inversión en cada etapa y calcular los beneficios en términos netos, el inconveniente son las imprecisiones que puedan derivar por errores de predicción.
- La restricción sobre el riesgo, de gran relevancia en este tipo de problemas por el distinto nivel potencial de pérdida entre estrategias¹⁵, se introduce mediante una batería de restricciones lineales (2º grupo de restricciones en [17]) y tiene una interpretación muy sencilla: sólo consideramos como decisiones posibles del problema aquellas que proporcionen resultados positivos en sus correspondientes vencimientos para valores del subyacente pertenecientes a un determinado intervalo de confianza basado en las expectativas e información muestral del inversor. Cuánto mayor es el porcentaje de confianza fijado mayor aversión al riesgo de

¹³ Recordemos que muchas estrategias especulativas se construyen con la venta de opciones, citemos por ejemplo: diferenciales alcistas y bajistas, conos y cunas vendidos, mariposas y cóndores comprados y vendidos, spreads verticales, etc.

¹⁴ Resolvemos de este modo una de las debilidades más visibles del procedimiento de fijación de expectativas y estimación de carteras óptimas propuesto en el artículo de Font [2004], en el que se define la restricción presupuestaria sobre los propios precios negociados durante el día.

¹⁵ Compárese, mediante la gráfica de beneficios a vencimiento, el potencial de pérdida de las siguientes parejas de estrategias especulativas: opción de compra comprada y opción de venta vendida, diferencial alcista y túnel alcista, mariposa comprada y cono vendido, etc.

nuestro inversor. No estamos ante la solución “habitual” (controlar la varianza de los beneficios netos en cada fecha) pero esta solución que ya ha sido aplicada en otros trabajos (véase Balbás et al [2000] para descubrir oportunidades de arbitraje o Font [2004] para este tipo de problemas) tiene algunas ventajas adicionales sobre aquella: (i) es más intuitiva y práctica desde el punto del inversor porque controla las posibles pérdidas de la cartera a vencimiento, de hecho, las garantías se establecen para garantizar los pagos asociados a esas pérdidas y se basan en variantes de esta idea; (ii) permite reflejar el efecto sobre el riesgo de la asimetría de la distribución de los resultados de las opciones a vencimiento¹⁶ (y en consecuencia de las correspondientes carteras) ya que esta procede de la distribución de las variables transformadas $\max(S_{T_i}-K,0)|s_d$; y (iii) a nivel de resolución del problema de optimización la sustitución de la restricción de la varianza por un grupo de restricciones lineales aumenta la efectividad de resolución de los algoritmos por dos vías: la linealidad y el incremento en el número de restricciones del problema.

- El problema de optimización hace una distinción clara entre los beneficios que proceden del mercado de derivados, están afectados por los costes indirectos y fricciones de este mercado y se refieren al día a día de la negociación (en la función objetivo) y los resultados a vencimiento de la cartera que se establecen a partir de los precios del subyacente negociados en el mercado a contado (en las restricciones de riesgo).
- Los costes de transacción directos y debidos a las garantías se pueden introducir directamente en la función objetivo y restricciones de riesgo respectivamente manteniendo la estructura y tratatabilidad matemática del problema propuesto.

Señalemos, para finalizar, que el problema de optimización propuesto no es necesariamente el mejor programa de optimización posible para todo inversor. Un inversor concreto puede considerar más adecuada una función objetivo que maximice el valor esperado de los beneficios de acuerdo con una función de utilidad no lineal, o bien puede considerar interesante incluir algunas restricciones adicionales que fijen cotas a la compra o venta de determinadas opciones, establezcan compras o ventas por lotes, hagan excluyentes la compra y/o venta de determinado/s contrato/s,... En cualquiera de estas situaciones, las distribuciones predictivas deducidas en 2.3 seguirán proporcionando la base para diseñar objetivo y restricciones del nuevo problema.

4. ESTRATEGIAS DE INVERSIÓN ÓPTIMAS EN OPCIONES SOBRE EL ÍNDICE IBEX-35

Completamos esta exposición ilustrando el procedimiento propuesto mediante la obtención de carteras de inversión óptimas con revisión diaria en opciones sobre el IBEX-35 para el período de inversión comprendido entre el 20/11/2006 y el 16/03/2007 y nueve tipos de expectativas individuales: (1) tendencia decreciente y volatilidad baja, (2) tendencia decreciente y volatilidad media, (3) tendencia decreciente y volatilidad alta, (4) indeciso en tendencia y volatilidad baja, (5) indeciso en tendencia y volatilidad media, (6) indeciso en tendencia y volatilidad alta, (7) tendencia creciente y volatilidad baja, (8) tendencia creciente y volatilidad media y (9) tendencia creciente y volatilidad alta.

Las Opciones IBEX-35¹⁷ son contratos sobre opciones de compra y venta europeas con las siguientes características: el activo subyacente es un Futuro Mini sobre Ibex-35, las primas se cotizan

¹⁶ La literatura proporciona numerosas evidencias teóricas y empíricas sobre estas asimetrías, véase por ejemplo Bookstaber y Clarke [1985].

¹⁷ Este contrato de opciones vigente desde el 22/11/2001 sustituyó al contrato previo de opciones sobre el IBEX-35 sobre el futuro normal y con un multiplicador de 10€.

en puntos enteros del futuro mini con una fluctuación mínima de un punto¹⁸, los precios de ejercicio negociables terminan en 50 o centena para los contratos con vencimiento inferior a los dos meses y en centena exacta para vencimientos superiores, los meses de vencimiento abiertos a negociación son los tres meses correlativos más próximos y los otros tres del ciclo marzo-junio-septiembre-diciembre, la fecha de vencimiento y último día de negociación es el tercer viernes del mes de vencimiento, y se liquidan por diferencias. Aunque desde un punto de vista formal, el activo subyacente de las opciones IBEX-35 es otro derivado, el Futuro Mini sobre IBEX-35, éste tiene como subyacente el índice IBEX-35 y podemos considerar (recordando que futuro y subyacente convergen a fecha vencimiento) que el subyacente de las opciones es el propio índice IBEX-35. En relación a este último, el IBEX-35 es un índice ponderado por capitalización de los 35 activos más líquidos del mercado cotizados en el Sistema de Interconexión Bursátil de las cuatro Bolsas Españolas, que corrige ampliaciones y reducciones de capital pero no dividendos¹⁹.

Los datos empleados para realizar esta implementación han sido la serie de precios diarios de apertura del índice IBEX-35 facilitada por la Sociedad de Bolsas (www.sbolsas.es) y los precios diarios del último cruce (con precio y volumen positivos) de las opciones de compra sobre el IBEX-35 de los cinco primeros vencimientos (93.36% del total de operaciones cruzadas) para el período comprendido entre el 3/01/2000 y el 30/03/2007 proporcionada por MEFF-RV (www.meff.es), y los tipos de interés negociados en operaciones simultáneas al contado para el período comprendido entre el 2/10/2006 y el 30/03/2007 publicados por el Banco de España (www.bde.es). Las series sobre precios del índice y de las opciones se dividieron en dos partes del 3/01/00 al 29/09/06 y del 2/10/06 al 30/03/07 empleándose la primera para calibrar el modelo²⁰ (obtener los parámetros iniciales de los nueve tipos de expectativas) y la segunda para obtener las estrategias de inversión (muestras y predicciones para cada expectativa).

4.1. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS INICIALES

El calibrado del modelo se realiza a partir de las series de precios diarios de apertura del índice IBEX-35 y los precios diarios del último cruce (con precio y volumen positivos) de las opciones de compra sobre el IBEX-35 de los cinco primeros vencimientos para el período comprendido entre el 3/01/00 al 29/09/06 dividiendo las series en 82 subperíodos (el primero y último incompletos) de aproximadamente un mes de observaciones que comprenden el intervalo temporal entre dos vencimientos consecutivos de opciones.

¹⁸ Un punto equivale a 1€.

¹⁹ Esta circunstancia en principio podría tener alguna influencia en la obtención de los valores de los parámetros iniciales a partir de estimaciones muestrales de las series históricas del IBEX-35 y de las opciones de compra sobre el IBEX-35 (enero 2000 a marzo 2007). Sin embargo, esta influencia es mínima por las siguientes razones: (i) los parámetros de las distribuciones iniciales no tienen porque coincidir con estimaciones muestrales, teóricamente son apreciaciones subjetivas del decisor, (ii) el índice IBEX-35 se calcula minuto a minuto y las opciones con vencimiento más próximo se negocian intradía, lo que facilita la disolución rápida del efecto ex-dividendo en ambos mercados, y (iii) obtenidas las series de los precios de apertura IBEX-35® y precio IBEX-35® con dividendos proporcionadas por la Sociedad de Bolsas y a partir de estas las correspondientes series de rendimientos para el período comprendido entre el 3/01/00 y el 30/03/07 (1825 observaciones), obtenemos un estadístico de contraste Kolmogorov-Smirnov para dos muestras de 0.02082 con lo que aceptamos la hipótesis de igualdad de ambas distribuciones a un nivel de significatividad del 20%.

²⁰ Teóricamente, los parámetros iniciales deben ser fijados por los agentes en función de su experiencia y conocimientos acerca del mercado y no tienen que derivarse de series históricas. Sin embargo en este trabajo se ha optado para reducir la subjetividad de los resultados por un calibrado basado en la información histórica de las series de precios del índice y de las opciones de compra para un período de tiempo largo en el que podemos asumir que se reproducen los nueve modelos de expectativas.

Como podemos apreciar de la Figura 1, en la que se representan la serie de precios de apertura del IBEX-35 y la serie de las varianzas condicionales (estimadas cada subperíodo mediante un GARCH(1,1)), la serie de precios diarios de apertura del índice y sus correspondientes rendimientos, por su longitud y la variabilidad de escenarios de tendencia y volatilidad que comprenden, son adecuadas para describir los nueve tipos de expectativas considerados. A partir de los estadísticos descriptivos de media y desviación estándar de los rendimientos para cada subperíodo se obtuvieron los parámetros m_0 , c_0 , a_0 y b_0 para los nueve tipos de expectativas agrupando resultados descriptivos por volatilidad y dentro de volatilidad por tendencia. Es interesante notar, dando soporte a nuestra hipótesis distribucionales sobre los rendimientos en intervalos “cortos”, que sólo se rechaza la hipótesis de normalidad de los rendimientos con un nivel de significatividad del 5% para 4 subperíodos.

Para obtener los restantes parámetros iniciales recurrimos a las series de precios de opciones. Para determinar la función $f(\cdot)$ y la clasificación por moneyess y plazo que permite describir con más facilidad los datos, calculamos el valor de moneyess para todas las opciones de compra y agrupamos los datos por decil y vencimiento obteniendo los estadísticos descriptivos de media y volatilidad (el número indica el vencimiento) para tres funciones de los datos $f_1(C_{it})=C_{it}$, $f_2(C_{it})=\log C_{it}$ y $f_3(C_{it})=\log C_{it}/\sqrt{T_1-t}$. La descripción más sencilla para la volatilidad de los precios de las opciones (Figura 2) se obtuvo para la tercera función. A partir de esta representación consideramos $f(C_{ijt})=\log C_{ijt}/\sqrt{T_1-t}$, $j=1,\dots,4$ para cuatro clasificaciones según valor de moneyess y plazo de vencimiento. En primer lugar distinguimos entre contratos con vencimiento inferior al mes y superior al mes, y a continuación clasificamos los primeros atendiendo a su moneyess en fuera de dinero (deciles 1 a 4: $m_1 < 0.9635$), en el dinero (deciles 5 a 6: $0.9635 \leq m_1 \leq 1.0007$) y en dinero (deciles 7 a 10: $m_1 > 1.0007$) y los segundos en la categoría general de contratos de largo plazo. A continuación, se agruparon las series de precios de opciones en estas cuatro categorías se obtuvieron los estadísticos descriptivos media y desviación típica para los 82 subperíodos y las cuatro categorías. A partir de estos estadísticos agrupando por categoría se fijaron los parámetros d_0^j para la estimación de los precios de referencia (ecuación [13]), y agrupando los estadísticos por volatilidad y a continuación por categoría y se obtuvieron los parámetros d_0^j para los nueve tipos de expectativas. La hipótesis de normalidad se rechaza con un nivel de significatividad del 5% para 34 subperíodos fuera de dinero, 69 en el dinero, 81 en dinero y 72 para las opciones con un plazo de vencimiento superior al mes.

La Tabla 1 recoge los valores de todos los parámetros iniciales para los nueve tipos de expectativas.

4.2. CARACTERÍSTICAS DEL PERÍODO Y DEL PROCESO DE INVERSIÓN

La implementación del proceso de inversión: generación de distribuciones predictivas para los precios de referencia y subjetivos de opciones sobre el IBEX-35 para nuestros nueve inversores tipo se realiza para el período comprendido entre el 2/10/2006 y el 30/03/2007. Durante este período, tal y como podemos apreciar en la Figura 3, que representa precios del índice y varianzas condicionales de los rendimientos, y en la Tabla 2, que contiene algunos estadísticos descriptivos para los 7 subperíodos (primero y último incompletos) entre vencimientos de opciones consecutivos, el mercado a contado manteniendo unos niveles de volatilidad baja y una tendencia general creciente experimentó dos cambios de tendencia importantes acompañados de aumento de volatilidad en los intervalos comprendidos entre el 28/11 y 4/12 (etapas 8 a 11), y el 23/02 y 1/03 (etapas 67 a 71).

Para disponer de información muestral suficiente de los precios del subyacente y de las opciones de compra para estimar los precios teóricos de las opciones (ecuación [4]) y, conocidos éstos, los precios de referencia y subjetivos (conforme expectativas) de las opciones (ecuaciones [13] y [15] respectivamente), el intervalo comprendido entre el 2/10 y el 17/11 se reserva para muestra y el intervalo de inversión se inicia el 20/11/06. Las características del proceso de inversión implementado con revisión diaria de la cartera óptima (véase, el problema de programación lineal entera planteado en [17]-[18]) son las siguientes:

- Intervalo de inversión: 20/11/06 a 16/03/07
- Revisión de las carteras óptimas: diaria, con desplazamiento de la ventana muestral un día.
- Información muestral: La información muestral comprende una ventana del tamaño de dos subperíodos entre vencimientos más la observación del propio día de los rendimientos del subyacente y de un subperíodo para los precios de las opciones²¹ de compra con vencimientos 17/11, 15/12, 19/01, 16/02 y 16/03.
- Descripción de los contratos de opciones considerados: Opciones de compra y venta sobre el IBEX-35 con precios de ejercicio 12800, 13400, 13700, 14000, 14300, 14600, 14900 y 15500, y vencimientos 15/12, 19/01, 16/02 y 16/03.
- Nueve tipos de expectativas: (1) tendencia decreciente y volatilidad baja, (2) tendencia decreciente y volatilidad media, (3) tendencia decreciente y volatilidad alta, (4) indeciso en tendencia y volatilidad baja, (5) indeciso en tendencia y volatilidad media, (6) indeciso en tendencia y volatilidad alta, (7) tendencia creciente y volatilidad baja, (8) tendencia creciente y volatilidad media y (9) tendencia creciente y volatilidad alta.
- Precios de referencia y subjetivos de opciones: Mediana de las simulaciones de los precios de referencia y subjetivos de las opciones (a partir de las ecuaciones [13] y [15] respectivamente). Simulación de tamaño 1000.
- Fijación del nivel de aversión del inversor: Intervalos de confianza (centrados) al 95% para los resultados obtenidos a partir de la distribución predictiva del subyacente a vencimiento según el tipo de expectativas (ecuación [16]). Simulación de tamaño 1000.
- Presupuesto total disponible: 250.000€
- Volumen máximo de opciones negociadas: Fijado de forma constante para todo el período de inversión en 10 contratos de cada tipo.
- No se consideran costes de transacción directos ni garantías.

Al predecir los precios de mercado de las opciones mediante los precios de referencia solucionamos el problema de la dependencia de la solución óptima de nuestro problema a un dato desconocido en el instante de la decisión y en muchas ocasiones no disponible ni siquiera al final de la sesión, con el coste de hacer depender la solución óptima de la precisión de nuestras predicciones. Para analizar este punto hemos realizado un estudio descriptivo de las distribuciones simuladas de los precios de referencia de una selección de opciones para el 20/11/06 (véanse Figuras 4 y 5, y Tabla 3) y

²¹ La duplicación del tamaño de la muestra del subyacente viene determinada por el propio proceso de modelización aplicado con cálculo de los precios teóricos en la primera fase de la estimación. Para calcular los precios teóricos se desplaza una ventana muestral del tamaño de un subperíodo más el propio día en el que queremos calcular el precio de los rendimientos del subyacente.

hemos calculado cuatro medidas del error de predicción cometido: raíz del error cuadrático medio, error absoluto medio, porcentaje de error absoluto medio y coeficiente de Theil²² para la totalidad del período de inversión (véase Tabla 4).

El estudio descriptivo de las distribuciones de los precios de referencia para los contratos y fecha señaladas ilustra, en conformidad con las observaciones de la literatura previa (véase p.e. Bookstaber y Clarke [1985]): la ausencia de normalidad (se rechaza la hipótesis de normalidad para cualquier nivel de significatividad), asimetría positiva y colas muy pesadas a la derecha y leptocurtosis muy alta. Además, observamos que el aumento del ejercicio, es decir cuánto el contrato está más en dinero (comparemos para un mismo vencimiento (1) las distribuciones de las opciones con ejercicio 12800, 14000 y 14900 –CN12800_1, CN14000_1 y CN14900_1–), supone una reducción en la volatilidad, en la asimetría y en la curtosis. Y que estos parámetros también se reducen al aumentar el plazo de vencimiento (compárense las distribuciones de opciones con ejercicio 14000 para los cuatro vencimientos próximos –CN14000_1, CN14000_2, CN14000_3 y CN14000_4–) aunque se produce una reversión en la tendencia para plazos superiores a 2-3 meses.

En relación al error de predicción cometido los valores del coeficiente de Theil, muy próximos a cero para todas las categorías de contratos consideradas, indican que el ajuste realizado es bueno y los precios de referencia estimados (a través de la mediana) son unos buenos predictores de los precios reales del mercado. A nivel de categorías, los menores errores de predicción en términos absolutos y a la vez los mayores en términos relativos se producen para los contratos de opciones de compra fuera y en el dinero.

4.3. PRECIOS SUBJETIVOS Y CARTERAS DE INVERSIÓN ÓPTIMAS

Introduzcamos ahora en el análisis las expectativas de los inversores y analicemos las carteras dinámicas óptimas que resultan al aplicar estas expectativas. Comencemos por estudiar las características de las distribuciones de los precios subjetivos para cada una de las nueve expectativas consideradas a partir de los precios simulados para el 20/11/06 de una selección de contratos (véanse Figuras 6 a 8, y Tabla 5).

Del análisis de estos resultados se desprenden, a nivel general, las mismas observaciones que hacíamos en el apartado anterior en relación a la distribución de los precios de referencia: la ausencia de normalidad (se rechaza la hipótesis de normalidad para cualquier nivel de significatividad), asimetría positiva y colas muy pesadas a la derecha y leptocurtosis muy alta. Además, también observamos, que al aumentar el ejercicio y el plazo a vencimiento (comparemos para la expectativa intermedia (5) y para un mismo vencimiento (1) las distribuciones de las opciones con ejercicio 12800, 14000 y 14900 –C5A12800_1, C5A14000_1 y C5A14900_1– y para los cuatro vencimientos considerados las distribuciones de las opciones con ejercicio 14000 –C5A14000_1, C5A14000_2, C5A14000_3 y C5A14000_4–), se reduce la volatilidad, la asimetría y la curtosis aunque en el segundo caso se produce reversiones en la tendencia para plazos superiores a 2-3 meses y 4º mes. Comparando la distribución de precios subjetiva para la expectativa central y de referencia (véanse

²² Para una muestra de tamaño h si denotamos con \hat{y}_t a la predicción las medidas propuestas se calculan con las siguientes fórmulas: $\sqrt{\sum (\hat{y}_t - y_t)^2 / h}$ (root mean square), $\sum |\hat{y}_t - y_t| / h$ (mean absolute error), $\sum |\hat{y}_t - y_t| / y_t / h$ (mean absolute percentage error), y $\sqrt{\sum (\hat{y}_t - y_t)^2 / h} / \sqrt{\sum \hat{y}_t^2 / h} \sqrt{\sum y_t^2 / h}$ (Theil inequality coefficient).

C5A14000_1 y CN14000_1) observamos que los valores centrales (media y mediana), desviación estándar, asimetría y curtosis son más altos en la primera que en la segunda.

Los resultados al comparar los precios subjetivos (tomando como referencia el contrato de ejercicio 14000 y el vencimiento más próximo –C1A14000_1, C2A14000_1, C3A14000_1, C4A14000_1, C5A14000_1, C6A14000_1, C7A14000_1, C8A14000_1 y C9A14000_1–) entre expectativas remarcan las diferencias entre los mercados al contado y de derivados y la complejidad para establecer una relación: (i) las expectativas de crecimiento en volatilidad en el mercado a contado se traducen a una reducción en las volatilidades en los precios de los derivados; y (ii) las expectativas de crecimiento de la tendencia y una expectativa de volatilidad baja en el contado se traducen en una reducción de las volatilidades y precios en el mercado de derivados.

Para analizar las carteras de opciones óptimas iniciales a 20/11/2006 presentamos las gráficas de beneficios (brutos) de cada estrategia por vencimiento y expectativa en función de los posibles valores del subyacente (véase Figura 9) y un análisis gráfico y estadístico de la distribución del valor subjetivo de las carteras a 20/11/2006 para las nueve expectativas consideradas (véanse Tabla 6 y Figura 10). El estudio de las gráficas de beneficios por vencimiento y expectativa nos permite comprobar en primer lugar la complejidad de las carteras óptimas obtenidas que no corresponden a las estrategias “puras” (call, put, ratios call y put, spreads, cunas, conos, mariposas, etc.) descritas en los manuales sobre negociación en opciones. Ello no obstante, es fácil observar que las estrategias óptimas para los cuatro vencimientos y una expectativa de volatilidad son muy similares para las tres expectativas sobre tendencia; y que la estrategia óptima para el primer vencimiento común para las tres expectativas de volatilidad es una variante de la estrategia “cuna comprada”, para el segundo vencimiento y las expectativas de volatilidad baja, media y alta son variantes de las estrategias “put ratio back-spread”, “ratio put-spread” y “ratio call spread” respectivamente, para el tercer vencimiento y las expectativas de volatilidad baja y media de la estrategia “put comprada” y para de volatilidad alta de la estrategia “ratio call spread”, y para el cuarto vencimiento variantes de las estrategias “cono comprado”, “put comprada” y “ratio put spread” para expectativas de volatilidad baja, media y alta respectivamente. Resumiendo, en esta aplicación han sido las expectativas de volatilidad las que han determinado la cartera óptima, y esto a pesar de que en los dos períodos anteriores a la inversión (véase Tabla 2) la volatilidad ha sido baja y ha aumentado la tendencia. Además, lo que marca especialmente las diferencias en las carteras óptimas no es la posición en opciones a primer vencimiento, que viene guiada por los datos históricos, sino en los siguientes tres vencimientos en los que las expectativas de volatilidad baja se protegen ante subidas de volatilidad los tres períodos siguientes, las de volatilidad media en disminuciones de volatilidad en el segundo período y subidas en el tercero y cuarto, y las de volatilidad alta ante bajadas de la volatilidad en los siguientes tres períodos. En relación a las distribuciones de probabilidad de las carteras óptimas de opciones iniciales (véanse Tabla 6 y Figura 10), nuestra metodología ha generado distribuciones para el valor de nuestras carteras óptimas muy alejadas de la hipótesis de normalidad con asimetría positiva (a la derecha) y leptocúrticas²³. Y el valor neto medio de la cartera descontando una inversión de 250.000€ es significativamente positivo para un nivel de significatividad del 5%.

²³ Esto es, distribuciones que comparten rasgos con las obtenidas aplicando técnicas de simulación por Bookstaber y Clarke [1985].

Estas carteras de opciones óptimas iniciales no son estáticas y en este apartado también queremos ilustrar cómo cambia la cartera con el paso del tiempo y la incorporación de la información diaria de los mercados de contado y derivados. Para mostrar la evolución de la cartera de opciones óptima estudiamos el caso en el que el inversor no cambia de expectativa en todo el período de inversión y que, en caso de infactibilidad del problema de decisión, mantiene la cartera en opciones anterior (aunque esta ya no sea óptima) y evalúa su beneficio neto en términos de sus estimaciones actuales para la etapa. Proponemos un doble análisis: el estudio de la cartera óptima de cada etapa a través de las gráficas de los beneficios (brutos) de cada estrategia por vencimiento y expectativa en función del precio del subyacente y del tiempo transcurrido desde el inicio de la inversión (véanse Figuras 11 a 15) y de los resultados esperados y obtenidos al aplicar el proceso de optimización descrito en [17]-[18] para las nueve expectativas. La Figura 16 resume gráficamente estos resultados a partir de los beneficios netos máximos estimados en la fecha de formación de la cartera (serie EBN0, eje de valores de la izquierda) y de los resultados totales (suma de resultados para los cuatro vencimientos) netos²⁴ y brutos al final de la inversión (series RNT y RT respectivamente, eje de valores a la derecha). (En esta Figura también se indican aquellos días para los que se obtuvo de manera reiterada la respuesta de solución infactible al resolver el correspondiente problema lineal entero con un aplanamiento de las series RNT y RT.)

Del análisis de las Figuras 11 a 16 podemos extraer las siguientes conclusiones:

- Como ya observábamos al estudiar las carteras de opciones óptimas iniciales, la estrategia óptima en opciones está regida por las expectativas de volatilidad. Y desde ambas perspectivas de análisis (características y resultados de la cartera óptima) podemos hablar de tres tipos de estrategias: para volatilidad baja, media y alta.
- Las carteras óptimas iniciales para los tres tipos de estrategia evolucionan, como era de desear ya que así es como evoluciona el mercado a contado durante el período de inversión, a carteras óptimas en las que el inversor asume una disminución en los rendimientos del índice acompañada de un aumento de volatilidad.
- En la estrategia para volatilidad baja el inversor se posiciona comprando en el mercado y gestiona a partir de ahí su cartera comprando y vendiendo opciones para garantizar resultados. En los cinco primeros días gasta casi la totalidad del presupuesto con un promedio de inversión diario de 49.812'4, 49.999'6 y 49.982'8€ y a partir de entonces busca un equilibrio de compras y ventas con promedios de inversión diaria de 1.472'59, -1.428'88 y -244 para expectativas de tendencia decrecientes, indecisas y crecientes respectivamente. Esta estrategia de continuo posicionamiento, que posiblemente se debe a que concuerdan la información inicial del período con las expectativas del inversor, hace visibles los efectos de los dos episodios de caídas en los rendimientos acompañados de aumentos de volatilidad (etapas 8 a 11 y 67 a 71) en las carteras óptimas de la fecha para las tres expectativas sobre tendencia y produce carteras óptimas finales distintas según las expectativas de tendencia iniciales. Estas carteras finales concuerdan en la mayoría de los casos con las recomendaciones según expectativas de tendencia de los analistas; en concreto observamos variantes de la estrategia “put comprada” para los cuatro vencimientos y las expectativas de tendencia decreciente, del “túnel bajista”, “cono comprado” y “put comprada” para los vencimientos 1, 2 y 3-4 respectivamente, y del “put ratio back-spread”, “call ratio back-spread” y “spread bajista” para los vencimientos 1, 2-3 y 4

²⁴ Los resultados netos se obtienen restando la inversión realizada a precios de referencia, por tanto contienen

respectivamente. Las tres carteras dinámicas óptimas obtienen resultados positivos a vencimiento en términos brutos (385.827'4, 234.191'6 y 347.641'4€) y netos (265.407'4, 351.359'6, 367.678'4€) para las tres expectativas de tendencia.

- En la estrategia para volatilidad media se pretende obtener resultados mediante la venta, con un promedio de inversión diaria de -7968.32, -9871.07 y -7868.68 para expectativas de tendencia decrecientes, indecisas y crecientes respectivamente. La pieza fundamental de la estrategia es tener una buena estimación del precio de venta en el mercado, que nosotros estimamos con el precio de referencia. Las carteras finales son variantes de la estrategia “put comprada” para los cuatro vencimientos. Los resultados netos de la estrategia son positivos (327.268'8, 396.479'2 y 701.413'2€) para las tres expectativas de tendencia pero los brutos (-326.133'2, -412.948'8 y 56.181'2€) sólo son positivos para la expectativa sobre la tendencia creciente.
- Y en la estrategia para volatilidad alta se apuesta por la compra, con un promedio de inversión diaria de 3047.88, 3029.72 y 3037.39 para las expectativas de tendencia decrecientes, indecisas y crecientes respectivamente. La estrategia es muy activa de especulación que intenta aprovechar movimientos del mercado y requiere de una actitud de menor aversión al riesgo. Las carteras finales son variantes de la estrategia “cuna comprada” para los cuatro vencimientos. Al final del segundo subperíodo y principios del tercero, la serie de los beneficios estimados según las expectativas cae y aunque se produce una recuperación la tasa de crecimiento es mucho menor que antes. ¿Qué sucede? que nuestra capacidad para obtener beneficios y asegurar resultados a vencimiento según el nivel de confianza fijado se deteriora (el promedio diario de inversión también se ha reducido drásticamente a 11.8, 16.6 y 58.75€), es el momento de mantener la posición si es que realmente creemos en nuestras expectativas. Si hubiéramos mantenido la cartera óptima del 16/02 (asumiendo el riesgo adicional) hubiéramos acabado el período con beneficios (resultados netos de 1.876.391, 1.800.761'2, 2.077.284'4€), en cambio al no asumir este riesgo adicional y reajustar la cartera acabamos el período con resultados netos negativos para las expectativas de tendencia decrecientes e indecisa y positivos para la expectativa creciente (resultados netos de -174.997, -186.794'8 y 2.985'8€).
- Los beneficios netos estimados en cada fecha proporcionan una medida a priori de la capacidad de cada expectativa para generar beneficios en las condiciones de aversión al riesgo fijadas previamente en el problema.

5. CONCLUSIONES

En este artículo se presenta un modelo de valoración de opciones; se estiman mediante un enfoque inferencial Bayesiano el precio de las opciones, desde la perspectiva de valoración neutral al riesgo y según las expectativas del inversor sobre la evolución del subyacente incorporando la información histórica de los precios de los mercados a contado y de derivados y, en este segundo caso, las propias expectativas del inversor; se obtiene la distribución final de los logaritmos del precio de subyacente a fechas futuras desde el punto de vista del inversor que incorpora la información histórica de los dos mercados y sus expectativas; y en base a estos resultados se plantea una serie de problemas de programación lineal entera para obtener la cartera óptima dinámica en opciones según las expectativas del inversor. Finaliza el artículo con una aplicación en el mercado de derivados español.

Este trabajo comparte objetivos y metodología con Font [2004] pero su contribución original adicional es fundamental. En primer lugar, resuelve dos simplificaciones del procedimiento estudiado en Font [2004]: el conocimiento a priori de los precios de mercado, que en este trabajo se estiman a partir de los precios de referencia neutrales al riesgo de las opciones, y la aplicación del mecanismo de garantías del mercado para controlar el riesgo de la estrategia, que se sustituye por la exigencia de resultados positivos a vencimiento para cualquier valor del subyacente comprendido en el intervalo de confianza predictivo para un nivel fijado de significatividad que refleje el nivel de aversión al riesgo del inversor. Y además, representa una mejora adicional fundamental al incorporar la información contenida en los precios de las opciones y clarificar el mecanismo de transmisión de los precios entre los mercados al contado y derivado. Estas mejoras se trasladan al problema de optimizar la estrategia de inversión al fijar como objetivo del inversor la maximización del beneficio de acuerdo con sus expectativas en el mercado derivado (donde está negociando durante el período de inversión) y usar los resultados del mercado al contado únicamente para controlar el riesgo de la estrategia a vencimiento (cuando el dato relevante es el precio del subyacente) y se potencian con la revisión de la estrategia óptima actualizando las distribuciones con la nueva información muestral.

Las ventajas de nuestra aproximación frente a la sugerida por Korn y Wilmott [1998] son asimismo evidentes, citemos: la modelización de las expectativas del agente sobre tendencia y volatilidad del subyacente (y no sólo en tendencia) y la combinación de los enfoques de modelización y estimación del enfoque Bayesiano, que permite obtener una estimación (y no sólo un modelo que después requiere ser estimado) del precio subjetivo de las opciones que incorpora las expectativas expectativas iniciales del inversor junto a los resultados muestrales de los mercados al contado y de derivados. En relación a los trabajos previos sobre la obtención de carteras óptimas de opciones señalemos que este trabajo no se centra en una estrategia de cobertura sino en la obtención de una estrategia general de inversión óptima en el mercado de opciones; y que al introducir las restricciones de riesgo a través de los resultados posibles manteniendo la linealidad del problema de optimización consigue unir dos beneficios: una interpretación más natural del riesgo desde el punto de vista del inversor y poder contar con la disponibilidad de programas de resolución más potentes y rápidos para resolver en tiempo razonable el problema de optimización con un número grande de contratos.

Resumiendo, en relación a las ventajas de la metodología presentada subrayemos que: (i) el modelo de valoración de opciones asumido admite diferencias de volatilidad entre los distintos contratos en función a su nivel de moneyess y /o al plazo hasta vencimiento y permite incorporar en la predicción del precio los errores debidos a la predicción del precio teórico y al propio mercado: negociación infrecuente, asincronías entre los precios de los mercados al contado y de derivados, costes de

transacción indirectos,... (ii) el proceso inferencial Bayesiano aplicado proporciona las distribuciones predictivas finales de los precios neutrales al riesgo y subjetivos de las opciones y del precio del subyacente en una fecha futura, esto es, una información muy completa sobre los dos mercados de interés; (iii) las estimaciones basadas en estas distribuciones combinan, empleando una técnica científicamente reconocida (estadística Bayesiana), la información del inversor sobre la evolución en tendencia y volatilidad de los precios del subyacente con la información histórica de los mercados al contado y de derivados; (iv) las distribuciones predictivas finales sobre el precio neutral al riesgo y subjetivo de una opción permiten cuantificar, desde la perspectiva de cada inversor, si un contrato sobre un futuro u opción, está sobrevalorado o infravalorado en el mercado de derivados; (v) el problema de programación propuesto permite obtener una cartera de opciones dinámica óptima que recoge las expectativas de cada inversor y puede corregirse fácilmente para incorporar los costes de transacción directos y garantías en función objetivo y restricciones respectivamente; (vi) la aplicación de la metodología descrita en el mercado de derivados español confirma las características distribucionales descritas en la literatura para los precios de las opciones, ilustra que nuestro estimador del precio neutral al riesgo es un buen estimador del precio negociado en el mercado (coeficiente de Theil muy próximo a cero para todas las categorías de contratos) y proporciona estrategias de inversión con opciones óptimas basadas en las expectativas sobre volatilidad con beneficios netos (en €) en el rango [265.407'4, 367.678'4] para expectativas de volatilidad baja, [327.268'8, 701.413'2] para expectativas medias y [-174.997, 2.985'8] para expectativas altas.

ANEXO

Deduciremos en este anexo las distribuciones predictivas [4]-[5], [13]-[14], [15] y [16], y la distribución final [11]-[12].

a) *Obtención de la distribución predictiva final dada la información del mercado a contado del logaritmo del precio del subyacente a vencimiento asumiendo el modelo definido por [1]-[2].*

A partir de [2] para intervalos temporales unitarios se obtiene la distribución de $R_1, \dots, R_j | S_0, \sigma^2$. Y a partir de esta distribución y la distribución inicial [3], empleando el teorema de Bayes se obtiene la distribución final de $\sigma^2 | R_1, \dots, R_j$ que viene dada por:

$$\sigma^2 | R_1, \dots, R_t \sim \text{GIG}(\lambda_n, \chi_n, \psi_n) \quad [\text{a1}]$$

Para finalizar, a partir de [2] y [a1] se obtiene, aplicando el teorema de la Probabilidad Total la distribución predictiva [4]-[5].

b) *Obtención de la distribución final dada la información del mercado a contado y de derivados de los parámetros β_0 , β_1 y σ^2 del modelo de valoración de opciones [6] asumiendo el modelo definido por [1], [2], [6], [7], [9] y [10].*

A partir de la distribución de $R_1, \dots, R_t | S_0, \sigma^2$ (véase [a3] en Font [2004]) y de la distribución de $\{f(C_{ijt})\}_{i,j,t < \tau < t'} | S_0, R_1, \dots, R_t, \beta_0, \beta_1, \sigma^2$ (obtenida a partir de [6]) se obtiene aplicando el teorema de la Probabilidad Total la distribución de $R_1, \dots, R_t, \{f(C_{ijt})\}_{i,j,t < \tau < t'} | S_0, \beta_0, \beta_1, \sigma^2$. Y a partir de esta última y la distribución inicial $p(\beta_0, \beta_1, \sigma^2) \propto p(\sigma^2)$ se obtiene aplicando el teorema de Bayes la distribución final [11]-[12][†].

c) *Obtención de la distribución predictiva final dada la información del mercado a contado y de derivados de $f(C_{ijt'+k})$, donde $C_{ijt'+k}$ es el precio de referencia neutral al riesgo en $t'+k$ del contrato i con características de moneyess y plazo j asumiendo el modelo definido por [1], [2], [3], [6] y [7].*

A partir de la distribución de $f(C_{ijt'+k}) | S_0, R_1, \dots, R_t, \{C_{ijt}\}_{i,j,t < \tau < t'}, \beta_0, \beta_1, \sigma^2$ (a partir del modelo [6]) y de $\beta_0, \beta_1 | S_0, R_1, \dots, R_t, \{C_{ijt}\}_{i,j,t < \tau < t'}, \sigma^2$ (véase nota al pie de este anexo) se obtiene aplicando el teorema de la Probabilidad Total la distribución de $f(C_{ijt'+k}) | S_0, R_1, \dots, R_t, \{C_{ijt}\}_{i,j,t < \tau < t'}, \sigma^2$ que viene dada por:

$$f(C_{ijt'+k}) | S_0, R_1, \dots, R_t, \{C_{ijt}\}_{i,j,t < \tau < t'}, \sigma^2 \sim N(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 f(q_{ijt'+k}), d_t^k \sigma^2) \quad [\text{a2}]$$

A partir de [a2] y de $\sigma^2 | S_0, R_1, \dots, R_t, \{C_{ijt}\}_{i,j,t < \tau < t'}$ (ecuación en la nota al pie 6) se obtiene aplicando el teorema de la Probabilidad Total la distribución predictiva [13]-[14].

[†] La distribución final de los parámetros β_0 , β_1 y σ^2 neutral al riesgo se obtiene aplicando el mismo procedimiento pero a partir de una distribución de $R_1, \dots, R_t | S_0, \sigma^2$ distinta, la que se obtiene directamente de [2] para intervalos temporales unitarios se obtiene la distribución

d) *Obtención de la distribución predictiva final dada la información del mercado a contado y de derivados de $f(C_{ijt'+k})$, donde $C_{ijt'+k}$ es el precio subjetivo en $t'+k$ del contrato i con características de moneyess y plazo j asumiendo el modelo definido por [1], [2], [6], [9] y [10].*

A partir de la distribución de $f(C_{ijt'+k})|S_0, R_1, \dots, R_{t'}, \{C_{ij\tau}\}_{i,j,t < \tau < t'}, \sigma^2$ (ecuación [a2]) y de $\sigma^2|S_0, R_1, \dots, R_{t'}, \{C_{ij\tau}\}_{i,j,t < \tau < t'}$ (ecuación [11]) se obtiene aplicando el teorema de la Probabilidad Total la distribución predictiva [15].

e) *Obtención de la distribución predictiva final dada la información del mercado a contado y de derivados y las expectativas del inversor del logaritmo de los precios del subyacente a vencimiento asumiendo el modelo definido por [1], [2], [6], [9] y [10].*

A partir de la distribución de $\log(S_T)|S_0, R_1, \dots, R_{t'}, \sigma^2$ (véase [a5] en Font [2004]) y de la distribución de $\sigma^2|S_0, R_1, \dots, R_{t'}, \{C_{ij\tau}\}_{i,j,t < \tau < t'}$ (ecuación [11]) se obtiene aplicando el teorema de la Probabilidad Total la distribución predictiva [16].

BIBLIOGRAFÍA

- ATKINSON, A. C. [1982]: "The simulation of generalized inverse Gaussian and hyperbolic random variables". *SIAM Journal of Scientific & Statistical Computing* **3**, 502-515.
- BALBAS, A., I. R. LONGARELA Y A. PARDO [2000]: "Integration and arbitrage in the Spanish financial markets: An empirical approach". *Journal of Futures Markets* **20**, 321-344.
- BARNDORFF-NIELSEN, O. E. [1977]: "Exponentially decreasing distributions for the logarithm of particle size". *Proceedings of the Royal Society (London A)* **353**, 401-419.
- BOARD, J., C. SUTCLIFFE Y E. PATRINOS [2000]: "The performance of covered calls". *The European Journal of Finance*, **6**, 1-17.
- BOOKSTABER, R. Y R. CLARKE [1985]: "Problems in evaluating the performance of portfolios with options". *Financial Analysts Journal* January-February, 48-62.
- BULLOCK, D. W. Y D. J. HAYES [1992]: "Speculation and hedging in commodity options: A modification of Wolf's Portfolio Model". *Journal of Economics and Business* **44**, 201-221.
- ERAKER, B. [2004]: "Do stock prices and volatility jump? Reconciling evidence from spot and option prices". *Journal of Finance* **59**, 1367-1403.
- ENGLE, R. Y C. MUSTAFA [1992]: "Implied ARCH Models from option prices". *Journal of Econometrics* **52**, 289-311.
- FONT, B. [2004]: "Estrategias especulativas óptimas con opciones". *Revista Española de Financiación y Contabilidad* **33**, (nº 120), 161-203.
- FORBES, C. S., G. M. MARTIN Y J. WRIGHT [2003]: "Bayesian estimation of a stochastic volatility model using option and spot prices: Application of a bivariate Kalman filter". Working Paper 17/2003. Monash University, Australia.
- HULL, J. [2000]: *Options, futures, and other derivatives securities*. 4th edition. Prentice Hall. New Jersey.
- JACQUIER, E. Y R. JARROW [2000]: "Bayesian analysis of contingent claim model error". *Journal of Econometrics* **94**, 145-180.
- KORN, R., Y P. WILMOTT, [1998]: "A general framework for hedging and speculating with options". *International Journal of Theoretical and Applied Finance* **1**, 507-522.
- LADD, G. W. Y S. D. HANSON [1991]: "Price-risk management with options: Optimal market positions and institutional value". *The Journal of Futures Markets* **11**, 737-750.
- MARTIN, G. M., C. S. FORBES Y V. L. MARTIN [2003]: "Implicit Bayesian inference using option prices". Working Paper 5/2003. Monash University, Australia.
- MORARD, B., Y A. NACIRI [1990]: "Options and investment strategies". *The Journal of Futures Markets*, **10**, 505-517.
- RENDELMAN, R. J. [1981]: "Optimal long-run option investment strategies". *Financial Management* **10**, 61-76.
- WOLF, A. [1987]: "Optimal hedging with futures options". *Journal of Economics and Business* **39**, 141-158.
- ZELLNER, A. [1971]: *An introduction to Bayesian inference in econometrics*. Wiley & Sons, New York.
- ZELLNER, A. [1990]: "Bayesian inference". In *The New Palgrave Time Series and Statistics*, J. Eatwell, M. Milgate, and P. Newman (eds). WW Norton & Company, 36-61.

TABLAS Y FIGURAS

		Baja	Media	Alta
Decreciente	a_0	19.7821	4.8275	7.1829
	b_0	5.680E-04	5.238E-04	3.262E-03
	m_0	-2.170E-03	-3.588E-03	-5.904E-03
	c_0	0.9146	1.1423	1.0146
	d_0^{out}	3750.91	513.27	200.41
	d_0^{at}	1767.59	696.06	323.33
	d_0^{in}	26786.71	6067.79	1719.61
	d_0^{long}	1277.75	330.01	94.27
Indecisa	a_0	19.7821	4.8275	7.1829
	b_0	5.680E-04	5.238E-04	3.262E-03
	m_0	8.279E-04	4.454E-04	5.555E-04
	c_0	1.0563	0.9338	1.0112
	d_0^{out}	3750.91	513.27	200.41
	d_0^{at}	1767.59	696.06	323.33
	d_0^{in}	26786.71	6067.79	1719.61
	d_0^{long}	1277.75	330.01	94.27
Creciente	a_0	19.7821	4.8275	7.1829
	b_0	5.680E-04	5.238E-04	3.262E-03
	m_0	3.276E-03	3.880E-03	6.698E-03
	c_0	0.8619	1.0616	0.9373
	d_0^{out}	3750.91	513.27	200.41
	d_0^{at}	1767.59	696.06	323.33
	d_0^{in}	26786.71	6067.79	1719.61
	d_0^{long}	1277.75	330.01	94.27
Neutral	d_0^{out}	438.55		
	d_0^{at}	492.80	d_0^{long}	226.37
	d_0^{in}	4697.55		

TABLA 1: Valores de los parámetros de las distribuciones iniciales

Intervalo	Media	Desv. Est.	Jarque-Bera	Probabilidad	Clas_Volat	Clas_Prom
02/10-20/10	0.002017	0.006178	3.161086	0.2059	Baja	Indecisa
23/10-17/11	0.00324	0.004211	0.751155	0.6869	Baja	Creciente
20/11-15/12	0.003382	0.010154	1.618798	0.4451	Media	Creciente
18/12-19/01	-0.00076	0.007229	1.883559	0.3899	Media	Indecisa
22/01-16/02	0.002774	0.005768	0.762578	0.6830	Baja	Creciente
19/02-16/03	0.001586	0.014614	5.487536	0.0643	Media	Indecisa
19/03-30/03	0.003418	0.006454	0.651025	0.7222	Media	Creciente

TABLA 2: Estadísticos descriptivos diarios del índice IBEX-35 por subperíodos para el intervalo comprendido entre 2/10/2006 al 30/03/2007

	CN12800_1	CN14000_1	CN14000_2	CN14000_3	CN14000_4	CN_14900_1
Media	36876.68	3041.810	363.4167	531.2802	783.5603	25.52145
Mediana	975.3392	166.6391	259.8587	306.6002	349.4408	18.36485
Máximo	11710822	463827.6	5730.442	7546.919	34073.78	273.0274
Mínimo	0.761927	0.040088	19.15000	10.72344	7.778404	1.253961
Desv. Est.	418823.1	18929.89	374.9888	710.5832	1690.601	24.59117
Asimetría	23.46745	17.33695	5.124314	3.748896	10.57512	4.001143
Curtosis	621.2933	377.2886	55.26700	23.77669	172.4165	30.25731
Jarque-Bera	16020398**	5887261.**	118203.1**	20328.66**	1214553. **	33624.90**

Nivel de significatividad del contraste: 5% (*) y 1% (**)

TABLA 3: Estadísticos descriptivos de la distribución predictiva final de los precios de referencia del día 20/11/2006 para varios contratos de opciones

	Completo	Out	At	In	Long
Raíz del Error Cuadrático Medio	252.905	41.272	50.740	412.019	234.241
Error Absoluto Medio	139.292	38.794	39.575	271.231	137.699
Porcentaje de Error Absoluto Medio	99.08%	535.23%	131.86%	56.65%	61.74%
Coefficiente de Theil	2.586E-03	5.025E-02	6.221E-03	2.777E-03	1.990E-03

TABLA 4: Medidas del error de predicción cometido al estimar los precios de mercado a partir de los precios de referencia

	C1A14000 1	C2A14000 1	C3A14000 1	C4A14000 1	C5A12800 1	C5A14000 1	C5A14000 2
Media	40113.99	2471.563	1811.415	16081.74	106096.9	5270.453	381.1490
Mediana	123.9357	179.8654	162.7206	152.0009	1090.083	140.0400	261.4968
Máximo	18365728	249169.5	104315.1	2862448.	78866405	2026346.	3209.709
Mínimo	0.003372	0.075196	0.137317	0.001457	1.190594	0.047671	10.51852
Desv. Est.	695562.0	13774.48	7703.367	139515.0	2511074.	67793.62	378.3999
Asimetría	23.37489	13.53503	8.535608	16.44281	30.94977	27.09253	2.706276
Curtosis	569.4386	219.1385	86.70343	305.8399	969.9216	794.7981	13.76150
Jarque-Bera	13459927**	1977026. **	304070.4**	3866395. **	39115372**	26245013**	6046.068**

	C5A14000 3	C5A14000 4	C5A14900 1	C6A14000 1	C7A14000 1	C8A14000 1	C9A14000 1
Media	512.7041	783.4854	24.10456	1226.901	10913.52	2249.303	1266.065
Mediana	297.8370	370.9944	19.18401	171.7089	150.6366	148.5203	151.3588
Máximo	14610.43	24256.58	162.7588	90488.53	932101.4	214124.5	164211.1
Mínimo	13.25332	6.801120	1.872186	0.276473	0.008304	0.093015	0.422072
Desv. Est.	809.1215	1453.947	18.68402	4422.095	58427.88	9593.061	6305.005
Asimetría	8.224770	7.783729	2.189243	11.14226	8.965494	13.16741	18.61280
Curtosis	115.2616	96.68375	11.24215	185.2707	101.3719	253.3631	453.7871
Jarque-Bera	536385.5**	375791.3**	3629.344**	1404967. **	416606.6**	2640634. **	8524782. **

Nivel de significatividad del contraste: 5% (*) y 1% (**)

TABLA 5: Estadísticos descriptivos de la distribución predictiva final de los precios subjetivos del día 20/11/2006 para varios contratos de opciones y expectativas del inversor

		Baja	Media	Alta
Decreciente	Media	1103534.	898462.8	341826.9
	Mediana	257145.5	128460.9	91425.04
	Desv. Est.	6563474.	6650599.	1165577.
	Asimetría	15.03335	18.73276	9.644632
	Curtosis	277.3621	399.4335	116.2644
	Jarque-Bera	3174107.**	6606799.**	550037.1**
	Wilcoxon	6.438**	6.323**	11.370**
Indecisa	Media	3041838.	2338117.	432897.5
	Mediana	264319.7	123897.6	53883.20
	Desv. Est.	41475134	50237340	5789752.
	Asimetría	22.99042	30.90843	30.71893
	Curtosis	565.8170	968.1710	961.3440
	Jarque-Bera	13286550**	38974019**	38424908**
	Wilcoxon	7.485**	4.597**	13.727**
Creciente	Media	1598954.	688297.0	387469.5
	Mediana	243362.5	173432.6	101852.3
	Desv. Est.	8939751.	3312423.	2054873.
	Asimetría	10.74914	13.92550	20.70215
	Curtosis	129.2242	233.3683	527.0531
	Jarque-Bera	683113.7**	2243551.**	11514415**
	Wilcoxon	5.663**	2.571*	11.498**

Nivel de significatividad de los contrastes: 5% (*) y 1% (**)

TABLA 6: Estadísticos descriptivos de la distribución del valor de las carteras óptimas a 20/11/2006

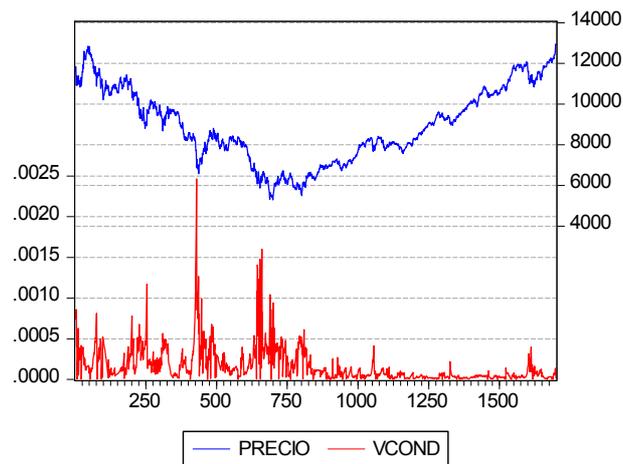


FIGURA 1: Representación de los precios diarios del índice IBEX-35 y de la varianza condicional de sus rendimientos (revisada cada subperíodo) para el intervalo comprendido entre 3/01/2000 al 29/09/2006

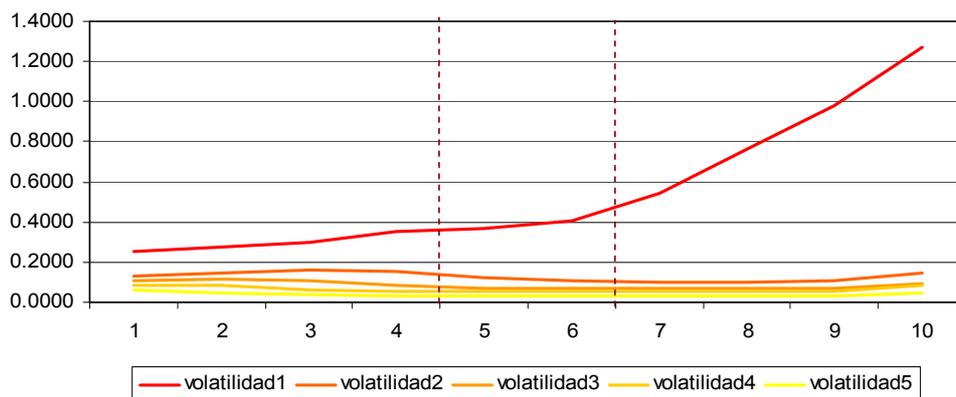


FIGURA 2: Representación de la volatilidad (desviación estándar) por decil de moneyess y vencimiento de los logaritmos del precio divididos por la raíz del plazo de opciones de compra negociadas en el intervalo del 3/01/2000 al 29/09/2006

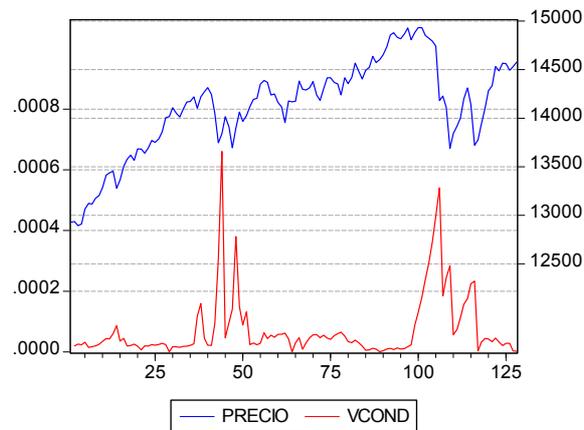


FIGURA 3: Representación de los precios diarios del índice IBEX-35 y de la varianza condicional de sus rendimientos (revisada cada subperíodo) para el intervalo comprendido entre 2/10/2006 al 30/03/2007

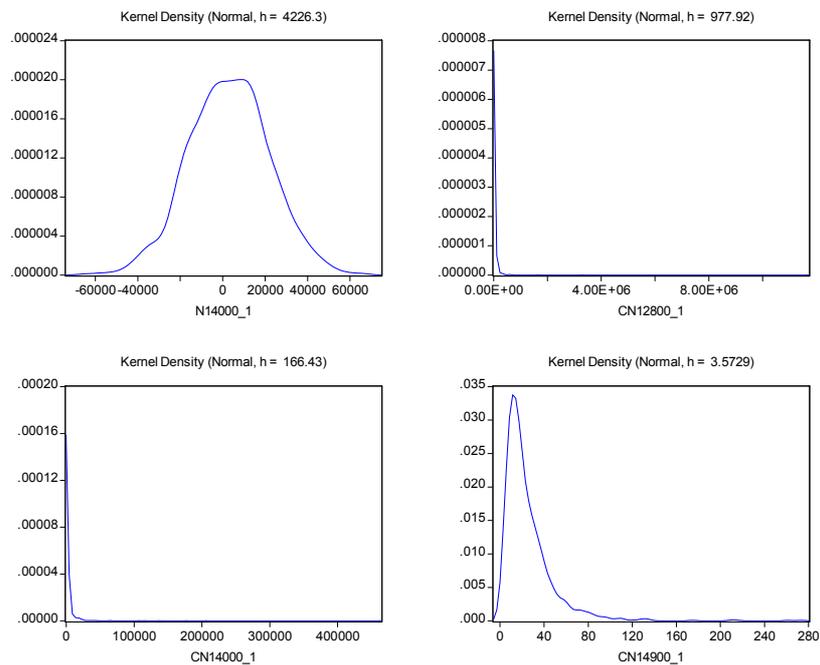


FIGURA 4: Representación comparativa de la función de densidad predictiva final del precio de referencia del día 20/11/2006 para opciones de compra con varios ejercicios

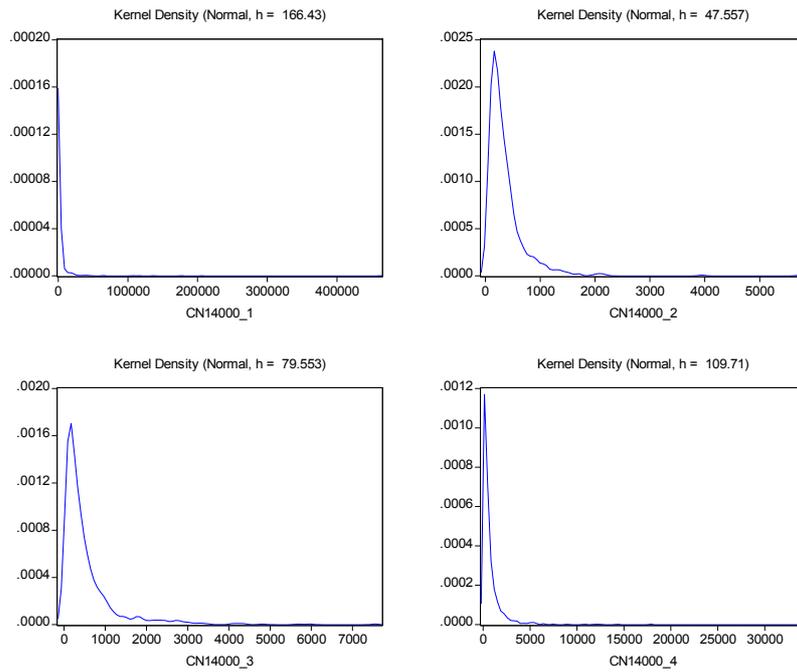


FIGURA 5: Representación comparativa de la función de densidad predictiva final del precio de referencia del día 20/11/2006 para opciones de compra con varios vencimientos

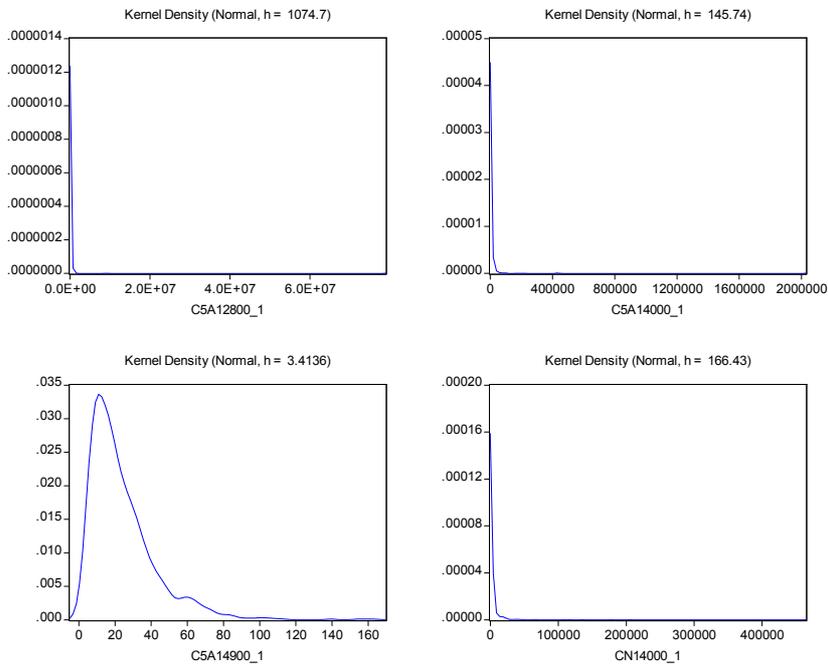


FIGURA 6: Representación comparativa de la función de densidad predictiva final del precio subjetivo asociado a la expectativa indecisa-baja del día 20/11/2006 para opciones de compra con varios ejercicios

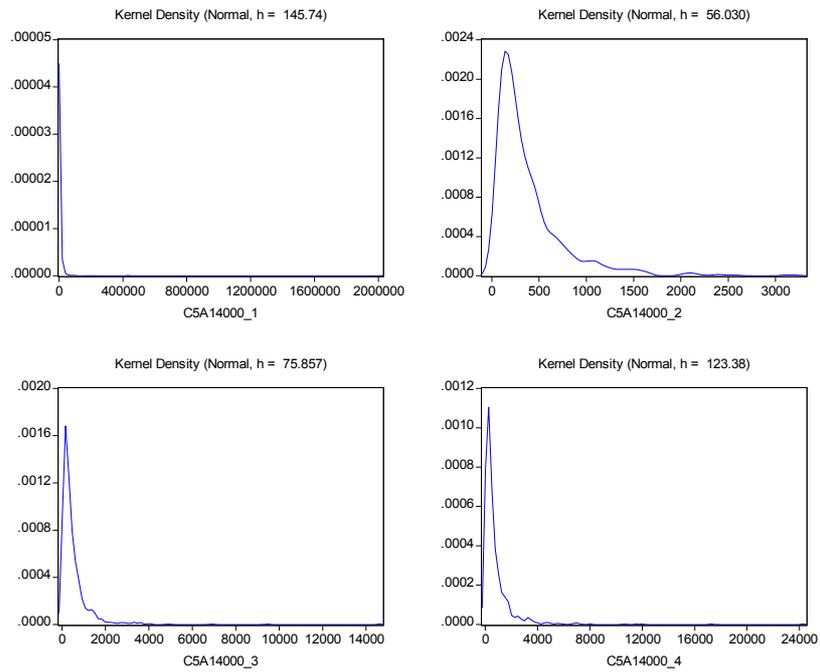


FIGURA 7: Representación comparativa de la función de densidad predictiva final del precio subjetivo asociado a la expectativa indecisa-baja del día 20/11/2006 para opciones de compra con varios vencimientos

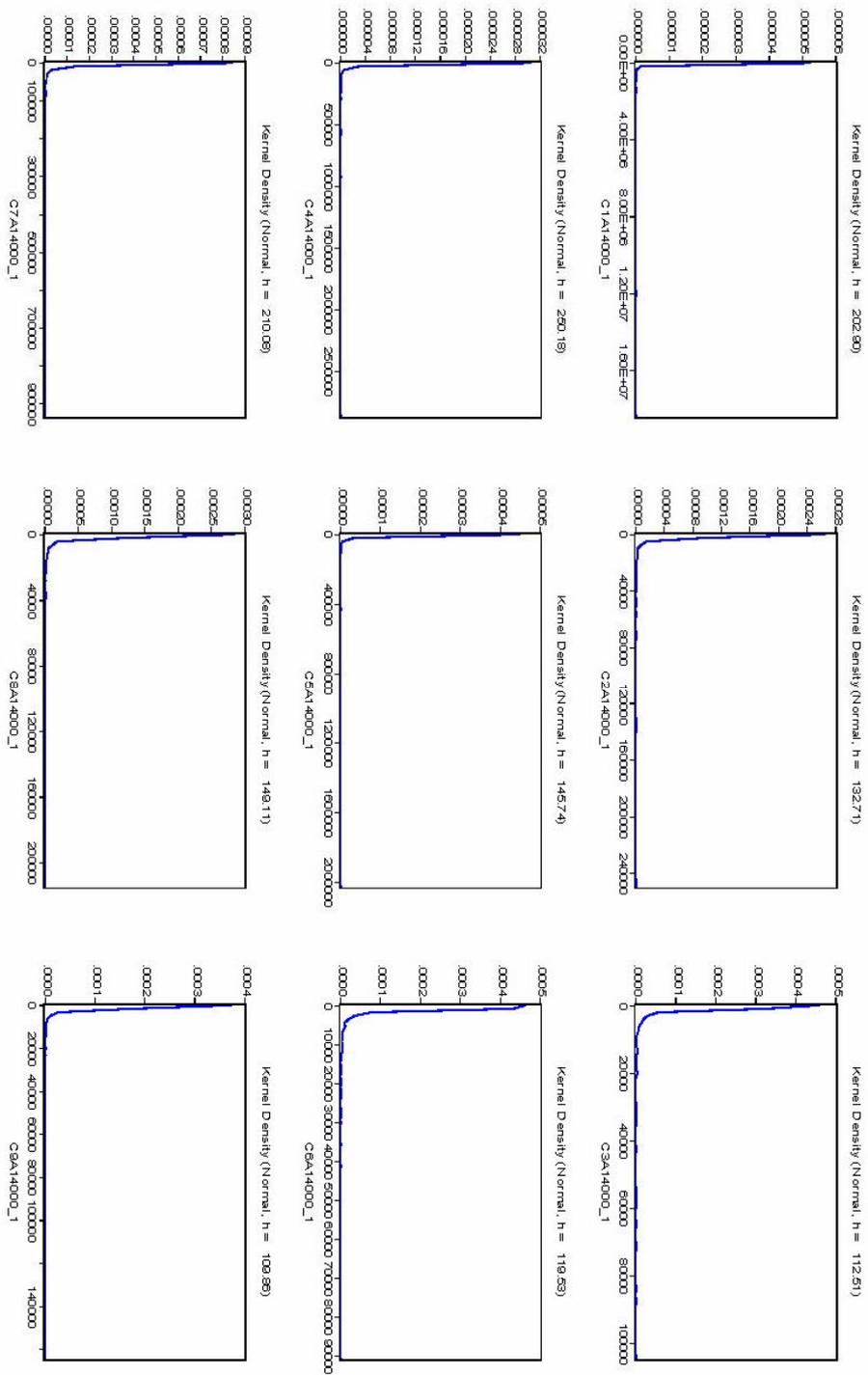
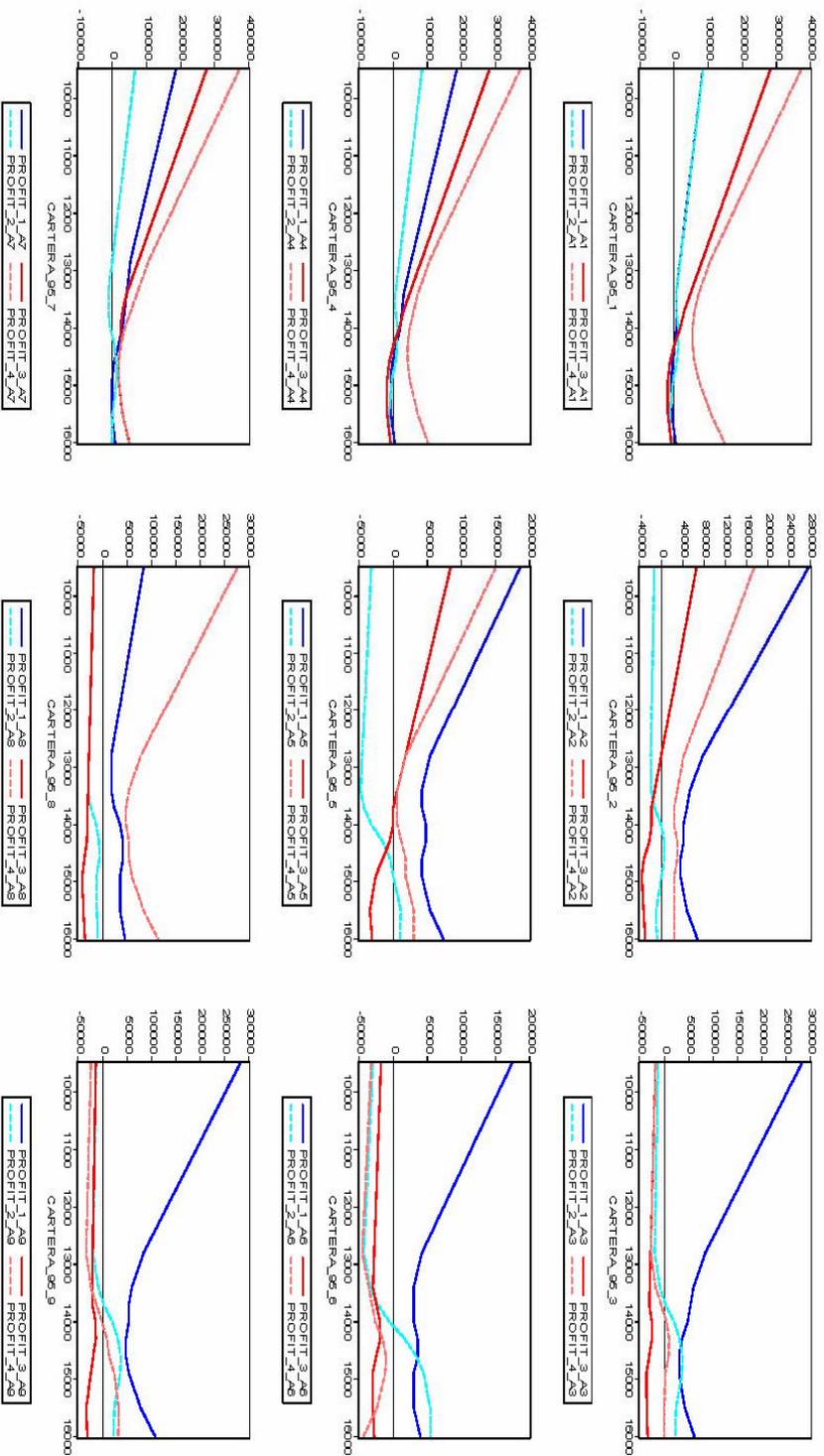
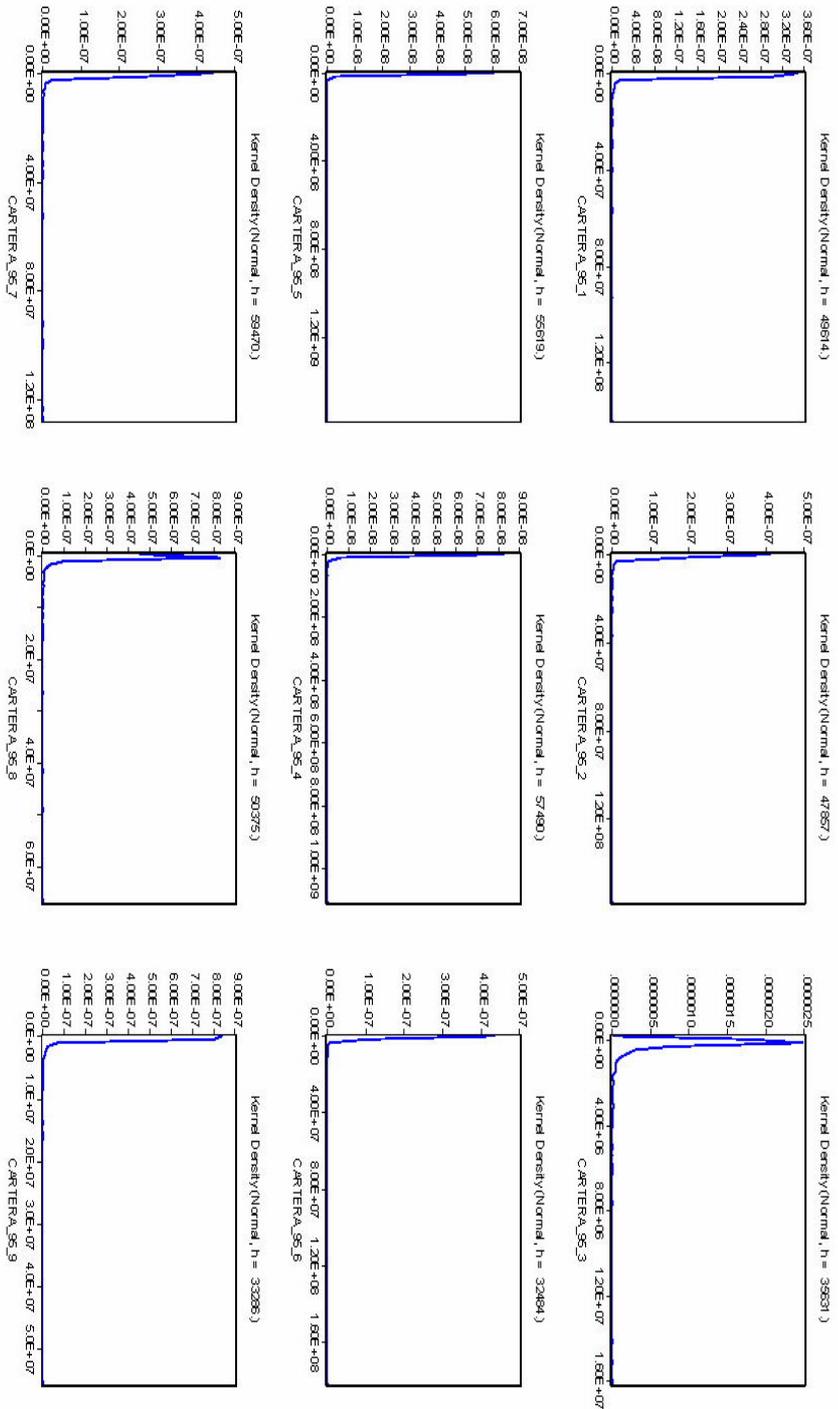


FIGURA 8: Representación comparativa de la función de densidad predictiva final del precio subjetivo asociado a varias expectativas del día 20/1/2006 para opciones de compra con ejercicio 14000 y vencimiento inferior al mes



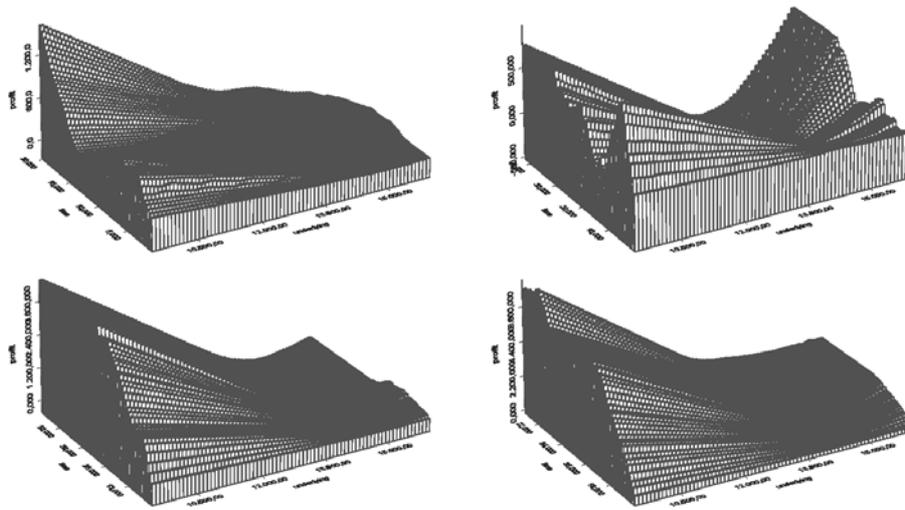
Expectativas: Tendencia decreciente y volatilidad baja (cartera_95_1), tendencia decreciente y volatilidad media (cartera_95_2), tendencia decreciente y volatilidad baja (cartera_95_3), indeciso en tendencia y volatilidad baja (cartera_95_4), indeciso en tendencia y volatilidad media (cartera_95_5), indeciso en tendencia y volatilidad baja (cartera_95_6), tendencia creciente y volatilidad baja (cartera_95_7), tendencia creciente y volatilidad media (cartera_95_8) y tendencia creciente y volatilidad baja (cartera_95_9).

FIGURA 9: Gráficas de beneficios de las estrategias óptimas a 20/1/2006 por vencimiento y expectativa en función de los posibles valores del subyacente



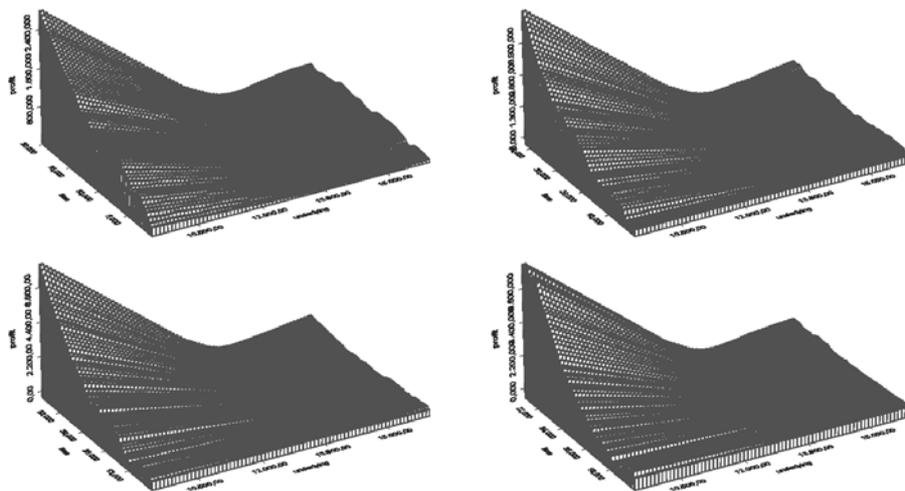
Expectativas: Tendencia decreciente y volatilidad baja (cartera_95_1), tendencia decreciente y volatilidad media (cartera_95_2), tendencia decreciente y volatilidad baja (cartera_95_3), indeciso en tendencia y volatilidad baja (cartera_95_4), indeciso en tendencia y volatilidad media (cartera_95_5), indeciso en tendencia y volatilidad baja (cartera_95_6), tendencia creciente y volatilidad baja (cartera_95_7), tendencia creciente y volatilidad media (cartera_95_8) y tendencia creciente y volatilidad baja (cartera_95_9).

FIGURA 10: Representación de la función de densidad predictiva final del valor de la cartera de opciones óptima a 20/11/2006 para las nueve expectativas



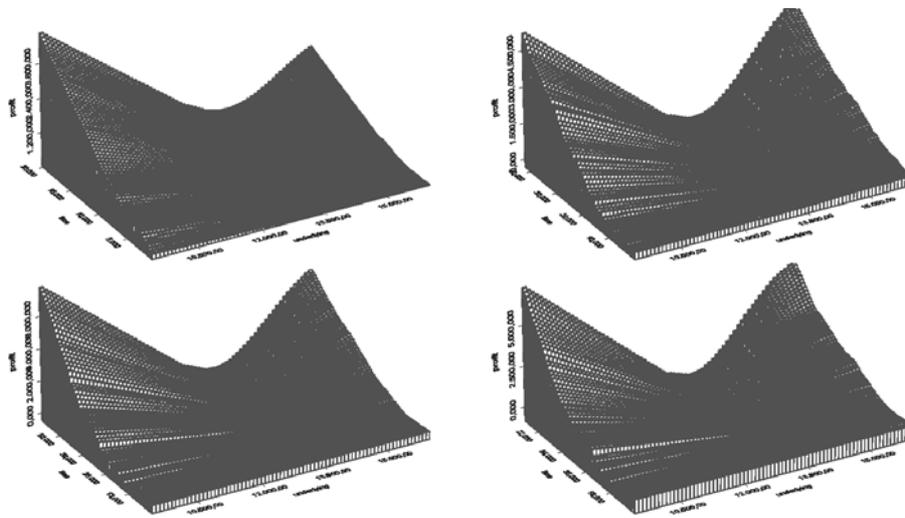
Vencimientos: primer vencimiento (sup. izq.), segundo vencimiento (sup. dcha.), tercer vencimiento (inf. izd.) y cuarto vencimiento (inf. dcha.). Time=Etapa.

FIGURA 11: Gráficas de beneficios de las estrategias óptimas para cada vencimiento y la expectativa indeciso en tendencia y volatilidad baja en función de los posibles valores del subyacente y del tiempo transcurrido desde el inicio de la inversión



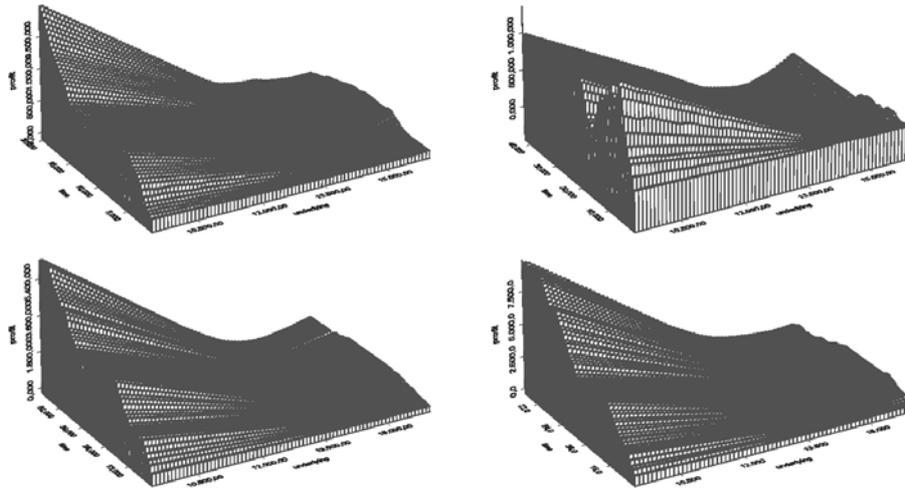
Vencimientos: primer vencimiento (sup. izq.), segundo vencimiento (sup. dcha.), tercer vencimiento (inf. izd.) y cuarto vencimiento (inf. dcha.). Time=Etapa.

FIGURA 12: Gráficas de beneficios de las estrategias óptimas para cada vencimiento y la expectativa indeciso en tendencia y volatilidad media en función de los posibles valores del subyacente y del tiempo transcurrido desde el inicio de la inversión



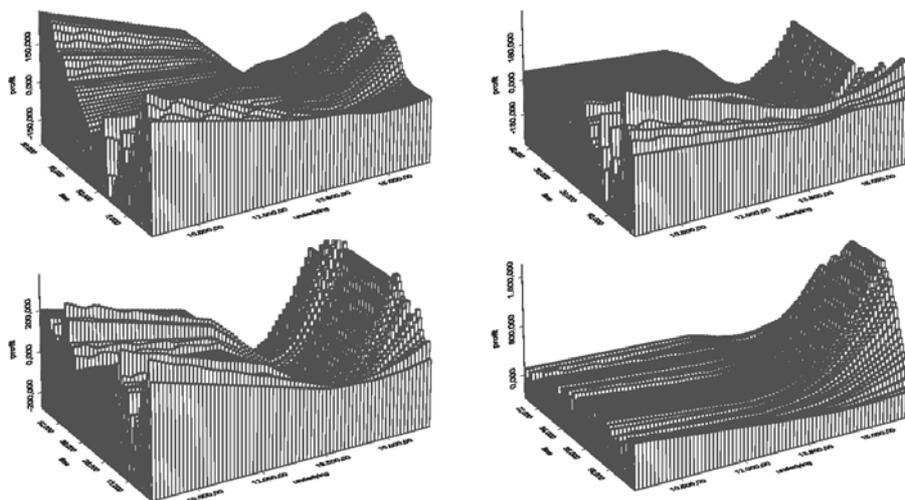
Vencimientos: primer vencimiento (sup. izq.), segundo vencimiento (sup. dcha.), tercer vencimiento (inf. izd.) y cuarto vencimiento (inf. dcha.). Time=Etapa.

FIGURA 13: Gráficas de beneficios de las estrategias óptimas para cada vencimiento y la expectativa indeciso en tendencia y volatilidad alta en función de los posibles valores del subyacente y del tiempo transcurrido desde el inicio de la inversión



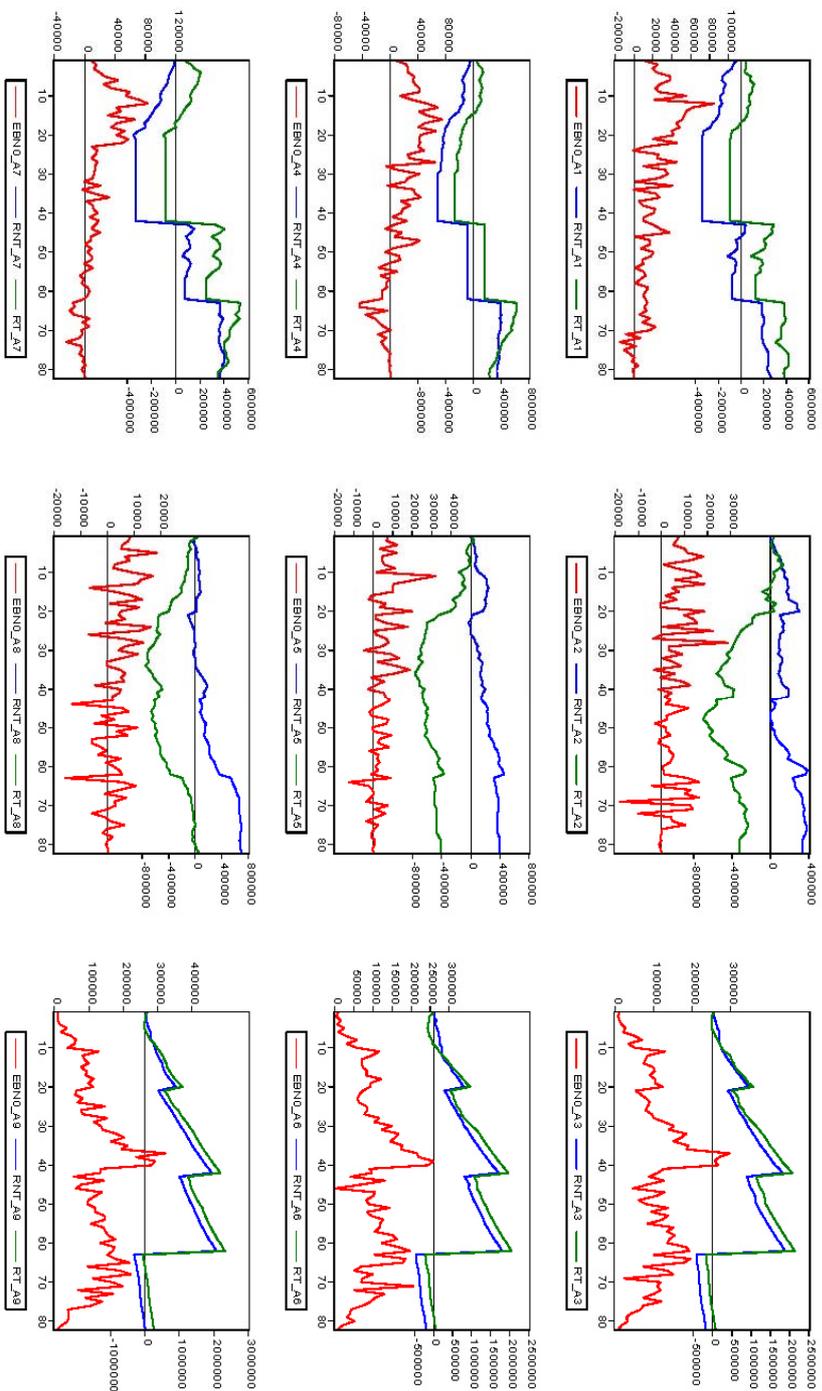
Vencimientos: primer vencimiento (sup. izq.), segundo vencimiento (sup. dcha.), tercer vencimiento (inf. izd.) y cuarto vencimiento (inf. dcha.). Time=Etapa.

FIGURA 14: Gráficas de beneficios de las estrategias óptimas para cada vencimiento y la expectativa en tendencia decreciente y volatilidad baja en función de los posibles valores del subyacente y del tiempo transcurrido desde el inicio de la inversión



Vencimientos: primer vencimiento (sup. izq.), segundo vencimiento (sup. dcha.), tercer vencimiento (inf. izd.) y cuarto vencimiento (inf. dcha.). Time=Etapa.

FIGURA 15: Gráficas de beneficios de las estrategias óptimas para cada vencimiento y la expectativa en tendencia creciente y volatilidad media en función de los posibles valores del subyacente y del tiempo transcurrido desde el inicio de la inversión



EBN0=Beneficio neto máximo al inicio de cada etapa y RT/(RNT)=Rendimiento total bruto/(neto) al final de la inversión.
 Expectativas: Tendencia decreciente y volatilidad baja (*_A1), tendencia decreciente y volatilidad media (*_A2), tendencia decreciente y volatilidad baja (*_A3),
 descenso en tendencia y volatilidad baja (*_A4), descenso en tendencia y volatilidad media (*_A5), descenso en tendencia y volatilidad baja (*_A6), tendencia
 creciente y volatilidad baja (*_A7), tendencia creciente y volatilidad media (*_A8) y tendencia creciente y volatilidad baja (*_A9).

FIGURA 16: Representación de los beneficios netos máximos estimados y los resultados totales netos y brutos al final de la inversión de las carteras óptimas obtenidas para las nueve expectativas durante el período de inversión del 20/11/2006 al 16/03/2007

FUNDACIÓN DE LAS CAJAS DE AHORROS

DOCUMENTOS DE TRABAJO

Últimos números publicados

- 159/2000 Participación privada en la construcción y explotación de carreteras de peaje
Ginés de Rus, Manuel Romero y Lourdes Trujillo
- 160/2000 Errores y posibles soluciones en la aplicación del *Value at Risk*
Mariano González Sánchez
- 161/2000 Tax neutrality on saving assets. The spanish case before and after the tax reform
Cristina Ruza y de Paz-Curbera
- 162/2000 Private rates of return to human capital in Spain: new evidence
F. Barceinas, J. Oliver-Alonso, J.L. Raymond y J.L. Roig-Sabaté
- 163/2000 El control interno del riesgo. Una propuesta de sistema de límites
riesgo neutral
Mariano González Sánchez
- 164/2001 La evolución de las políticas de gasto de las Administraciones Públicas en los años 90
Alfonso Utrilla de la Hoz y Carmen Pérez Esparrells
- 165/2001 Bank cost efficiency and output specification
Emili Tortosa-Ausina
- 166/2001 Recent trends in Spanish income distribution: A robust picture of falling income inequality
Josep Oliver-Alonso, Xavier Ramos y José Luis Raymond-Bara
- 167/2001 Efectos redistributivos y sobre el bienestar social del tratamiento de las cargas familiares en
el nuevo IRPF
Nuria Badenes Plá, Julio López Laborda, Jorge Onrubia Fernández
- 168/2001 The Effects of Bank Debt on Financial Structure of Small and Medium Firms in some Euro-
pean Countries
Mónica Melle-Hernández
- 169/2001 La política de cohesión de la UE ampliada: la perspectiva de España
Ismael Sanz Labrador
- 170/2002 Riesgo de liquidez de Mercado
Mariano González Sánchez
- 171/2002 Los costes de administración para el afiliado en los sistemas de pensiones basados en cuentas
de capitalización individual: medida y comparación internacional.
José Enrique Devesa Carpio, Rosa Rodríguez Barrera, Carlos Vidal Meliá
- 172/2002 La encuesta continua de presupuestos familiares (1985-1996): descripción, representatividad
y propuestas de metodología para la explotación de la información de los ingresos y el gasto.
Llorenç Pou, Joaquín Alegre
- 173/2002 Modelos paramétricos y no paramétricos en problemas de concesión de tarjetas de credito.
Rosa Puertas, María Bonilla, Ignacio Olmeda

- 174/2002 Mercado único, comercio intra-industrial y costes de ajuste en las manufacturas españolas.
José Vicente Blanes Cristóbal
- 175/2003 La Administración tributaria en España. Un análisis de la gestión a través de los ingresos y de los gastos.
Juan de Dios Jiménez Aguilera, Pedro Enrique Barrilao González
- 176/2003 The Falling Share of Cash Payments in Spain.
Santiago Carbó Valverde, Rafael López del Paso, David B. Humphrey
Publicado en "Moneda y Crédito" nº 217, pags. 167-189.
- 177/2003 Effects of ATMs and Electronic Payments on Banking Costs: The Spanish Case.
Santiago Carbó Valverde, Rafael López del Paso, David B. Humphrey
- 178/2003 Factors explaining the interest margin in the banking sectors of the European Union.
Joaquín Maudos y Juan Fernández Guevara
- 179/2003 Los planes de stock options para directivos y consejeros y su valoración por el mercado de valores en España.
Mónica Melle Hernández
- 180/2003 Ownership and Performance in Europe and US Banking – A comparison of Commercial, Co-operative & Savings Banks.
Yener Altunbas, Santiago Carbó y Phil Molyneux
- 181/2003 The Euro effect on the integration of the European stock markets.
Mónica Melle Hernández
- 182/2004 In search of complementarity in the innovation strategy: international R&D and external knowledge acquisition.
Bruno Cassiman, Reinhilde Veugelers
- 183/2004 Fijación de precios en el sector público: una aplicación para el servicio municipal de suministro de agua.
M^a Ángeles García Valiñas
- 184/2004 Estimación de la economía sumergida en España: un modelo estructural de variables latentes.
Ángel Alañón Pardo, Miguel Gómez de Antonio
- 185/2004 Causas políticas y consecuencias sociales de la corrupción.
Joan Oriol Prats Cabrera
- 186/2004 Loan bankers' decisions and sensitivity to the audit report using the belief revision model.
Andrés Guiral Contreras and José A. Gonzalo Angulo
- 187/2004 El modelo de Black, Derman y Toy en la práctica. Aplicación al mercado español.
Marta Tolentino García-Abadillo y Antonio Díaz Pérez
- 188/2004 Does market competition make banks perform well?.
Mónica Melle
- 189/2004 Efficiency differences among banks: external, technical, internal, and managerial
Santiago Carbó Valverde, David B. Humphrey y Rafael López del Paso

- 190/2004 Una aproximación al análisis de los costes de la esquizofrenia en España: los modelos jerárquicos bayesianos
F. J. Vázquez-Polo, M. A. Negrín, J. M. Cavasés, E. Sánchez y grupo RIRAG
- 191/2004 Environmental proactivity and business performance: an empirical analysis
Javier González-Benito y Óscar González-Benito
- 192/2004 Economic risk to beneficiaries in notional defined contribution accounts (NDCs)
Carlos Vidal-Meliá, Inmaculada Domínguez-Fabian y José Enrique Devesa-Carpio
- 193/2004 Sources of efficiency gains in port reform: non parametric malmquist decomposition tfp index for Mexico
Antonio Estache, Beatriz Tovar de la Fé y Lourdes Trujillo
- 194/2004 Persistencia de resultados en los fondos de inversión españoles
Alfredo Ciriaco Fernández y Rafael Santamaría Aquilué
- 195/2005 El modelo de revisión de creencias como aproximación psicológica a la formación del juicio del auditor sobre la gestión continuada
Andrés Guiral Contreras y Francisco Esteso Sánchez
- 196/2005 La nueva financiación sanitaria en España: descentralización y prospectiva
David Cantarero Prieto
- 197/2005 A cointegration analysis of the Long-Run supply response of Spanish agriculture to the common agricultural policy
José A. Mendez, Ricardo Mora y Carlos San Juan
- 198/2005 ¿Refleja la estructura temporal de los tipos de interés del mercado español preferencia por la liquidez?
Magdalena Massot Perelló y Juan M. Nave
- 199/2005 Análisis de impacto de los Fondos Estructurales Europeos recibidos por una economía regional: Un enfoque a través de Matrices de Contabilidad Social
M. Carmen Lima y M. Alejandro Cardenete
- 200/2005 Does the development of non-cash payments affect monetary policy transmission?
Santiago Carbó Valverde y Rafael López del Paso
- 201/2005 Firm and time varying technical and allocative efficiency: an application for port cargo handling firms
Ana Rodríguez-Álvarez, Beatriz Tovar de la Fe y Lourdes Trujillo
- 202/2005 Contractual complexity in strategic alliances
Jeffrey J. Reuer y Africa Ariño
- 203/2005 Factores determinantes de la evolución del empleo en las empresas adquiridas por opa
Nuria Alcalde Fradejas y Inés Pérez-Soba Aguilar
- 204/2005 Nonlinear Forecasting in Economics: a comparison between Comprehension Approach versus Learning Approach. An Application to Spanish Time Series
Elena Olmedo, Juan M. Valderas, Ricardo Gimeno and Lorenzo Escot

- 205/2005 Precio de la tierra con presión urbana: un modelo para España
Esther Decimavilla, Carlos San Juan y Stefan Sperlich
- 206/2005 Interregional migration in Spain: a semiparametric analysis
Adolfo Maza y José Villaverde
- 207/2005 Productivity growth in European banking
Carmen Murillo-Melchor, José Manuel Pastor y Emili Tortosa-Ausina
- 208/2005 Explaining Bank Cost Efficiency in Europe: Environmental and Productivity Influences.
Santiago Carbó Valverde, David B. Humphrey y Rafael López del Paso
- 209/2005 La elasticidad de sustitución intertemporal con preferencias no separables intratemporalmente: los casos de Alemania, España y Francia.
Elena Márquez de la Cruz, Ana R. Martínez Cañete y Inés Pérez-Soba Aguilar
- 210/2005 Contribución de los efectos tamaño, book-to-market y momentum a la valoración de activos: el caso español.
Begoña Font-Belaire y Alfredo Juan Grau-Grau
- 211/2005 Permanent income, convergence and inequality among countries
José M. Pastor and Lorenzo Serrano
- 212/2005 The Latin Model of Welfare: Do 'Insertion Contracts' Reduce Long-Term Dependence?
Luis Ayala and Magdalena Rodríguez
- 213/2005 The effect of geographic expansion on the productivity of Spanish savings banks
Manuel Illueca, José M. Pastor and Emili Tortosa-Ausina
- 214/2005 Dynamic network interconnection under consumer switching costs
Ángel Luis López Rodríguez
- 215/2005 La influencia del entorno socioeconómico en la realización de estudios universitarios: una aproximación al caso español en la década de los noventa
Marta Rahona López
- 216/2005 The valuation of spanish ipos: efficiency analysis
Susana Álvarez Otero
- 217/2005 On the generation of a regular multi-input multi-output technology using parametric output distance functions
Sergio Perelman and Daniel Santin
- 218/2005 La gobernanza de los procesos parlamentarios: la organización industrial del congreso de los diputados en España
Gonzalo Caballero Miguez
- 219/2005 Determinants of bank market structure: Efficiency and political economy variables
Francisco González
- 220/2005 Agresividad de las órdenes introducidas en el mercado español: estrategias, determinantes y medidas de performance
David Abad Díaz

- 221/2005 Tendencia post-anuncio de resultados contables: evidencia para el mercado español
Carlos Forner Rodríguez, Joaquín Marhuenda Fructuoso y Sonia Sanabria García
- 222/2005 Human capital accumulation and geography: empirical evidence in the European Union
Jesús López-Rodríguez, J. Andrés Faña y Jose Lopez Rodríguez
- 223/2005 Auditors' Forecasting in Going Concern Decisions: Framing, Confidence and Information Processing
Waymond Rodgers and Andrés Guiral
- 224/2005 The effect of Structural Fund spending on the Galician region: an assessment of the 1994-1999 and 2000-2006 Galician CSFs
José Ramón Cancelo de la Torre, J. Andrés Faña and Jesús López-Rodríguez
- 225/2005 The effects of ownership structure and board composition on the audit committee activity: Spanish evidence
Carlos Fernández Méndez and Rubén Arrondo García
- 226/2005 Cross-country determinants of bank income smoothing by managing loan loss provisions
Ana Rosa Fonseca and Francisco González
- 227/2005 Incumplimiento fiscal en el irpf (1993-2000): un análisis de sus factores determinantes
Alejandro Estellér Moré
- 228/2005 Region versus Industry effects: volatility transmission
Pilar Soriano Felipe and Francisco J. Climent Diranzo
- 229/2005 Concurrent Engineering: The Moderating Effect Of Uncertainty On New Product Development Success
Daniel Vázquez-Bustelo and Sandra Valle
- 230/2005 On zero lower bound traps: a framework for the analysis of monetary policy in the 'age' of central banks
Alfonso Palacio-Vera
- 231/2005 Reconciling Sustainability and Discounting in Cost Benefit Analysis: a methodological proposal
M. Carmen Almansa Sáez and Javier Calatrava Requena
- 232/2005 Can The Excess Of Liquidity Affect The Effectiveness Of The European Monetary Policy?
Santiago Carbó Valverde and Rafael López del Paso
- 233/2005 Inheritance Taxes In The Eu Fiscal Systems: The Present Situation And Future Perspectives.
Miguel Angel Barberán Lahuerta
- 234/2006 Bank Ownership And Informativeness Of Earnings.
V́ctor M. González
- 235/2006 Developing A Predictive Method: A Comparative Study Of The Partial Least Squares Vs Maximum Likelihood Techniques.
Waymond Rodgers, Paul Pavlou and Andres Guiral.
- 236/2006 Using Compromise Programming for Macroeconomic Policy Making in a General Equilibrium Framework: Theory and Application to the Spanish Economy.
Francisco J. André, M. Alejandro Cardenete y Carlos Romero.

- 237/2006 Bank Market Power And Sme Financing Constraints.
Santiago Carbó-Valverde, Francisco Rodríguez-Fernández y Gregory F. Udell.
- 238/2006 Trade Effects Of Monetary Agreements: Evidence For Oecd Countries.
Salvador Gil-Pareja, Rafael Llorca-Vivero y José Antonio Martínez-Serrano.
- 239/2006 The Quality Of Institutions: A Genetic Programming Approach.
Marcos Álvarez-Díaz y Gonzalo Caballero Miguez.
- 240/2006 La interacción entre el éxito competitivo y las condiciones del mercado doméstico como determinantes de la decisión de exportación en las Pymes.
Francisco García Pérez.
- 241/2006 Una estimación de la depreciación del capital humano por sectores, por ocupación y en el tiempo.
Inés P. Murillo.
- 242/2006 Consumption And Leisure Externalities, Economic Growth And Equilibrium Efficiency.
Manuel A. Gómez.
- 243/2006 Measuring efficiency in education: an analysis of different approaches for incorporating non-discretionary inputs.
Jose Manuel Cordero-Ferrera, Francisco Pedraja-Chaparro y Javier Salinas-Jiménez
- 244/2006 Did The European Exchange-Rate Mechanism Contribute To The Integration Of Peripheral Countries?.
Salvador Gil-Pareja, Rafael Llorca-Vivero y José Antonio Martínez-Serrano
- 245/2006 Intergenerational Health Mobility: An Empirical Approach Based On The Echp.
Marta Pascual and David Cantarero
- 246/2006 Measurement and analysis of the Spanish Stock Exchange using the Lyapunov exponent with digital technology.
Salvador Rojí Ferrari and Ana Gonzalez Marcos
- 247/2006 Testing For Structural Breaks In Variance With additive Outliers And Measurement Errors.
Paulo M.M. Rodrigues and Antonio Rubia
- 248/2006 The Cost Of Market Power In Banking: Social Welfare Loss Vs. Cost Inefficiency.
Joaquín Maudos and Juan Fernández de Guevara
- 249/2006 Elasticidades de largo plazo de la demanda de vivienda: evidencia para España (1885-2000).
Desiderio Romero Jordán, José Félix Sanz Sanz y César Pérez López
- 250/2006 Regional Income Disparities in Europe: What role for location?.
Jesús López-Rodríguez and J. Andrés Faña
- 251/2006 Funciones abreviadas de bienestar social: Una forma sencilla de simultanear la medición de la eficiencia y la equidad de las políticas de gasto público.
Nuria Badenes Plá y Daniel Santín González
- 252/2006 "The momentum effect in the Spanish stock market: Omitted risk factors or investor behaviour?".
Luis Muga and Rafael Santamaría
- 253/2006 Dinámica de precios en el mercado español de gasolina: un equilibrio de colusión tácita.
Jordi Perdiguero García

- 254/2006 Desigualdad regional en España: renta permanente versus renta corriente.
José M. Pastor, Empar Pons y Lorenzo Serrano
- 255/2006 Environmental implications of organic food preferences: an application of the impure public goods model.
Ana Maria Aldanondo-Ochoa y Carmen Almansa-Sáez
- 256/2006 Family tax credits versus family allowances when labour supply matters: Evidence for Spain.
José Felix Sanz-Sanz, Desiderio Romero-Jordán y Santiago Álvarez-García
- 257/2006 La internacionalización de la empresa manufacturera española: efectos del capital humano genérico y específico.
José López Rodríguez
- 258/2006 Evaluación de las migraciones interregionales en España, 1996-2004.
María Martínez Torres
- 259/2006 Efficiency and market power in Spanish banking.
Rolf Färe, Shawna Grosskopf y Emili Tortosa-Ausina.
- 260/2006 Asimetrías en volatilidad, beta y contagios entre las empresas grandes y pequeñas cotizadas en la bolsa española.
Helena Chuliá y Hipòlit Torró.
- 261/2006 Birth Replacement Ratios: New Measures of Period Population Replacement.
José Antonio Ortega.
- 262/2006 Accidentes de tráfico, víctimas mortales y consumo de alcohol.
José M^a Arranz y Ana I. Gil.
- 263/2006 Análisis de la Presencia de la Mujer en los Consejos de Administración de las Mil Mayores Empresas Españolas.
Ruth Mateos de Cabo, Lorenzo Escot Mangas y Ricardo Gimeno Nogués.
- 264/2006 Crisis y Reforma del Pacto de Estabilidad y Crecimiento. Las Limitaciones de la Política Económica en Europa.
Ignacio Álvarez Peralta.
- 265/2006 Have Child Tax Allowances Affected Family Size? A Microdata Study For Spain (1996-2000).
Jaime Vallés-Giménez y Anabel Zárate-Marco.
- 266/2006 Health Human Capital And The Shift From Foraging To Farming.
Paolo Rungo.
- 267/2006 Financiación Autonómica y Política de la Competencia: El Mercado de Gasolina en Canarias.
Juan Luis Jiménez y Jordi Perdiguero.
- 268/2006 El cumplimiento del Protocolo de Kyoto para los hogares españoles: el papel de la imposición sobre la energía.
Desiderio Romero-Jordán y José Félix Sanz-Sanz.
- 269/2006 Banking competition, financial dependence and economic growth
Joaquín Maudos y Juan Fernández de Guevara
- 270/2006 Efficiency, subsidies and environmental adaptation of animal farming under CAP
Werner Kleinhanß, Carmen Murillo, Carlos San Juan y Stefan Sperlich

- 271/2006 Interest Groups, Incentives to Cooperation and Decision-Making Process in the European Union
A. Garcia-Lorenzo y Jesús López-Rodríguez
- 272/2006 Riesgo asimétrico y estrategias de momentum en el mercado de valores español
Luis Muga y Rafael Santamaría
- 273/2006 Valoración de capital-riesgo en proyectos de base tecnológica e innovadora a través de la teoría de opciones reales
Gracia Rubio Martín
- 274/2006 Capital stock and unemployment: searching for the missing link
Ana Rosa Martínez-Cañete, Elena Márquez de la Cruz, Alfonso Palacio-Vera and Inés Pérez-Soba Aguilar
- 275/2006 Study of the influence of the voters' political culture on vote decision through the simulation of a political competition problem in Spain
Sagrario Lantarón, Isabel Lillo, M^a Dolores López and Javier Rodrigo
- 276/2006 Investment and growth in Europe during the Golden Age
Antonio Cubel and M^a Teresa Sanchis
- 277/2006 Efectos de vincular la pensión pública a la inversión en cantidad y calidad de hijos en un modelo de equilibrio general
Robert Meneu Gaya
- 278/2006 El consumo y la valoración de activos
Elena Márquez y Belén Nieto
- 279/2006 Economic growth and currency crisis: A real exchange rate entropic approach
David Matesanz Gómez y Guillermo J. Ortega
- 280/2006 Three measures of returns to education: An illustration for the case of Spain
María Arrazola y José de Hevia
- 281/2006 Composition of Firms versus Composition of Jobs
Antoni Cunyat
- 282/2006 La vocación internacional de un holding tranviario belga: la Compagnie Mutuelle de Tramways, 1895-1918
Alberte Martínez López
- 283/2006 Una visión panorámica de las entidades de crédito en España en la última década.
Constantino García Ramos
- 284/2006 Foreign Capital and Business Strategies: a comparative analysis of urban transport in Madrid and Barcelona, 1871-1925
Alberte Martínez López
- 285/2006 Los intereses belgas en la red ferroviaria catalana, 1890-1936
Alberte Martínez López
- 286/2006 The Governance of Quality: The Case of the Agrifood Brand Names
Marta Fernández Barcala, Manuel González-Díaz y Emmanuel Raynaud
- 287/2006 Modelling the role of health status in the transition out of malthusian equilibrium
Paolo Rungo, Luis Currais and Berta Rivera
- 288/2006 Industrial Effects of Climate Change Policies through the EU Emissions Trading Scheme
Xavier Labandeira and Miguel Rodríguez

- 289/2006 Globalisation and the Composition of Government Spending: An analysis for OECD countries
Norman Gemmell, Richard Kneller and Ismael Sanz
- 290/2006 La producción de energía eléctrica en España: Análisis económico de la actividad tras la liberalización del Sector Eléctrico
Fernando Hernández Martínez
- 291/2006 Further considerations on the link between adjustment costs and the productivity of R&D investment: evidence for Spain
Desiderio Romero-Jordán, José Félix Sanz-Sanz and Inmaculada Álvarez-Ayuso
- 292/2006 Una teoría sobre la contribución de la función de compras al rendimiento empresarial
Javier González Benito
- 293/2006 Agility drivers, enablers and outcomes: empirical test of an integrated agile manufacturing model
Daniel Vázquez-Bustelo, Lucía Avella and Esteban Fernández
- 294/2006 Testing the parametric vs the semiparametric generalized mixed effects models
María José Lombardía and Stefan Sperlich
- 295/2006 Nonlinear dynamics in energy futures
Mariano Matilla-García
- 296/2006 Estimating Spatial Models By Generalized Maximum Entropy Or How To Get Rid Of W
Esteban Fernández Vázquez, Matías Mayor Fernández and Jorge Rodríguez-Valez
- 297/2006 Optimización fiscal en las transmisiones lucrativas: análisis metodológico
Félix Domínguez Barrero
- 298/2006 La situación actual de la banca online en España
Francisco José Climent Diranzo y Alexandre Momparler Pechuán
- 299/2006 Estrategia competitiva y rendimiento del negocio: el papel mediador de la estrategia y las capacidades productivas
Javier González Benito y Isabel Suárez González
- 300/2006 A Parametric Model to Estimate Risk in a Fixed Income Portfolio
Pilar Abad and Sonia Benito
- 301/2007 Análisis Empírico de las Preferencias Sociales Respecto del Gasto en Obra Social de las Cajas de Ahorros
Alejandro Esteller-Moré, Jonathan Jorba Jiménez y Albert Solé-Ollé
- 302/2007 Assessing the enlargement and deepening of regional trading blocs: The European Union case
Salvador Gil-Pareja, Rafael Llorca-Vivero y José Antonio Martínez-Serrano
- 303/2007 ¿Es la Franquicia un Medio de Financiación?: Evidencia para el Caso Español
Vanessa Solís Rodríguez y Manuel González Díaz
- 304/2007 On the Finite-Sample Biases in Nonparametric Testing for Variance Constancy
Paulo M.M. Rodrigues and Antonio Rubia
- 305/2007 Spain is Different: Relative Wages 1989-98
José Antonio Carrasco Gallego

- 306/2007 Poverty reduction and SAM multipliers: An evaluation of public policies in a regional framework
Francisco Javier De Miguel-Vélez y Jesús Pérez-Mayo
- 307/2007 La Eficiencia en la Gestión del Riesgo de Crédito en las Cajas de Ahorro
Marcelino Martínez Cabrera
- 308/2007 Optimal environmental policy in transport: unintended effects on consumers' generalized price
M. Pilar Socorro and Ofelia Betancor
- 309/2007 Agricultural Productivity in the European Regions: Trends and Explanatory Factors
Roberto Ezcurra, Belen Iraizoz, Pedro Pascual and Manuel Rapún
- 310/2007 Long-run Regional Population Divergence and Modern Economic Growth in Europe: a Case Study of Spain
María Isabel Ayuda, Fernando Collantes and Vicente Pinilla
- 311/2007 Financial Information effects on the measurement of Commercial Banks' Efficiency
Borja Amor, María T. Tascón and José L. Fanjul
- 312/2007 Neutralidad e incentivos de las inversiones financieras en el nuevo IRPF
Félix Domínguez Barrero
- 313/2007 The Effects of Corporate Social Responsibility Perceptions on The Valuation of Common Stock
Waymond Rodgers , Helen Choy and Andres Guiral-Contreras
- 314/2007 Country Creditor Rights, Information Sharing and Commercial Banks' Profitability Persistence across the world
Borja Amor, María T. Tascón and José L. Fanjul
- 315/2007 ¿Es Relevante el Déficit Corriente en una Unión Monetaria? El Caso Español
Javier Blanco González y Ignacio del Rosal Fernández
- 316/2007 The Impact of Credit Rating Announcements on Spanish Corporate Fixed Income Performance: Returns, Yields and Liquidity
Pilar Abad, Antonio Díaz and M. Dolores Robles
- 317/2007 Indicadores de Lealtad al Establecimiento y Formato Comercial Basados en la Distribución del Presupuesto
Cesar Augusto Bustos Reyes y Óscar González Benito
- 318/2007 Migrants and Market Potential in Spain over The XXth Century: A Test Of The New Economic Geography
Daniel A. Tirado, Jordi Pons, Elisenda Paluzie and Javier Silvestre
- 319/2007 El Impacto del Coste de Oportunidad de la Actividad Emprendedora en la Intención de los Ciudadanos Europeos de Crear Empresas
Luis Miguel Zapico Aldeano
- 320/2007 Los belgas y los ferrocarriles de vía estrecha en España, 1887-1936
Alberte Martínez López
- 321/2007 Competición política bipartidista. Estudio geométrico del equilibrio en un caso ponderado
Isabel Lillo, M^a Dolores López y Javier Rodrigo
- 322/2007 Human resource management and environment management systems: an empirical study
M^a Concepción López Fernández, Ana M^a Serrano Bedía and Gema García Piqueres

- 323/2007 Wood and industrialization. evidence and hypotheses from the case of Spain, 1860-1935.
Iñaki Iriarte-Goñi and María Isabel Ayuda Bosque
- 324/2007 New evidence on long-run monetary neutrality.
J. Cunado, L.A. Gil-Alana and F. Perez de Gracia
- 325/2007 Monetary policy and structural changes in the volatility of us interest rates.
Juncal Cuñado, Javier Gomez Biscarri and Fernando Perez de Gracia
- 326/2007 The productivity effects of intrafirm diffusion.
Lucio Fuentelsaz, Jaime Gómez and Sergio Palomas
- 327/2007 Unemployment duration, layoffs and competing risks.
J.M. Arranz, C. García-Serrano and L. Toharia
- 328/2007 El grado de cobertura del gasto público en España respecto a la UE-15
Nuria Rueda, Begoña Barruso, Carmen Calderón y M^a del Mar Herrador
- 329/2007 The Impact of Direct Subsidies in Spain before and after the CAP'92 Reform
Carmen Murillo, Carlos San Juan and Stefan Sperlich
- 330/2007 Determinants of post-privatisation performance of Spanish divested firms
Laura Cabeza García and Silvia Gómez Ansón
- 331/2007 ¿Por qué deciden diversificar las empresas españolas? Razones oportunistas versus razones económicas
Almudena Martínez Campillo
- 332/2007 Dynamical Hierarchical Tree in Currency Markets
Juan Gabriel Brida, David Matesanz Gómez and Wiston Adrián Risso
- 333/2007 Los determinantes sociodemográficos del gasto sanitario. Análisis con microdatos individuales
Ana María Angulo, Ramón Barberán, Pilar Egea y Jesús Mur
- 334/2007 Why do companies go private? The Spanish case
Inés Pérez-Soba Aguilar
- 335/2007 The use of gis to study transport for disabled people
Verónica Cañal Fernández
- 336/2007 The long run consequences of M&A: An empirical application
Cristina Bernad, Lucio Fuentelsaz and Jaime Gómez
- 337/2007 Las clasificaciones de materias en economía: principios para el desarrollo de una nueva clasificación
Valentín Edo Hernández
- 338/2007 Reforming Taxes and Improving Health: A Revenue-Neutral Tax Reform to Eliminate Medical and Pharmaceutical VAT
Santiago Álvarez-García, Carlos Pestana Barros y Juan Prieto-Rodríguez
- 339/2007 Impacts of an iron and steel plant on residential property values
Celia Bilbao-Terol
- 340/2007 Firm size and capital structure: Evidence using dynamic panel data
Víctor M. González and Francisco González

- 341/2007 ¿Cómo organizar una cadena hotelera? La elección de la forma de gobierno
Marta Fernández Barcala y Manuel González Díaz
- 342/2007 Análisis de los efectos de la decisión de diversificar: un contraste del marco teórico “Agencia-Stewardship”
Almudena Martínez Campillo y Roberto Fernández Gago
- 343/2007 Selecting portfolios given multiple eurostoxx-based uncertainty scenarios: a stochastic goal programming approach from fuzzy betas
Enrique Ballester, Blanca Pérez-Gladish, Mar Arenas-Parra and Amelia Bilbao-Terol
- 344/2007 “El bienestar de los inmigrantes y los factores implicados en la decisión de emigrar”
Anastasia Hernández Alemán y Carmelo J. León
- 345/2007 Governance Decisions in the R&D Process: An Integrative Framework Based on TCT and Knowledge View of The Firm.
Andrea Martínez-Noya and Esteban García-Canal
- 346/2007 Diferencias salariales entre empresas públicas y privadas. El caso español
Begoña Cueto y Nuria Sánchez- Sánchez
- 347/2007 Effects of Fiscal Treatments of Second Home Ownership on Renting Supply
Celia Bilbao Terol and Juan Prieto Rodríguez
- 348/2007 Auditors’ ethical dilemmas in the going concern evaluation
Andres Guiral, Waymond Rodgers, Emiliano Ruiz and Jose A. Gonzalo
- 349/2007 Convergencia en capital humano en España. Un análisis regional para el periodo 1970-2004
Susana Morales Sequera y Carmen Pérez Esparrells
- 350/2007 Socially responsible investment: mutual funds portfolio selection using fuzzy multiobjective programming
Blanca M^a Pérez-Gladish, Mar Arenas-Parra , Amelia Bilbao-Terol and M^a Victoria Rodríguez-Uría
- 351/2007 Persistencia del resultado contable y sus componentes: implicaciones de la medida de ajustes por devengo
Raúl Iñiguez Sánchez y Francisco Poveda Fuentes
- 352/2007 Wage Inequality and Globalisation: What can we Learn from the Past? A General Equilibrium Approach
Concha Betrán, Javier Ferri and Maria A. Pons
- 353/2007 Eficacia de los incentivos fiscales a la inversión en I+D en España en los años noventa
Desiderio Romero Jordán y José Félix Sanz Sanz
- 354/2007 Convergencia regional en renta y bienestar en España
Robert Meneu Gaya
- 355/2007 Tributación ambiental: Estado de la Cuestión y Experiencia en España
Ana Carrera Poncela
- 356/2007 Salient features of dependence in daily us stock market indices
Luis A. Gil-Alana, Juncal Cuñado and Fernando Pérez de Gracia
- 357/2007 La educación superior: ¿un gasto o una inversión rentable para el sector público?
Inés P. Murillo y Francisco Pedraja

- 358/2007 Effects of a reduction of working hours on a model with job creation and job destruction
Emilio Domínguez, Miren Ullibarri y Idoya Zabaleta
- 359/2007 Stock split size, signaling and earnings management: Evidence from the Spanish market
José Yagüe, J. Carlos Gómez-Sala and Francisco Poveda-Fuentes
- 360/2007 Modelización de las expectativas y estrategias de inversión en mercados de derivados
Begoña Font-Belaire