

CONTRASTE EMPÍRICO DEL MODELO CAPM: APROXIMACIÓN A LA NO LINEALIDAD PARA EL MERCADO ESPAÑOL DE CAPITALES

RUBÉN LADO SESTAYO
Universidade d Santiago de Compostela

RECIBIDO: 7 de diciembre de 2011 / ACEPTADO: 27 de septiembre de 2012

Resumen: El CAPM ha tenido un papel fundamental en la explicación del proceso de formación de precios. No obstante, sus resultados empíricos a la hora de valorar activos no han sido de todo satisfactorios debido, entre otras cuestiones, a la distinta respuesta de los inversores ante las subidas y bajadas del mercado o ante movimientos extremos de este. En este trabajo se analiza si el comportamiento diferenciado de los inversores tiene efectos en la valoración de equilibrio dada por el modelo CAPM. Así, utilizando un modelo de regresión con umbrales, los resultados obtenidos para el mercado de capitales español demuestran que el precio de un activo es sensible a las subidas y bajadas del mercado, así como a los movimientos extremos de este. Por otra parte, también se constata que esta sensibilidad no es estable a lo largo del tiempo, al detectarse la presencia de un cambio estructural en el período en el que se inicia la crisis financiera global.

Palabras clave: CAPM / IBEX-35 / No linealidad / Cambio estructural.

CAPM Empirical Test: Non Linear Approach to the Spanish Stock Exchange Market

Abstract: The CAPM has had a fundamental role in the price formation process. However, its empirical results at the moment of valuing assets have not been completely satisfactory due to, among other questions, the different investor's behavior to up or down market movements or extreme market movements. This paper analyzes if this investor's behavior has effects on the equilibrium CAPM valuation. Using a threshold regression model, the empirical evidence for the Spanish stock exchange market supported that asset prices are sensitive to both up and down market movements and extreme market movements. Additionally, our evidence also indicated no stability as a structural change was found in the equilibrium relationship in the onset of the global financial crisis.

Keywords: CAPM / IBEX-35 / Nonlinearity / Structural change.

1. INTRODUCCIÓN

La valoración de activos es uno de los pilares fundamentales del análisis financiero. Entre los diferentes modelos teóricos desarrollados, el que más popularidad ha adquirido es el modelo de valoración de activos del mercado de capitales (*Capital Asset Pricing Model*, CAPM). Este modelo considera que los cambios en el precio de los activos deben ajustarse linealmente a las variaciones del valor de la cartera de mercado, tomando como medida el grado de ajuste o la sensibilidad del valor de un activo a las variaciones en el valor de la cartera de mercado, la denominada *beta* del activo.

Aunque este modelo establece que esta sensibilidad es independiente del valor que tomen los cambios de la cartera de mercado, el hecho es que los inversores

responden de distinta manera ante subidas o bajadas en el mercado o ante movimientos extremos de este. Estas asimetrías en el comportamiento de los inversores ante movimientos adversos del mercado generan no linealidades en la ecuación fundamental de valoración dada por el modelo CAPM.

El propósito de este estudio es contrastar el modelo CAPM para el mercado español de capitales, teniendo en cuenta la posible existencia de no linealidades en la valoración de activos. Para ello, se han considerado las rentabilidades continuas y diarias para los 29 valores del IBEX-35 que han cotizado durante el período comprendido entre el 03/01/05 y el 20/05/11, y se ha estudiado cómo el valor de estos activos responde ante subidas y bajadas en el mercado y cuál es su reacción ante movimientos adversos de este. Los resultados obtenidos no solo tienen importantes implicaciones en términos de valoración y gestión de carteras, sino también en el ámbito de la gestión de riesgos, puesto que una mayor correlación de los activos ante movimientos adversos del mercado implica un mayor *downside risk* y un valor en riesgo diferente al que obtendríamos asumiendo linealidad en el modelo de valoración CAPM.

La existencia de no linealidades en la valoración de activos a nivel teórico se fundamenta en la presencia de comportamientos no racionales o con una racionalidad limitada por parte de los inversores. La teoría denominada *behavioral finance*, desarrollada inicialmente por Kahneman y Tversky (1979), parte del comportamiento irracional observado en el mercado de valores, y sostiene que las decisiones de los individuos se ven influenciadas, entre otros aspectos, por la heurística y la forma sobre la que se haya presentado la información.

Como consecuencia, ante determinadas situaciones los inversores pueden actuar de forma irracional, aumentando la volatilidad del mercado o decantándose por inversiones que no maximicen su utilidad esperada, si con ello evitan posiciones que puedan dar lugar a arrepentimiento. Este tipo de comportamiento se observa principalmente en situaciones extremas de mercado, en las que es posible advertir que un cambio en las preferencias de los inversores genere el consiguiente cambio en las primas de riesgo requeridas. Analizar cómo se comporta el precio de los activos en estas situaciones extremas tiene así especial relevancia en la valoración de activos.

Desde la perspectiva de la gestión de riesgos, existe un conjunto de técnicas que tratan de cuantificar el *downside risk* (riesgo de que la distribución de probabilidades del valor de la inversión se sitúe por debajo de un determinado umbral) que soporta una inversión. La exposición de los activos a este riesgo, que sin duda preocupa a los inversores, determinará su preferencia modificando las presiones de compra y venta que sobre él operen y alterando su precio en función de la situación del mercado.

De entre las técnicas más utilizadas para la gestión del riesgo de una cartera destacan el VaR (*Value at Risk*), que evalúa el riesgo considerando la probabilidad de que la inversión alcance un determinado umbral. Sin embargo, esta técnica no tiene en cuenta lo que sucede una vez superado ese umbral, es decir, cuáles son

las pérdidas generadas, por lo que es necesario un indicador alternativo que permita valorar las potenciales pérdidas que se generan cuando se supera el umbral prefijado. La consideración de distintas sensibilidades del valor de un activo ante movimientos adversos o favorables del mercado permite una cuantificación más adecuada de este riesgo.

1.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Desde una perspectiva empírica, los primeros contrastes del CAPM fueron realizados por Black, Jensen y Scholes (1972), quienes agrupan los activos en carteras, y por Fama y Macbeth (1973), que analizan los activos individualmente, al igual que los contrastes posteriores de Chen, Roll y Ross (1986) y Ostermark (1990).

En los tests iniciales, el modelo CAPM presentó unos buenos resultados al constatar la existencia de una relación lineal entre el riesgo sistémico y la rentabilidad de la cartera, a pesar de presentar discrepancias sobre los betas y el parámetro fijo, que debería coincidir con la tasa de interés libre de riesgo. Más tarde, Roll (1977) introdujo un elemento crítico en el contraste del CAPM al incidir en la necesidad de contrastar que la cartera de mercado incluyera todos los activos de la economía, puesto que la relación lineal riesgo sistémico-rentabilidad es una consecuencia matemática de los supuestos asumidos. Por su parte, Litzenberg y Ramaswamy (1979) analizan el CAPM considerando activos individuales en lugar de carteras, camino elegido también por Bergés (1984), quien obtiene distintos resultados en función del mercado analizado. Asimismo, Levy (1978) comprueba que el CAPM presenta un mejor ajuste para aquellos activos con un alto volumen de negociación, por lo que considera que debe implementarse un análisis especificando imperfecciones en el mercado.

Críticas sobre la existencia de una relación positiva entre el riesgo sistémico y la rentabilidad del activo se discuten en los trabajos de Gibbons (1982) y Fama y French (1992). Una síntesis sobre los distintos trabajos a nivel internacional la puede encontrarse en Gómez-Bezares (2000).

Para el mercado de valores español, el trabajo de Palacios (1973) fue pionero en el contraste y aceptación del modelo CAPM, y cuyos resultados serían posteriormente corroborados por Gómez-Bezares, Madariaga y Santibáñez (1994). Sin embargo, estudios posteriores rechazan la adecuación del modelo al mercado español como sucede, por ejemplo, en los de Rubio (1988, 1991); Gallego, Gómez y Marhuenda (1992); Sentana (1995, 1997); o incluso en el análisis de Bergés (1984). En otros trabajos como el de Miralles Marcelo, Miralles y Miralles Quirós (2007), no encuentran evidencia para concluir la aceptación o el rechazo del CAPM, centrándose en analizar otros aspectos del modelo que puedan afectar a su adecuación al mercado español.

Muchos de los estudios de los últimos años se han centrado en analizar posibles cuestiones relacionadas con la robustez del modelo, buscando su adaptación

ante la relajación de ciertos supuestos. Así, Brechmann y Czado (2011), quienes utilizan la teoría de cópulas para analizar la dependencia entre activos en función del CAPM, realizan el análisis bajo supuestos de no linealidad y ausencia de normalidad en los rendimientos. Por su parte, Levy (2010) concluye que aunque, de acuerdo con la teoría de las perspectivas, se pueda rechazar la teoría de maximización de la utilidad esperada, esto no implica necesariamente rechazar la validez del CAPM.

Para el mercado español, los trabajos de Miralles Marcelo, Miralles y Miralles Quirós (2009) –quienes analizan el efecto del período temporal considerado sobre la beta– y de Gómez-Bezares, Ferruz y Vargas (2011) –que analizan los resultados del CAPM como herramienta a la hora de tomar decisiones de inversión– muestran que las discusiones acerca de la validez y adecuación del modelo CAPM al mercado español siguen vigentes en la actualidad, así como la búsqueda de su máxima adecuación, a la vez que ponen de manifiesto el bajo número de trabajos que para el mercado español tratan de estimar el coeficiente beta.

1.2. OBJETO DE ESTUDIO

Este trabajo continúa los estudios anteriores sobre el mercado de valores español, siguiendo la línea iniciada por Fama y Macbeth (1973) al considerar activos individuales, y teniendo en cuenta adicionalmente la posibilidad de que la sensibilidad de los activos cambie ante subidas o bajadas del IBEX-35 señalada en Miralles Marcelo, Miralles y Miralles Quirós (2007), o ante movimientos extremos a la baja del mercado. Por otra parte, puesto que en el período en el que se realiza el estudio ha tenido lugar una de las mayores crisis financieras de la historia reciente, se analiza la posibilidad de que exista un cambio estructural que altere la sensibilidad del valor de los activos a la cartera de mercado.

La evidencia empírica obtenida constata que para la consideración de las betas en el mercado español hay que tener en cuenta que se ha producido un cambio estructural que ha modificado la sensibilidad del valor de los activos a la cartera de mercado, poniendo de manifiesto la inconsistencia temporal de las betas estimadas. Por otra parte, se observa falta de linealidad en la beta de los activos frente a las subidas o bajadas del mercado, con una especial diferencia de los parámetros estimados para el caso del sector bancario. Además, existe evidencia estadística de un cambio de sensibilidad cuando el mercado presenta valores extremos a la baja, lo que corrobora las predicciones de la teoría denominada *behavioral finance*. En las regresiones de valores extremos y cambio estructural la bondad del ajuste es superior que cuando se analizan asimetrías frente a los movimientos del IBEX-35, por lo que puede concluirse que para ciertos activos hay evidencia estadística relativa a la variación de su sensibilidad ante valores extremos del IBEX-35.

Este artículo se organiza del siguiente modo. Tras esta introducción, en la sección 2 se presenta el modelo CAPM y los supuestos básicos sobre los que se sustenta la fijación de la sensibilidad de los activos. En la sección 3 se introduce el

modelo econométrico utilizado para el contraste empírico, así como las hipótesis a contrastar. En la sección 4 se presentan los datos utilizados indicando las fuentes y realizando un análisis descriptivo sobre sus principales características, mientras que en la sección 5 se muestran y discuten los resultados obtenidos así como sus principales implicaciones. Finalmente, en la sección 6 se presentan a modo de resumen las principales conclusiones.

2. EL MODELO CAPM

En la ecuación de equilibrio del modelo CAPM:

$$R_j = R_f + \left(\frac{R_M - R_f}{\sigma_M} \right) \frac{\sigma_{jM}}{\sigma_M} \quad (1)$$

el cociente $\frac{R_M - R_f}{\sigma_M}$ se conoce como ratio de Sharpe, y mide la retribución que el

mercado ofrece al riesgo soportado por el inversor no diversificable. La ratio de Sharpe establece que la retribución por unidad de riesgo depende del exceso de rentabilidad del mercado y de la volatilidad de este. Esta retribución por unidad de riesgo debe ser igual para todos los inversores, puesto que estamos en equilibrio; en caso contrario, existirían oportunidades de arbitraje, al ser más rentable adquirir activos que ofreciesen una mejor retribución por el riesgo asumido, adquiriendo una posición corta en un activo cuya retribución por el mismo nivel de riesgo fuese menor.

Las suposiciones del modelo implican que el riesgo soportado se identifica exclusivamente con la volatilidad, y esto solo es razonable, como ya hemos visto, si consideramos normalidad en la distribución de rendimientos. Frente a esta hipótesis de normalidad han surgido otra serie de ratios que suelen valorar la actuación de los gestores de fondos que no se sustentan en la suposición de normalidad. Entre ellas destaca la ratio desarrollada por Stutzer (1998) utilizada en el índice Morningstar, donde se valora exclusivamente la parte negativa del riesgo al considerar que los individuos son adversos al riesgo exclusivamente cuando este le puede provocar pérdidas. Considerando normalidad en la distribución, si generásemos un índice con ambas ratios y ordenásemos cualquier activo en función del valor obtenido, coincidirían en la clasificación.

Por su parte, $\frac{\sigma_{jM}}{\sigma_M}$ es la cantidad de riesgo soportada no diversificable. Mide la contribución del activo j al riesgo de la cartera M y, por lo tanto, al riesgo sistémico. Este riesgo es el único retribuido en equilibrio, ya que el resto del riesgo puede eliminarse con la diversificación. Esto requiere que se negocien un gran número de activos para que la contribución a la cartera de riesgo por parte del activo pro-

venga exclusivamente de su correlación con el resto de activos, de forma que la aportación al riesgo de la cartera por la volatilidad del propio activo tienda a ser nula. El modelo establece así una relación lineal entre el riesgo soportado y su retribución, y la pendiente de esa relación es la ratio de Sharpe.

En resumen, lo que se puede observar es que el exceso de rentabilidad que ofrece un determinado activo está en función de la correlación que presenta con la cartera de mercado (cartera que tienen todos los inversores) y del exceso de rentabilidad que presenta la cartera de mercado con respecto a la cartera libre de riesgo. Esa relación es lineal, y por unidad de riesgo la retribución es idéntica para

todos los activos, expresándose en la forma $\left(\frac{R_M - R_f}{\sigma_M} \right)$.

3. CONTRASTE EMPÍRICO DEL MODELO CAPM

3.1. MODELO ECONÓMÉRICO

La ecuación de equilibrio (1) que se obtiene en el modelo CAPM tiene su contrapartida econométrica, que viene dada por:

$$r_i - r_f = \alpha_0 + \beta_1 (r_M - r_f) + \varepsilon_i \quad (2)$$

A través de ella estaríamos relacionando el exceso de rentabilidad que presenta un determinado activo con el exceso de rentabilidad que presenta la cartera de mercado, incluyendo el parámetro α que, de cumplirse el CAPM y teniendo en cuenta que la media muestral refleja el valor esperado por el mercado, es decir, considerando expectativas racionales, su valor tendría que ser cero. Esto se debe a que el exceso de rendimiento de un activo se puede explicar íntegramente con el exceso de rendimiento de la cartera de mercado y la sensibilidad que presentase esa cartera.

El resultado de este parámetro es conocido como el alfa de Jensen y, bajo los supuestos enunciados en el párrafo anterior, mide la diferencia entre la rentabilidad predicha por el CAPM y la rentabilidad media del activo. Puesto que se considera que el CAPM se ajusta al mercado español, se obviará ese parámetro, que será estimado con valor nulo, analizándose la siguiente regresión por MCO:

$$r_j - r_f = \beta_j (r_{IBEX35} - r_f) + \varepsilon_j \quad (3)$$

$$\forall j = 1, 2, \dots, 35 \quad (4)$$

$$\forall t = 1, 2, \dots, 1624 \quad (5)$$

Como respuesta al hecho de que en otros estudios con regresiones en los que se incluían series financieras se observaba que existía heterocedasticidad condi-

cional autorregresiva, y que los gráficos de las series mostraban la posible existencia de estos efectos, se ha realizado un test para corroborarlo.

Engle (1982) desarrolló un test bajo la hipótesis nula de homocedasticidad condicional frente a la heterocedasticidad condicional autorregresiva de un determinado orden (q). La existencia de efectos ARCH no elimina la validez de los parámetros estimados por MCO, pero ciertos tests pueden conducir a conclusiones erróneas. Por ello, y dados los resultados obtenidos, se ha realizado la misma regresión pero, en lugar de utilizar MCO, se ha empleado un modelo GARCH (1,1), considerando, por lo tanto, la influencia de la volatilidad media y del período anterior en las predicciones de los agentes de la siguiente forma.

$$\sigma_{jt}^2 = \omega_j + \theta_{j1} \sigma_{j(t-1)}^2 + \theta_{j2} \varepsilon_{j(t-1)}^2 \quad (6)$$

$$\varepsilon_t \sim iid t(0, \sigma^2) \quad (7)$$

La consideración de un ajuste de la distribución t de Student responde a la presencia de colas pesadas para las distribuciones de la rentabilidad. Esta consideración solo tiene relevancia para el análisis de situaciones extremas, puesto que es en el único caso donde el número de observaciones toma un valor relativamente pequeño¹.

3.2. CONTRASTE DE ASIMETRÍAS

Una de las consideraciones del CAPM es el hecho de estimar que la sensibilidad de un determinado activo es fija, es decir, que no depende del signo de los movimientos del mercado. No obstante, si tenemos en cuenta que los individuos son adversos al riesgo y que, por lo tanto, un descenso de su riqueza disminuye su utilidad en mayor medida en términos absolutos que un incremento de igual cuantía de ella, y si, además, podemos comprobar que los individuos disponen de mayor información con el paso del tiempo, es razonable considerar que si el mercado se mueve a la baja, muchos inversores no lo valorarán como una posible inversión, mientras que si está al alza, a muchos inversores que antes no estaban en el mercado les puede parecer atractivo entrar a invertir en él.

Con el objetivo de analizar si existen diferencias significativas entre la sensibilidad que presenta el precio de los activos a la cartera de mercado frente a subidas o bajadas de este, se propone el siguiente modelo de regresión²:

$$r_{jt} - r_{ft} = \beta_{1j} (r_{mt} - r_{ft}) \mathbf{1}_{\{IBEX35(c) \geq 0\}} + \beta_{2j} (r_{mt} - r_{ft}) \mathbf{1}_{\{IBEX35(c) < 0\}} + \varepsilon_{tj} \quad (8)$$

$$\theta = 0 \quad (9)$$

¹ Al considerar valores extremos se están contabilizando 162 observaciones de la cartera de mercado, por lo que ese es el número máximo de observaciones que se tienen en cuenta en el análisis de valores extremos.

² La regresión anterior se ha realizado considerando el mismo número de activos y de observaciones recogidos en las expresiones (13) y (14).

donde el parámetro β_{1j} indica la sensibilidad del activo a la cartera de mercado cuando el mercado se mueve al alza; y β_{2j} indica la sensibilidad del activo a la cartera de mercado si el mercado se mueve a la baja.

Con el objeto de comprobar si la diferencia de sensibilidad del activo ante subidas o bajadas del mercado es estadísticamente significativa se ha implementado el test de Wald para el contraste de la hipótesis:

$$(H0): \beta_{1j} = \beta_{2j} \quad (10)$$

$$(H1): \beta_{1j} \neq \beta_{2j} \quad (11)$$

3.3. CONTRASTE DE VALORES EXTREMOS

Además de considerar cambios ante subidas o bajadas del mercado, otra cuestión que se pretende conocer es cómo afectan las situaciones extremas a las condiciones subjetivas de los individuos que modifiquen el proceso de formación de precios. Para poder comprobar si las decisiones de inversión de los individuos provocan una variación en la sensibilidad de los activos se ha considerado la regresión (8), pero especificando

$$\theta = F_{IBEX}^{-1}(\alpha) = \inf\{IBEX \mid F_{IBEX}(IBEX) \geq \alpha\} \quad (12)$$

$$0 < \alpha < 1 \quad (13)$$

$$\alpha = 0,1 \quad (14)$$

donde F es la función de distribución del *IBEX-35* a lo largo del período estudiado.

Con los resultados obtenidos, y con el objeto de analizar si se presenta evidencia estadística de un cambio de la sensibilidad de los activos ante situaciones extremas del mercado, se ha realizado el test de Wald propuesto en (10) y (11).

3.4. LIMITACIONES DE LOS CONTRASTES EMPÍRICOS DEL CAPM

Entre las críticas presentes en la literatura nos encontramos ciertas limitaciones acerca de la contrastación empírica del CAPM, de las que una gran mayoría se centran en analizar problemas derivados de su planteamiento teórico y que se sustentan en los siguientes aspectos:

- 1) *Inconsistencia temporal*. El modelo supone únicamente dos períodos, por lo que para poder plantear su contrastación debe definirse el horizonte inversor que adoptan los inversores, ya que la sensibilidad de un activo con respecto a la cartera de mercado puede no ser estable a lo largo del tiempo. Para poder realizar la contrastación empírica con las series temporales disponibles, debemos suponer que la prima de riesgo y las betas que presentan los activos son estacionarias.

- 2) *Constancia en el tiempo de la relación.* El modelo explica valores esperados, y para poder testarlo necesitamos realizar un análisis *ex post*, ya que de lo contrario nos veríamos obligados a cuantificar las expectativas. Para evitar este problema, debe suponerse que por término medio la rentabilidad real es igual a la rentabilidad esperada, supuesto que nos lleva a aceptar la existencia de expectativas racionales, conciliando rentabilidades pasadas con rentabilidades esperadas.
- 3) *Rendimientos no normales.* Para que el modelo media-varianza puede ser aplicado necesitamos suponer que la distribución de probabilidades es normal, ya que así la utilidad del inversor vendrá definida exclusivamente por la esperanza y la volatilidad de la rentabilidad. Sin embargo, entre las características de las series de rendimientos de los activos financieros nos encontramos con la inexistencia de normalidad en su distribución, pues, entre otras consideraciones, presentan asimetría, colas pesadas o clústeres de volatilidad, lo que hace que se puedan presentar problemas de heterocedasticidad y que la volatilidad no recoja de forma óptima el riesgo asumido.
- 4) *Crítica de Roll.* Para poder contrastar el CAPM es preciso relacionar la rentabilidad de los distintos activos con la cartera de mercado. No obstante, la cartera de mercado no es observable, ya que debería incluir absolutamente todos los activos presentes en una economía y ser eficiente en el espacio media-varianza. Por lo tanto, Roll (1977) concluye que testar el CAPM implica asumir que el índice o la cartera de mercado tomada como referencia es realmente eficiente, lo que lleva al test de dos hipótesis conjuntas.
- 5) *Desconocimiento de la eficiencia informativa.* Una de las variables que afectan a la formación del precio es la disponibilidad de información. Si el mercado fuese eficiente, los precios no darían capacidad a los inversores de obtener beneficios extraordinarios, al menos de forma sistemática. Sin embargo, y aunque algunos estudios (Fama, 1970) muestran que los mercados no presentan una eficiencia fuerte, sí que lo hacen en su forma semifuerte, y por ello al testar un modelo de valoración estaremos testando también la eficiencia informativa. Aunque es visible que puede presentarse ausencia de eficiencia fuerte al mostrarse ejemplos como el efecto enero, el efecto fin de semana (Bachiller 1992) o el efecto apertura y cierre, entre otros, se puede considerar que en general esto es debido a cuestiones más bien aisladas que no distorsionarán en gran medida el análisis.
- 6) *Existencia de covarianza entre la rentabilidad de dos activos.* El modelo supone que la afectación sobre el rendimiento de un activo sobre el rendimiento de otro activo se mide única y exclusivamente a través de la sensibilidad que presente este último al conjunto de la cartera de mercado. Sin embargo, no parece muy descabellado pensar que la rentabilidad que ofrece una empresa presentará una mayor relación con los sectores con los que se relaciona directamente. Así, por ejemplo, podríamos pensar que una bajada en las expectativas de la industria naval tendría consecuencias directas en la industria del metal, más

allá de la relación que esta presente con el conjunto del mercado. De esta forma, el modelo no estaría considerando todos los elementos que pueden afectar a su rentabilidad, ya que faltarían por tener en cuenta factores explicativos relevantes, lo que puede dar lugar a problemas de autocorrelación no contemplados en la ecuación del modelo.

- 7) *Despreocupación por la liquidez*. En la valoración a través del CAPM no estamos considerando el efecto que tiene la liquidez sobre las decisiones del inversor, pues únicamente suponemos que este exige retribución por el riesgo sistémico. No obstante, no todos los activos presentan la misma liquidez, ya que tienen distinto *spread*, aumentando así los costes de transacción de los activos menos líquidos. De nuevo, nos encontramos con que el mercado no es perfecto, aunque podemos considerar que esos costes de transacción no afectan en gran medida a la decisión de los inversores, puesto que la evolución de los mercados ha hecho que estos costes se hayan reducido enormemente en los últimos años (mayor disposición de información, mayor conocimiento de los inversores, mayor transparencia de los mercados, mayor libertad de entrada, etcétera) y, además, para el análisis se utilizan valores presentes en el IBEX-35 y, por lo tanto, dotados de una gran liquidez y con un con un bajo *spread*.

4. DATOS

La correcta implementación de un análisis sobre el CAPM en el mercado español de capitales requiere que se conozca la cartera de mercado para los inversores que operan en él. Esto implica que no solo deben tenerse en cuenta los activos financieros que se negocian en él, sino todos aquellos activos hacia los que se puedan dirigir los fondos disponibles, debido a que el conjunto de inversiones incluirá activos no financieros. Además, hay que tener en cuenta que, desde el punto de vista del inversor, el mercado en el que opera no solo incluye el mercado español de capitales, ya que existe un elenco de oportunidades de inversión a nivel internacional.

No obstante, debido a la complicación práctica que supondría tener en cuenta el mercado internacional, se ha optado por considerar que el mercado español –y concretamente el de capitales– es un mercado propio y diferenciado del resto de mercados de activos. Por lo tanto, los inversores que operan en él deciden qué cantidad de renta destinan a este mercado, y a partir de ahí forman su cartera sin tener en cuenta el resto de las inversiones disponibles y considerando el mercado español de capitales como el único disponible.

Considerar todos los activos susceptibles de inversión y observar su precio sería imposible en la práctica; por ello, debe establecerse la cartera de mercado con base en un conjunto muy limitado de valores y que sea representativo de todo el conjunto del mercado. De entre todas las opciones disponibles se ha elegido como cartera el IBEX-35, ya que, pese a contar exclusivamente con 35 activos, es un índice representativo de la marcha del mercado español por lo que especta al volu-

men de negociación y a la capitalización bursátil. No obstante, no debemos olvidar que los efectos de incluir el mercado internacional supondrían desplazar la frontera eficiente hacia arriba, puesto que existen más activos disponibles, y reducir el riesgo sistémico.

Una vez elegida la cartera de mercado, el análisis podría realizarse con todos los activos disponibles en el mercado español. Sin embargo, incluir todos los activos que se negocian en él supondría aceptar que el volumen de negociación o el tamaño de las empresas no afecta a la rentabilidad de aquellos. No obstante, como se muestra en algunos estudios sobre el mercado español (Miralles Marcelo, Miralles y Miralles Quirós, 2007), sí que existe un efecto de estos aspectos en la validez del modelo. Todo ello, unido a la existencia de mayores costes de transacción para activos con poco volumen de negociación, debido a la dificultad de encontrar una contrapartida, llevaría a una menor capacidad explicativa del CAPM.

Con el objetivo de limitar estos errores que provienen de la aplicación del modelo en un mercado imperfecto, se ha optado por elegir exclusivamente aquellos activos que componen el IBEX-35, debido a que presentan una gran liquidez, y siendo conscientes de las limitaciones por lo que respecta a la generalización de los resultados que ello supone. Asimismo, la muestra se ha reducido a aquellos activos que han mantenido su cotización durante un período temporal determinado, por lo que se han excluido del análisis aquellos activos con una incorporación más tardía al mercado. Este ajuste lleva a considerar un total de 29 activos, frente a los 35 activos que componen el IBEX-35.

La utilización del IBEX-35 como cartera de mercado no está exenta de críticas, tal y como se muestra en ciertos estudios como, por ejemplo, en el realizado por Martínez y Valdemar (2011), donde se deduce que el IBEX-35 no es una cartera óptima. No obstante, hay que tener en cuenta que, si consideramos exclusivamente los activos que lo componen, se puede constatar que presentan un enorme peso en el conjunto de las inversiones, siendo la elección más aproximada a la cartera de mercado sin construir una cartera propia y distinta a partir de los activos estimados, evitando así desvirtuar la contrastación del modelo.

Los datos utilizados en este estudio han sido obtenidos de las páginas web de Invertia, Infomercados, Infobolsa, Yahoo Finance y del Banco de España³. Así, se han obtenido tanto los precios de cierre de los 35 activos que componen el IBEX-35 como los valores del propio índice y del valor del Euríbor a 12 meses. En aquellas situaciones que se presentaban diferencias entre los valores obtenidos por los distintos medios, se han elegido aquellos que presentasen una menor discrepancia con las restantes fuentes. Los datos referidos al índice IBEX-35 así como los relativos al Euríbor a 12 meses, han sido obtenidos directamente del Banco de España. Con estos datos se ha calculado la rentabilidad diaria que presentaban estimando capitalización continua, excluyéndose del análisis aquellos activos con días de cotización inferiores a los 1.624 días.

³ Esa información se puede obtener *online* en <www.invertia.com>, <www.infomercados.com>, <www.infobolsa.es>, <www.yahoo.es> y <www.bde.es>

Como inversión libre de riesgo se ha utilizado el Euríbor a doce meses, debido a la fuerte presencia de remuneración por riesgo presente en la deuda pública española que desvirtuaría el análisis. Aunque el horizonte inversor considerado podría ser en principio discutido, el hecho de que la evolución del Euríbor a doce meses y la rentabilidad ofrecida por la deuda pública española a diez años presenten una evolución similar con unos *spreads* relativamente estables muestra que el Euríbor es un mejor indicador de la evolución de la rentabilidad de una inversión libre de riesgo a largo plazo en momentos de fuerte inestabilidad en el rendimiento de la deuda pública española. La utilización del Euríbor a doce meses como rendimiento libre de riesgo se utiliza, asimismo, en trabajos realizados en el ámbito nacional como, por ejemplo, en el Fernández, Aguirreamalloa y Corres (2011), quienes lo utilizan en el cálculo de la prima de riesgo en España.

Los datos comprenden desde el 1 de enero de 2005 hasta el 20 de mayo de 2011. Es preciso señalar que han sido homogeneizados para evitar discrepancias con respecto a los días de negociación. Por ello, no se consideran todos los días negociables, sino que se ha optado por igualar los días disponibles para el mayor número de activos posibles con el objeto de contar con una base de datos lo más homogénea posible. Así, tal y como se ha mencionado con anterioridad, se han tenido en cuenta un total de 1.624 días para los 29 activos objeto de estudio.

A finales del año 2008 llegó en el parqué español la crisis financiera, lo que generó un fuerte aumento de la desconfianza entre los agentes, con el consiguiente incremento de la volatilidad de los activos. En este contexto es habitual que los inversores reconsideren sus expectativas y que, como consecuencia, se produzca un cambio en la composición de sus carteras hacia activos menos sensibles al ciclo económico. Esta situación de crisis persiste atenuada pero sin más cambios significativos desde la fecha. Por ello, desde el punto de vista del inversor existen dos grandes períodos de inversión diferenciados y en los que se pueden presentar distintas sensibilidades de los activos. Para comprobar esa hipótesis de cambio de sensibilidad se ha realizado el test de Andrews (1988a, 1988b), que determina de forma endógena la fecha en la que se produce el cambio estructural.

La tabla 1 muestra los estadísticos descriptivos de las rentabilidades de los 29 activos considerados que forman el IBEX-35, así como la del propio índice. La media, como cabría esperar, puesto que se trata de rentabilidades diarias, está muy próxima a cero, lo que es un indicador de la eficiencia presente en el mercado. Por otra parte, destaca la elevada desviación estándar (volatilidad) que presentan las rentabilidades seleccionadas. Podemos destacar la presencia de asimetría en un gran número de casos, aunque es curioso el hecho de que esa asimetría se presenta positiva para el caso concreto del IBEX-35, así como de otros muchos activos, lo que implica una mayor probabilidad de obtener valores atípicos cuando el precio se incrementa. Otro aspecto destacable es el exceso de kurtosis que presentan todos los activos y el índice de referencia IBEX-35. Este exceso de kurtosis provoca que rentabilidades alejadas de la media sean más comunes que en una distribución normal y, por lo tanto, que el inversor esté sometido a un mayor riesgo.

Tabla 1.- Estadística descriptiva de la rentabilidad del IBEX-35 y de los valores que lo componen

Nombre	Media(1)	Volatilidad	Asimetría	Kurtosis	Jarque-Bera	Observaciones
ABE	-0,022	0,017	-0,018	7,273	1235,456	1.624
ABG	0,739	0,027	0,101	5,199	329,867	1.624
ACC	0,248	0,026	-0,115	7,988	1687,187	1.624
ACE	0,073	0,018	0,149	6,722	943,549	1.624
ACS	0,398	0,017	-0,368	6,888	1059,479	1.624
BANK	-0,339	0,023	0,683	7,204	1322,423	1.624
BBVA	-0,306	0,022	0,476	12,138	5711,339	1.624
EBR	0,296	0,015	-0,043	6,565	860,264	1.624
ENA	0,172	0,016	-0,115	10,290	3600,010	1.624
END	0,183	0,019	-3,292	67,786	286942,302	1.624
EURIBOR	0,116	0,000	0,301	1,671	144,185	1.624
FCC	-0,321	0,019	-0,250	5,011	290,559	1.624
FERR	-0,082	0,025	-0,041	5,482	417,228	1.624
GAM	-0,274	0,028	-0,414	12,954	6751,496	1.624
GASN	-0,341	0,019	-0,317	10,220	3554,192	1.624
IAG	0,066	0,025	0,692	12,076	5703,505	1.624
IBE	0,155	0,020	0,419	16,259	11943,674	1.624
IBEX35	0,073	0,015	0,240	12,469	6082,735	1.624
INDR	0,102	0,015	0,088	6,077	642,930	1.624
INDX	0,637	0,019	0,152	7,241	1223,098	1.624
MAP	0,125	0,022	0,170	8,492	2048,877	1.624
MTS	-0,230	0,034	-0,341	8,450	2041,417	1.624
OHL	0,850	0,025	0,060	6,094	648,846	1.624
POP	-0,553	0,022	0,700	11,250	4738,373	1.624
RED	0,573	0,016	-0,069	10,165	3475,109	1.624
REP	0,095	0,019	-0,555	11,634	5127,227	1.624
SAB	-0,247	0,016	0,856	13,601	7802,965	1.624
SAC	-0,301	0,030	0,143	5,584	457,301	1.624
SAN	-0,088	0,023	0,490	12,852	6633,385	1.624
TEF	0,481	0,018	0,169	11,675	5099,998	1.624
TEL	-0,178	0,027	0,034	6,378	772,434	1.624

NOTA: (1) Los valores expresados están multiplicados ($\times 10^3$).

FUENTE: Elaboración propia.

Con la información obtenida respecto de la asimetría y la kurtosis presentadas, y con el objetivo de poder verificar si existe ausencia de normalidad, se presenta el valor obtenido del test de Jarque-Bera, que muestra que para todas las distribuciones de los rendimientos podemos rechazar la hipótesis de existencia de normalidad. La nomenclatura utilizada se describe en el anexo.

5. RESULTADOS

5.1. RESULTADOS DEL MODELO BASE

Para la mayoría de los casos, el parámetro alfa no es significativamente distinto de cero, y solo puede considerarse que presenta relevancia para el caso del Banco Popular, donde indica un rendimiento de un 15,58% menor al predicho. Por ello,

puede afirmarse que no existen factores intrínsecos en cada activo que determinen su rentabilidad, supuesto del que parte el estudio. Además, la diferencia en las betas de considerar o no la existencia del alfa de Jensen es no significativa, no interfiriendo en las conclusiones alcanzadas.

Para analizar la relevancia en la especificación del modelo al suprimir la consideración del alfa de Jensen, se ha recurrido al criterio de Schwarz. Este criterio, utilizado en la selección de modelos, penaliza la inclusión de un mayor número de factores explicativos, y de sus resultados se deduce que es preferible aquella regresión que presente un menor valor. Comparando ambas especificaciones basándonos en este criterio, en especial prestando atención en aquellos activos en los que el alfa de Jensen era significativa ampliando el intervalo de error esperado, podemos observar que sus resultados son muy similares, presentando valores distintos a partir del tercer decimal, por lo que se puede afirmar que la bondad del ajuste no se resiente de forma significativa con la utilización de una especificación u otra.

El R^2 obtenido es elevado, sobre todo teniendo en cuenta que estamos incluyendo un único factor. Esto muestra que existe una fuerte influencia entre el exceso de rentabilidad que ofrece la supuesta cartera de mercado –en este caso IBEX-35– y el exceso de rentabilidad que presentan los distintos activos negociados que la componen. No obstante, el CAPM no solo concluye una fuerte influencia de la cartera de mercado, sino una influencia absoluta, por lo que cabría esperar, de cumplirse las predicciones del modelo, un R^2 muy próximo a uno.

En las tablas 2 y 3 se presentan, respectivamente, los resultados de la regresión general y los resultados GARCH de la regresión general.

Tabla 2.- Resultados de la regresión general

Nombre	Observaciones	β	Z-Stat	R^2	DW (1)	Schwarz	Obs* R^2 (2)	Q-Stat(3)
ABE	1.624	0,844	63,657	0,563	2,065	-6,436	60,038	11,720
ABG	1.624	1,137	37,477	0,409	1,961	-4,972	83,821	7,583
ACC	1.624	1,108	40,939	0,488	2,136	-5,280	120,434	16,352
ACE	1.624	0,738	38,959	0,425	2,002	-5,924	84,071	6,419
ACS	1.624	0,820	56,086	0,551	1,982	-6,390	82,881	7,790
BANK	1.624	1,089	54,562	0,478	1,936	-5,815	243,345	37,949
BBVA	1.624	1,247	109,500	0,857	1,610	-6,996	169,677	49,515
EBR	1.624	0,410	21,495	0,180	2,260	-5,821	85,535	38,501
ENA	1.624	0,606	33,276	0,337	1,940	-6,028	74,929	8,667
END	1.624	0,578	34,531	0,246	1,912	-6,104	3,557	27,764
FCC	1.624	0,985	48,377	0,511	2,045	-5,872	43,385	8,711
FERR	1.624	1,164	45,793	0,515	2,035	-5,373	53,065	13,862
GAM	1.624	0,722	21,251	0,244	2,046	-4,881	183,208	7,995
GASN	1.624	0,846	52,310	0,453	1,774	-6,181	333,763	44,781
IAG	1.624	0,503	15,653	0,112	2,017	-4,948	89,744	15,833
IBE	1.624	0,819	59,523	0,424	2,314	-6,322	235,714	80,155
INDR	1.624	0,387	19,802	0,135	2,234	-5,804	101,449	39,807
INDX	1.624	0,520	23,202	0,201	2,235	-5,569	237,162	39,465
MAP	1.624	0,969	43,419	0,451	2,206	-5,702	145,117	27,998
MTS	1.624	1,098	31,003	0,348	1,881	-4,643	149,142	26,259

Tabla 2 (continuación).- Resultados de la regresión general

Nombre	Observaciones	β	Z-Stat	R^2	DW (1)	Schwarz	Obs* R^2 (2)	Q-Stat(3)
OHL	1.624	1,031	36,210	0,400	1,895	-5,114	49,636	28,467
POP	1.624	1,022	63,606	0,699	1,722	-6,466	142,897	48,823
RED	1.624	0,548	29,609	0,308	2,019	-6,075	155,336	9,424
REP	1.624	0,951	69,292	0,651	1,968	-6,425	106,533	10,658
SAB	1.624	0,800	58,198	0,568	1,756	-6,545	143,509	54,814
SAC	1.624	1,233	40,438	0,333	2,017	-4,935	197,859	29,405
SAN	1.624	1,289	111,743	0,854	1,691	-7,068	243,511	55,230
TEF	1.624	0,945	67,949	0,707	1,671	-6,589	98,695	62,189
TEL	1.624	1,076	38,921	0,343	1,961	-5,033	151,679	18,215

NOTAS: (1) Estadístico de Durbin-Watson; (2) Estos resultados corresponden al test ARCH considerando diez retardos en los residuos; (3) Estos resultados corresponden al test de Ljung-Box considerando diez retardos en los residuos.

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 3.- Resultados GARCH de la regresión general

Nombre	ω (1)	Z-Stat	θ_0	Z-Stat	θ_1	Z-Stat
ABE	0,745	3,744	0,819	26,212	0,124	4,926
ABG	1,906	2,406	0,884	28,987	0,076	3,910
ACC	0,852	2,611	0,914	44,619	0,062	4,063
ACE	0,567	2,991	0,875	38,261	0,098	4,991
ACS	0,663	3,477	0,833	27,153	0,120	4,950
BANK	0,276	2,737	0,895	56,160	0,104	5,741
BBVA	0,361	3,492	0,825	26,282	0,124	5,120
EBR	6,856	3,103	0,510	3,812	0,136	3,615
ENA	0,331	2,515	0,927	54,044	0,052	4,281
END	0,521	3,498	0,842	39,166	0,157	5,558
FCC	1,200	3,088	0,831	22,470	0,107	4,603
FERR	0,107	1,444	0,970	121,137	0,027	3,638
GAM	1,185	2,894	0,894	49,033	0,089	5,094
GASN	0,332	3,031	0,870	45,087	0,117	5,699
IAG	2,077	3,436	0,866	35,787	0,096	4,852
IBE	0,329	3,629	0,770	33,689	0,266	6,921
INDR	2,382	3,098	0,769	14,478	0,125	3,996
INDX	0,325	2,288	0,937	69,315	0,052	4,539
MAP	0,282	2,674	0,928	68,265	0,061	4,739
MTS	0,691	2,411	0,924	72,411	0,065	5,314
OHL	2,613	2,661	0,855	22,247	0,081	3,773
POP	0,146	2,961	0,904	61,300	0,093	5,369
RED	0,672	3,261	0,839	29,987	0,124	5,684
REP	0,373	3,153	0,886	42,176	0,087	5,014
SAB	0,252	2,758	0,919	52,081	0,057	4,385
SAC	2,778	3,736	0,764	25,930	0,253	5,433
SAN	0,189	3,459	0,830	34,027	0,155	5,906
TEF	0,344	3,165	0,842	32,535	0,129	5,427
TEL	0,585	2,438	0,915	62,137	0,075	5,120

NOTA: (1) Los valores expresados están multiplicados ($\times 10^5$).

FUENTE: Elaboración propia.

Analizando la existencia de cambio estructural en función del mencionado test de Andrews (1988a, 1988b), los resultados muestran que en la gran mayoría de los casos podemos aceptar que existe un cambio estructural (tabla 4). Excepto en los dos activos donde no se aprecia tal cambio –OHL y Telecinco–, el resto de los activos presentan una clara evidencia de existencia de cambio estructural. Para la mayoría de ellos –18 activos– el cambio estructural se produce en el año 2008, para cinco tiene lugar en el año 2009, para tres en el año 2010 y solo para los tres restantes parece producirse en un período anterior al año 2008.

Tabla 4.- Resultados considerando cambio estructural

Nombre	Fecha	β_{1j}	Z-Stat	R^2	Obs (1)	β_{2j}	Z-Stat	R^2	Obs (2)
ABE	02/10/2008	0,925	45,125	0,570	956	0,779	40,943	0,566	668
ABG	19/09/2006	1,534	12,327	0,265	439	1,119	36,694	0,465	1.185
ACC	19/01/2009	1,455	36,569	0,556	1.028	0,868	28,171	0,409	596
ACE	02/11/2009	0,870	33,331	0,455	1.230	0,555	22,091	0,362	394
ACS	05/09/2008	1,056	41,235	0,550	937	0,717	42,947	0,601	687
BANK	20/05/2010	1,022	45,503	0,446	1.367	1,433	25,517	0,663	257
BBVA	23/10/2008	1,105	74,454	0,835	971	1,388	92,290	0,888	653
EBR	09/10/2008	0,611	20,144	0,222	961	0,311	13,689	0,158	663
ENA	19/04/2007	0,774	15,338	0,222	586	0,568	28,200	0,378	1.038
END	03/10/2006	0,863	23,401	0,337	449	0,448	23,335	0,225	1.175
FCC	05/09/2008	1,260	36,511	0,531	937	0,815	33,461	0,538	687
FERR	10/05/2010	1,269	44,103	0,532	1.359	0,883	15,947	0,490	265
GAM	20/03/2008	-0,044	-0,717	-0,004	820	1,060	27,446	0,446	804
GASN	09/03/2009	0,915	34,545	0,542	1.063	0,776	35,807	0,309	561
IAG	08/04/2008	0,000	0,001	-0,005	831	0,736	19,729	0,221	793
IBE	19/03/2008	0,561	16,455	-0,076	819	0,862	60,690	0,685	805
INDR	12/03/2008	-0,072	-1,727	0,001	814	0,485	22,339	0,317	810
INDX	19/03/2008	-0,004	-0,090	-0,005	819	0,692	25,772	0,423	805
MAP	14/11/2008	0,895	27,029	0,389	987	1,041	34,163	0,508	637
MTS	22/01/2010	1,357	27,081	0,373	1.285	0,805	16,160	0,383	339
OHL	16/01/2008	1,128	16,337	0,219	774	1,011	32,035	0,490	850
POP	24/01/2008	0,861	41,830	0,608	780	1,222	59,566	0,738	844
RED	22/10/2008	0,527	19,678	0,275	970	0,555	22,021	0,332	654
REP	02/07/2009	1,006	49,639	0,626	1.143	0,906	51,973	0,732	481
SAB	02/12/2008	0,754	40,187	0,501	999	0,845	40,418	0,640	625
SAC	03/10/2008	1,303	26,732	0,371	957	1,152	28,162	0,306	667
SAN	10/11/2008	1,153	75,489	0,845	983	1,474	99,794	0,881	641
TEF	10/11/2008	1,256	62,191	0,737	983	0,812	57,822	0,735	641
TEL	19/02/2009	1,026	30,234	0,353	1.051	1,164	23,406	0,327	573

NOTAS: (1) Observaciones incluidas antes del punto en el que se produce el cambio estructural; (2) Observaciones incluidas después del punto en el que se produce el cambio estructural.

FUENTE: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en las sensibilidades que se han estimado no resultan concluyentes para el conjunto de activos sobre el aumento o disminución de la sensibilidad al ciclo, aunque es preciso destacar que en el sector sobre el que se están realizando unas de las mayores reestructuraciones y cambios de regula-

ción⁴ –el sector bancario– se ha producido un fuerte aumento de su sensibilidad con respecto a la cartera de mercado para todas las empresas del sector. Una de las posibles explicaciones que están detrás de este cambio podría ser la sobreactuación de los mercados. El hecho de que los bancos hayan estado en el punto de mira de numerosos medios de comunicación, así como las incertidumbres sobre los elementos que componen el activo de sus balances, han generado una fuerte desconfianza en los inversores, que se ha visto acrecentada por un constante cambio legislativo. Por ello, las empresas del IBEX-35 que operan en el sector bancario han sufrido fuertes oscilaciones en sus precios de cierre, provocando que aumentase la influencia del ciclo económico sobre su rentabilidad.

Respecto al R^2 obtenido en las distintas regresiones, debe mencionarse que para el primer período considerados ciertos activos presentan valores negativos, lo que pone de manifiesto el mal ajuste para cierto número de activos.

5.2. RESULTADOS DEL MODELO PROPUESTO

Los resultados con respecto a si la sensibilidad del activo en relación con la cartera de mercado se incrementa o disminuye con subidas o bajadas del mercado no son concluyentes. Para 25 de los 29 activos considerados sí que se presenta evidencia de que existen variaciones en sus sensibilidades en algún período, pero para la mayoría solo es posible encontrar evidencia estadística de esta afirmación en uno de los dos períodos considerados y no en ambos⁵.

Este resultado pone de manifiesto que el contexto de subida o bajada de la rentabilidad de la cartera de mercado puede variar el ajuste del CAPM a la hora de fijar el precio del activo. Por ello, los resultados obtenidos de aplicar el CAPM deben ser tomados con cautela, y ante variaciones del mercado deben ser revisados, ya que pueden presentar diferencias no solo con el paso del tiempo, sino también con variaciones en la rentabilidad del mercado. Por ello, su adecuación al mercado español de capitales requiere una gestión dinámica y continuada que revise la sensibilidad de los distintos activos ante diferentes situaciones del mercado.

Con respecto a la variación de la sensibilidad ante valores extremos de la rentabilidad de la cartera de mercado, los resultados obtenidos no nos permiten concluir en qué dirección se produce este cambio de sensibilidad, aunque se incrementa o se reduce. En cambio, una de las características observadas es que de los once activos que presentan evidencia estadística de variar su sensibilidad ante valores extremos del IBEX-35 durante el primer período, un total de nueve activos muestran evidencia de presentar variaciones en su sensibilidad ante valores ex-

4 Cambios legislativos recientes han sido el Real Decreto-ley 11/2010, de 9 de julio, de órganos de gobierno y otros aspectos del régimen jurídico de las cajas de ahorros (*Boletín Oficial del Estado*, nº 169, de 13/07/10) y el Real Decreto-ley 2/2011, de 18 de febrero, para el reforzamiento del sistema financiero (*Boletín Oficial del Estado*, nº 43, de 19/02/11), que aumentan los niveles exigidos de solvencia.

5 Recuérdese que se ha realizado el análisis antes y después del cambio estructural y que, como consecuencia, se han analizado dos regresiones distintas.

tremos para el mismo período. Asimismo, los once activos que presentan variaciones de su sensibilidad ante variaciones al alza o a la baja del mercado en el segundo período considerado también muestran variaciones ante valores extremos, y solo dos más presentan exclusivamente evidencia de variar su sensibilidad ante valores extremos.

Estos resultados indican que los activos que presentan variaciones de su sensibilidad en relación con pequeñas oscilaciones del mercado también lo hacen cuando el mercado se encuentra en una situación extrema. Ello puede esconder la existencia de dos grandes grupos de activos en cada uno de los períodos considerados: aquellos cuya sensibilidad a la cartera de mercado se mantiene pese a los vaivenes del mercado, y aquellos cuya sensibilidad varía en función de la situación que presente el mercado, ya sean variaciones al alza o la baja o bien sea debido a situaciones extremas del mercado.

La principal implicación de este resultado es que muestra que las variaciones en la sensibilidad de los activos ante pequeños movimientos del mercado también se manifiestan en situaciones extremas. Un análisis más pormenorizado de los resultados revela que los activos sujetos a variaciones presentan mayoritariamente una menor sensibilidad en el segundo período considerado. Debe tenerse en cuenta, no obstante, que esta afirmación no debe generalizarse a todos los activos, ya que en los activos de empresas del sector bancario y de la construcción no se observa esa reducción en la beta, sino más bien resultados que parecen indicar el comportamiento opuesto.

En las tablas 5, 6 y 7 se presentan los principales resultados, que recogen las betas estimadas de acuerdo con la ecuación (8) bajo la condición (9) para considerar variaciones ante subidas y bajadas del mercado, y bajo las condiciones (12), (13) y (14) para considerar variaciones ante valores extremos. Los resultados se ofrecen para los períodos antes y después del cambio estructural. Asimismo, se incluyen los resultados del test de Wald propuesto en (10) y (11).

Tabla 5.- Regresiones considerando asimetrías y cambio estructural

Nombre	Antes					Después				
	β_{1j}	Z-Stat	β_{1j}	Z-Stat	R^2	β_{1j}	Z-Stat	β_{1j}	Z-Stat	R^2
ABE	0,907	30,902	0,943	33,031	0,570	0,745	26,160	0,808	30,422	0,566
ABG	1,487	8,861	1,595	8,697	0,264	1,093	26,664	1,142	25,596	0,465
ACC	1,412	25,928	1,487	25,877	0,556	0,750	19,152	0,964	20,438	0,415
ACE	0,846	22,377	0,895	24,772	0,454	0,491	12,435	0,611	14,938	0,361
ACS	1,050	27,382	1,062	31,026	0,550	0,693	29,881	0,738	32,199	0,599
BANK	0,937	29,127	1,121	39,035	0,444	1,385	20,221	1,473	15,000	0,659
BBVA	1,113	52,983	1,099	54,007	0,835	1,373	69,375	1,401	59,044	0,888
EBR	0,565	12,670	0,649	15,445	0,222	0,349	10,722	0,277	8,894	0,158
ENA	0,740	10,315	0,817	11,477	0,221	0,518	18,239	0,613	20,475	0,377
END	0,926	17,097	0,772	15,004	0,346	0,442	15,493	0,457	18,498	0,225
FCC	1,171	22,555	1,344	28,623	0,532	0,724	20,127	0,916	27,443	0,541
FERR	1,141	28,392	1,389	33,692	0,535	0,897	11,822	0,858	10,611	0,488
GAM	0,004	0,047	-0,096	-1,140	-0,006	0,897	18,596	1,179	20,874	0,449
GASN	0,902	23,394	0,926	25,522	0,542	0,771	27,987	0,779	22,027	0,308
LAG	-0,028	-0,357	0,021	0,249	-0,006	0,682	12,774	0,786	14,660	0,219

Tabla 5 (continuación).- Regresiones considerando asimetrías y cambio estructural

Nombre	Antes					Después				
	β_{ij}	Z-Stat	β_{ij}	Z-Stat	R^2	β_{ij}	Z-Stat	β_{ij}	Z-Stat	R^2
IBE	0,632	13,349	0,491	10,413	-0,081	0,862	43,546	0,862	43,858	0,685
INDR	-0,069	-1,147	-0,075	-1,313	-0,001	0,421	13,362	0,562	19,197	0,322
INDX	0,029	0,420	-0,042	-0,711	-0,008	0,721	20,853	0,665	16,843	0,424
MAP	0,836	16,738	0,954	22,057	0,387	1,032	25,236	1,049	23,276	0,508
MTS	1,388	18,937	1,329	19,475	0,372	0,727	9,746	0,885	11,292	0,386
OHL	0,891	9,418	1,306	12,831	0,219	1,030	21,001	0,991	23,946	0,490
POP	0,824	26,269	0,895	32,298	0,607	1,131	41,133	1,288	41,001	0,735
RED	0,516	13,077	0,537	14,901	0,275	0,587	17,983	0,516	14,624	0,330
REP	0,948	31,340	1,065	40,072	0,629	0,931	43,445	0,889	31,092	0,732
SAB	0,697	24,657	0,809	32,107	0,491	0,709	23,650	0,973	32,902	0,634
SAC	1,179	16,475	1,432	22,043	0,373	0,954	17,095	1,323	24,818	0,319
SAN	1,154	50,474	1,152	56,503	0,845	1,518	67,963	1,436	64,434	0,881
TEF	1,281	46,611	1,236	44,070	0,737	0,829	47,557	0,794	36,576	0,737
TEL	1,018	22,092	1,033	21,773	0,352	1,009	15,738	1,303	17,164	0,329

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 6.- Regresiones considerando valores extremos y cambio estructural

Nombre	Antes					Después				
	β_{ij}	Z-Stat	β_{ij}	Z-Stat	R^2	β_{ij}	Z-Stat	β_{ij}	Z-Stat	R^2
ABE	0,959	28,590	0,910	35,073	0,570	0,815	29,407	0,748	27,962	0,565
ABG	1,223	4,108	1,554	11,447	0,254	1,128	22,980	1,113	28,755	0,465
ACC	1,545	23,466	1,394	28,254	0,556	0,935	17,695	0,820	21,504	0,410
ACE	0,914	22,082	0,847	25,032	0,455	0,615	13,266	0,507	14,826	0,364
ACS	1,136	27,529	1,026	31,716	0,551	0,739	29,649	0,700	31,947	0,599
BANK	1,085	32,507	0,995	33,025	0,444	1,353	10,237	1,482	24,244	0,665
BBVA	1,052	43,243	1,135	60,446	0,834	1,389	53,747	1,387	73,430	0,888
EBR	0,655	13,545	0,584	14,799	0,223	0,282	8,503	0,335	10,861	0,156
ENA	0,911	8,678	0,733	12,702	0,221	0,645	19,347	0,514	19,412	0,378
END	0,645	7,272	0,923	21,824	0,349	0,500	17,864	0,421	16,546	0,227
FCC	1,388	24,339	1,208	27,750	0,531	0,911	25,723	0,756	22,214	0,538
FERR	1,404	30,421	1,186	32,505	0,535	0,917	9,036	0,876	13,282	0,488
GAM	-0,139	-1,254	-0,014	-0,197	-0,003	1,201	19,749	0,942	20,313	0,452
GASN	0,936	22,670	0,904	26,458	0,542	0,753	19,262	0,795	30,222	0,307
IAG	0,025	0,209	-0,012	-0,185	-0,006	0,791	13,605	0,695	14,051	0,219
IBE	0,268	3,322	0,624	15,785	-0,076	0,881	40,017	0,853	47,252	0,686
INDR	-0,183	-3,020	-0,029	-0,568	0,002	0,565	17,833	0,436	14,538	0,323
INDX	0,050	0,577	-0,023	-0,433	-0,008	0,682	15,830	0,700	20,541	0,423
MAP	0,965	18,771	0,863	20,132	0,386	1,044	20,983	1,039	27,128	0,508
MTS	1,442	18,509	1,304	20,261	0,375	0,888	9,882	0,754	11,552	0,385
OHL	1,458	9,268	0,972	12,444	0,227	1,018	22,864	1,006	21,946	0,489
POP	0,944	26,718	0,831	32,270	0,606	1,278	37,340	1,176	45,822	0,736
RED	0,611	14,464	0,491	14,164	0,278	0,537	14,023	0,564	17,664	0,331
REP	1,117	38,560	0,946	35,066	0,632	0,902	27,790	0,909	44,238	0,732
SAB	0,750	26,371	0,755	30,561	0,501	0,939	28,197	0,775	29,381	0,636
SAC	1,515	19,386	1,232	20,803	0,375	1,359	24,468	1,000	18,660	0,318
SAN	1,139	45,157	1,159	59,930	0,845	1,434	59,001	1,502	76,772	0,881
TEF	1,154	36,036	1,322	52,375	0,738	0,797	32,940	0,820	49,394	0,736
TEL	0,974	18,495	1,058	24,582	0,354	1,304	15,292	1,073	17,511	0,331

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 7.- Resultados del test de Wald para asimetrías y valores extremos(1)

Nombre	Asimetrías		Valores extremos	
	Antes	Después	Antes	Después
ABE	0,785	2,617	1,323	3,117
ABG	0,192	0,660	1,053	0,065
ACC	0,918	12,007	3,373	3,004
ACE	0,869	4,436	1,568	3,484
ACS	0,055	1,919	4,381	1,402
BANK	18,481	0,533	4,058	0,795
BBVA	0,245	0,822	7,590	0,003
EBR	1,798	2,625	1,265	1,422
ENA	0,590	5,432	2,229	9,560
END	4,162	0,179	7,899	4,542
FCC	6,024	15,726	6,329	10,203
FERR	18,863	0,129	14,077	0,111
GAM	0,673	14,954	0,886	11,977
GASN	0,221	0,032	0,370	0,806
IAG	0,180	1,869	0,075	1,549
IBE	4,785	0,000	15,921	0,993
INDR	0,006	10,826	3,826	8,814
INDX	0,608	1,133	0,514	0,106
MAP	3,210	0,075	2,361	0,008
MTS	0,345	2,125	1,891	1,454
OHL	9,016	0,372	7,576	0,034
POP	2,892	14,444	6,560	5,825
RED	0,146	2,156	4,829	0,297
REP	8,599	1,456	18,903	0,042
SAB	8,853	39,243	0,016	15,178
SAC	6,920	22,729	8,569	21,902
SAN	0,003	7,007	0,426	4,762
TEF	1,356	1,669	17,753	0,667
TEL	0,050	9,024	1,591	5,006

NOTA: (1) Los valores presentados en esta tabla son los correspondientes a una χ^2 después de la aplicación del test de Wald antes y después del cambio estructural detectado en el test de Andrews. En el anexo se incluyen los resultados de las regresiones utilizadas para la realización de este test.

FUENTE: Elaboración propia.

5.3. IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados anteriores muestran que, a pesar de que es posible conseguir un buen ajuste del modelo CAPM, este ajuste no permite aceptar o rechazar las

predicciones del modelo debido a que la dinámica del mercado influye o puede influir notablemente en los resultados. Aunque, el CAPM es una herramienta útil y de fácil uso, que proporciona una importante información en la gestión de carteras, sus resultados no deben tomarse independientemente del contexto analizado.

El fundamento del CAPM consta de una sólida base teórica, y tal y como ya se ha señalado, su contrastación empírica adolece de una serie de dificultades difícilmente salvables. No obstante, relajando ciertas hipótesis que permiten una mayor aplicación práctica es posible conseguir mejores resultados para el mercado español de capitales con un ajuste elevado, considerando que solo estamos teniendo en cuenta un factor explicativo. Asimismo, se ha mostrado que es necesaria una gestión dinámica como consecuencia del cambio de sensibilidades que experimentan los distintos activos

6. REFLEXIONES

Aunque la aplicación práctica del CAPM no presenta unos resultados suficientemente atractivos para ser un método de fijación de precios en el mercado español actual, sí que presenta una fuerte utilidad como complemento en el proceso de toma de decisiones correspondiente a la formación y gestión de carteras dado su buen ajuste para un gran número de activos. Por ello, conociendo sus limitaciones relacionadas con su implementación, es una herramienta que, pese a contar con más de cuarenta años de historia, disfruta de una vitalidad y utilidad nada desdeñables para el actual mercado español de capitales.

Las modificaciones al modelo consideradas en este trabajo son solo unas pequeñas modificaciones de todo el elenco posible, aunque, tal y como se ha demostrado, permiten conseguir unos mejores resultados útiles en la gestión de carteras. Otra consideración que, a pesar de exceder el ámbito de este trabajo, se podría tener en cuenta en el análisis de posibles variaciones de la sensibilidad de los activos sería considerar la influencia de distintos aspectos relacionados con imperfecciones del mercado tales como la falta de confianza en la contrapartida o los costes derivados de la intermediación de la inversión.

Por otra parte, la incertidumbre acerca de la influencia que tendrá una posible quita en la deuda de los países periféricos en la banca europea mantiene viva la atención sobre el negocio bancario. Ante las dudas por la deuda pública nacional, muy presentes en los balances de la banca española, es de esperar nuevas variaciones en las betas, por lo que para conseguir una mayor capacidad de predicción habrá que ajustar el modelo a nuevos contextos económicos.

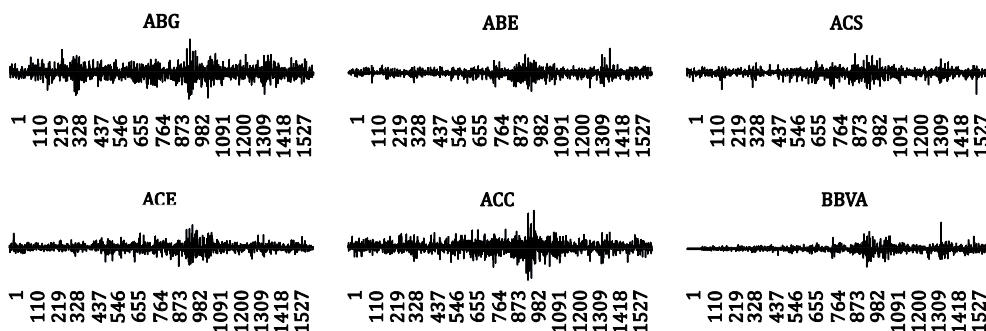
Por todo lo anterior, y ante la robustez mostrada por el CAPM, parece más apropiado avanzar en la adecuación del modelo a la situación actual y cambiante del mercado que desbancarlo y utilizar en la fijación de precios otro modelo que no tenga la sólida base teórica del CAPM, pese a sus malos resultados para ciertos activos.

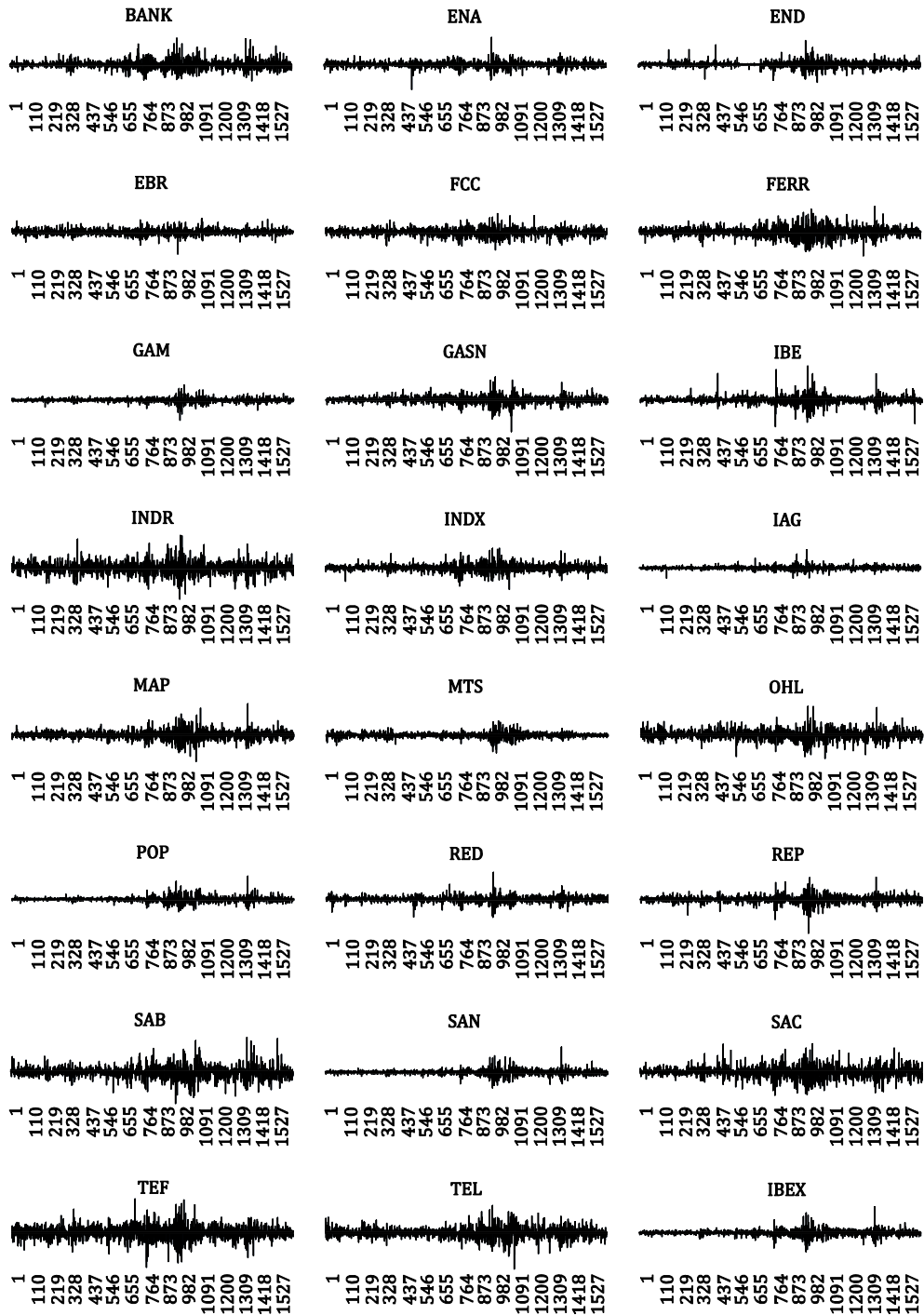
ANEXO 1. NOMENCLATURA UTILIZADA Y SECTOR DE LAS EMPRESAS CONSIDERADAS

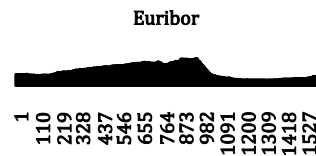
Sigla	Nombre	Sector
ABE	Abertis	Explotación de infraestructuras
ABG	Abengoa	Energía, telecomunicaciones, transporte y medio ambiente
ACC	Acciona	Energía, agua, construc., inmobiliaria, servicios urbanos
ACE	Acerinox	Metalúrgico
ACS	Actividades de Construcción e Servicio	Construcción y servicios
BANK	Bankinter	Finanzas y seguros
BBVA	Banco Bilbao Vizcaya Argentaria.	Finanzas y seguros
EBR	Ebro Foods	Alimentación
ENA	Enagás	Energía
END	Endesa	Energía
FCC	Fomento de Construcciones e contrataciones	Construcción y servicios
FERR	Ferrovial	Construcción y gestión de infraestructuras
GAM	Gamesa	Energía
GASN	Gas Natural Fenosa	Energía
IAG	International Airlines Grup	Transporte aéreo
IBE	Iberdrola	Energía
INDR	Indra Sistemas	Tecnologías de la información
INDX	Inditex	Textil
MAP	Mapfre	Seguros
MTS	Arcelor Mittal	Siderurgia
OHL	Obrascón Huarte Lain	Construcción
POP	Banco Popular Español	Finanzas y seguros
RED	Red Eléctrica de España	Energía
REP	Repsol YPF	Energía
SAB	Banco Sabadell	Finanzas y seguros
SAC	Sacyr Vallehermoso	Construcción y gestión de infraestructuras
SAN	Grupo Santander	Finanzas y seguros
TEF	Telefónica	Telecomunicaciones
TEL	Mediaset España Telecomunicación	Televisión

FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 2. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LOS ACTIVOS CONSIDERADOS







BIBLIOGRAFÍA

- ANDREWS, D.W.K. (1988a): "Chi-Square Diagnostic Test for Econometric Models: Theory", *Econometrica*, 56 (6), pp. 1419-1453.
- ANDREWS, D.W.K. (1988b): "Chi-Square Diagnostic Test for Econometric Models: Introduction and Applications", *Journal of Econometrics*, 37 (1), pp. 135-156.
- BACHILLER, A. (1992): "Efecto fin de semana en la bolsa española", *Cuadernos Aragoneses de Economía*, 2 (1-2), pp. 152-162.
- BERGÉS, A. (1984): *El mercado de capitales español en un contexto internacional*. Madrid: Ministerio de Economía y Hacienda.
- BLACK, F.; JENSEN, M.; SCHOLES, M. (1972): "The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Test", en C.M. Jensen [ed.]: *Studies in the Theory of Capital Markets*. New York, NY: Praeger.
- BRECHMANN, E.C.; CZARO, C. (2011): "Extending the CAPM Using Pair Copulas: The Regular Vine Market Sector Model" (en prensa).
- CHEN, N.F.; ROLL, R.; ROSS, S.A. (1986): "Economic Forces and the Stock Market", *Journal of Business* 59 (3), pp. 383-403.
- FAMA, E.F.; FRENCH, K. (1992): "The Cross Section of Expected Stock Returns", *Journal of Finance*, XLVII (2), pp. 427-466.
- FAMA, E.F.; MACBETH, J. (1973): "Risk and Return: Some Empirical Tests", *Journal of Political Economy*. 81 (3), pp. 607-636.
- FERNÁNDEZ, P.; AGUIRREAMALLOA, J.; CORRES, L. (2011): *Prima de riesgo utilizada para España: encuesta 2011*. (Documento de Investigación, DI-921). Universidad de Navarra, IESE Business School.
- GALLEGO, A.; GÓMEZ, C.; MARHUENDA J. (1992): *Evidencias empíricas del CAPM en el mercado español de capitales*. (WP-EC 92-13). Valencia: Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (IVIE).
- GIBBONS, M. (1982): "Multivariate Tests of Financial Models: A New Approach", *Journal of Financial Economics*, 10 (1), pp. 3-27.
- GÓMEZ-BEZARES, F. (2000): *Gestión de carteras*. Bilbao: Desclée de Brouwer.
- GÓMEZ-BEZARES, F.; FERRUZ, L.; VARGAS MAGALLÓN, M. (2011): "Can We Beat the Market with Beta? An Intuitive Test of the CAPM", *Spanish Journal of Finance and Accounting*, XLI (155), pp. 333-352.
- GÓMEZ-BEZARES, F.; MADARIAGA, J.A.; SANTIBÁÑEZ, J. (1994): *Valoración de acciones en la Bolsa Española*. Bilbao: Desclée de Brouwer.
- KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. (1979): "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk", *Econometrica*, 47 (2), pp. 263-292.
- LEVY, H. (1978): "Equilibrium in an Imperfect Market: A Constraint on the Number of Securities in the Portfolio", *The American Economic Review*, 68 (4), pp. 643-658.
- LEVY, H. (2010): "The CAPM is Alive and Well: A Review and Synthesis", *European Financial Management*, 16 (1), pp. 43-71.

- LINTNER, J. (1965): "The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets", *The Review of Economics and Statistics*, 47 (1), pp. 13-37.
- LITZENBERG, R.; RAMASWAMY, K (1979): "The Effect of Personal Taxes and Dividends on Capital Assets Prices: Theory and Empirical Evidence", *Journal of Financial Economics*, 7 (2), pp. 163-195.
- MARKOWITZ, H.M. (1952): "Portfolio Selection", *The Journal of Finance*, 7 (1), pp. 77-91.
- MARTÍNEZ, I.; VALDEMAR, O. (2011): "El IBEX35 como cartera óptima del mercado de valores español: estudio estadístico del período 2002-2010", *Anuario Jurídico y Económico Escorialense*, 49, pp. 399-418.
- MERTON, R.C. (1973): "An Intertemporal Capital Asset Pricing Model", *Econometrica*. 41 (5), pp. 867-887.
- MIRALLES MARCELO, J.L.; MIRALLES, M.M.; MIRALLES QUIRÓS, J.L. (2007): "Análisis media-semivarianza: una aplicación a las primas de riesgo en el mercado de valores español", *Estudios de Economía Aplicada*, 25 (1), pp. 199-214.
- MIRALLES MARCELO, J.L.; MIRALLES, M.M.; MIRALLES QUIRÓS, J.L. (2009): "Estimación de la dinámica del coeficiente beta en el mercado bursátil español", *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 38 (143), pp. 449-478.
- OSTERMATK, R (1991): "Empirical Evidence on the Capital Asset Pricing Model (CAPM) in Two Scandinavian Stock Exchanges", *Omega*, 19 (4), pp. 223-234.
- PALACIOS, J. (1973): "*The Stock Market in Spain: Test of Efficiency and Capital Market Theory*. (Tesis doctoral no publicada). Stanford, CA: Stanford University.
- ROLL, R. (1977): "A Critique of Asset Pricing Theory's Test", *Journal of Financial Economics*, 4 (2), pp. 129-176.
- ROSS, S.A. (1976): "The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing", *Journal of Economic Theory*, 13, pp. 341-360.
- ROY, D.A. (1952): "Safety First and the Holding of Assets", *Econometrica*, 20 (3), pp. 431-449.
- RUBIO, G. (1988): "Further International Evidence on Asset Pricing: The Case of the Spanish Capital Market", *Journal of Banking and Finance*, 12 (2), pp. 221-242.
- RUBIO, G. (1991): "Formación de precios en el mercado bursátil: teoría y evidencia empírica", *Cuadernos Económicos de ICE*, 49, pp. 157-186.
- SENTANA, E. (1995): "Riesgo y rentabilidad en el mercado español de valores", *Moneda y Crédito*, 200, pp. 133-167.
- SENTANA, E. (1997): "Risk and Return in the Spanish Stock Market: Some Evidence from Individual Assets", *Investigaciones Económicas*, XXI (2), pp. 297-359.
- SHARPE, W.F. (1964): "A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", *The Journal of Finance*, 19 (3), pp. 425-442.
- SHARPE, W.F. (1994): "The Sharpe Ratio", *Journal of Portfolio Management*, 21, pp. 49-58.
- SOLNIK, B.H. (1974): "An International Market Model of Security Price Behavior", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 29 (2), pp. 365-378.
- STUTZER, M. (1998): *A Portfolio Performance Index and Its Implications*. (Working Paper Series). Boulder, CO: University of Colorado at Boulder, Leeds School of Business.
- TOBIN, J. (1958): "Liquidity Preference as Behavior towards Risk", *Review of Economic Studies*, 26, pp. 65-86.
- TREYNOR, J. (1962): *Toward a Theory of Market Value of Risky Assets* (no publicado).