



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA FINANCIERA Y CONTABILIDAD

TESIS DOCTORAL:

**LA INFLUENCIA DE LAS OPCIONES REALES
EN LA RENTABILIDAD Y EL RIESGO DE
LA EMPRESA**

Presentada por **Leonardo Pacheco Caro** para optar al
grado de Doctor por la Universidad de Valladolid

Dirigida por:

Dr. D. Pablo de Andrés Alonso

Dr. D. Gabriel de la Fuente Herrero

Valladolid, octubre de 2015

TESIS DOCTORAL:

**LA INFLUENCIA DE LAS OPCIONES REALES
EN LA RENTABILIDAD Y EL RIESGO DE
LA EMPRESA**

Candidato a Doctor:

Leonardo Pacheco Caro

Dirigida por:

Dr. D. Pablo de Andrés Alonso

Dr. D. Gabriel de la Fuente Herrero

AGRADECIMIENTOS

Como toda buena aventura, ésta que inicié hace casi tres años y que me aproximo a concluir, me ha permitido crecer en los diversos ámbitos del ser humano; pude disfrutar de aquellos momentos buenos, éstos que provocan grandes alegrías y otorgan la certeza de que el camino escogido es el correcto; y también hubo momentos de los otros, aquéllos de los que he aprendido mucho, sacando lo bueno que podían entregarme para continuar creciendo.

Quiero, a través de estas breves líneas expresar mi más profundo agradecimiento a muchas personas que, de una u otra manera, me han apoyado y me han hecho sentir acompañado en todo este tiempo.

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis directores, Gabriel y Pablo. Muchísimas gracias por las constantes palabras de ánimo, por la enseñanza y por todo el tiempo dedicado al desarrollo de este trabajo; no puedo a través de estas líneas realmente expresar lo agradecido que estoy de haber contado con ustedes. Sólo me resta decir que cuentan conmigo para siempre.

Quiero dar las gracias también a mis compañeros de despacho y de Departamento, también por el constante apoyo y por darme el honor de poder compartir juntos un café, una comida o una charla, cosas que siempre vienen bien, que hacen sentir acompañado y que se valoran mucho, sobre todo cuando se está tan lejos de otros seres queridos. El haberlos conocido ha sido, sin duda alguna, uno de los aspectos más enriquecedores en este tiempo. A todos los extrañaré mucho.

A mi familia y amigos, a mis padres y hermana por su incondicional amor y apoyo en cada proyecto que he decidido emprender; a mis amigos, en especial a Carol, Roxana, Pamela, Moisés y Felipe, por el cariño que manifiestan hacia mí cada vez que el tiempo se los permite. A Ismael, Gloria y Alonso por hacerme sentir parte de su familia en esta querida Valladolid.

MUCHAS GRACIAS.

TABLA DE CONTENIDOS

PRESENTACIÓN.....	1
<hr/>	
CAPÍTULO I: RIESGO Y RENTABILIDAD.....	13
I.1 El Modelo de Equilibrio de Activos Financieros.....	16
I.2 La Evidencia Empírica Sobre el CAPM.....	20
I.3 Los Problemas de Contrastación del CAPM.....	23
I.4 Estudios y Evidencia Previa de la Relación entre Riesgo y Rentabilidad en el Reino Unido.....	29
<hr/>	
CAPÍTULO II: OPCIONES REALES, RIESGO Y RENTABILIDAD.....	37
II.1 Opciones Reales y Valor de la Empresa.....	40
II.1.1 La Estimación del Valor de las Opciones Reales de la Empresa...	46
II.2 Las Opciones Reales y el Riesgo de las Acciones.....	52
II.2.1 La Descomposición Lineal de la Beta.....	53
II.2.1.1 La Diferencia en el Riesgo de las Opciones Reales y de los AiP ($\beta_{OR_i} - \beta_{AiP_i}$).....	56
II.2.1.2 La Modificación en la Composición del Valor de la Firma ($\frac{V_{OR_i}}{E_i}$).....	59
II.3 Las Opciones Reales y la Rentabilidad Realizada de las Acciones.....	61
II.4 Discusión Crítica de las Hipótesis a Contrastar.....	65
<hr/>	
CAPÍTULO III: MUESTRA, MODELOS Y VARIABLES.....	69
III.1 Muestra y Período de Análisis.....	72
III.2 Modelos a Estimar.....	75
III.2.1 Las Opciones Reales y el Riesgo Sistemático (Hipótesis 1 y 2)...	75
III.2.2 Las Opciones Reales y el Poder Explicativo de la Beta (Hipótesis 3).....	81

III.2.3 Las Opciones Reales y la Rentabilidad Realizada (Hipótesis 4)...	83
III.3 Variables y Medidas.....	85
III.3.1 Las Variables y Medidas del Modelo [M1]: Opciones Reales y Riesgo Sistemático.....	85
III.3.2 Las Variables y Medidas de los Modelos [M2] y [M3]: Opciones Reales, Betas y Rentabilidades Realizadas.....	91
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	99
IV.1 Las Opciones Reales y el Riesgo Sistemático (Hipótesis 1 y 2).....	103
IV.1.1 Resultados de la Estimación del Modelo [M1].....	103
IV.1.2 Segmentación de la Muestra con la “Beta Contable”.....	109
IV.1.3 Reestimación del Modelo [M1] con el Algoritmo Iterativo.....	113
IV.2 Las Opciones Reales y el Poder Explicativo de la Beta (Hipótesis 3).....	118
IV.3 Las Opciones Reales y la Rentabilidad Realizada (Hipótesis 4).....	128
IV.4 Análisis de Robustez: Opciones Reales, Rentabilidades Realizadas y Betas Condicionadas por Mercados Alcistas y Bajistas.....	131
CAPÍTULO V: CONCLUSIÓN.....	141
BIBLIOGRAFÍA.....	153
ANEXOS.....	179

LISTA DE TABLAS Y GRÁFICOS

TABLA I.1 Resumen de Evidencia Previa sobre Modelos de Valoración de Activos que Cuestionan al CAPM.....	34
TABLA II.1 Tipos de Opciones Reales y Trabajos Relacionados.....	42
TABLA II.2 Clasificación de las Medidas Aproximativas de Opciones Reales...	50
TABLA III.1 Número de Firmas y Observaciones de la Muestra de Análisis por Sector de Actividad.....	75
TABLA III.2 Estadística Descriptiva de las Variables del Modelo [M1].....	95
TABLA III.3 Estadística Descriptiva de las Variables de los Modelos [M1] y [M2].....	96
TABLA IV.1 Coeficiente Beta de las Acciones y Opciones Reales (Hipótesis 1 y 2).....	104
TABLA IV.2 Coeficiente Beta y Opciones Reales por Quintiles de Beta Contable.....	110
TABLA IV.3 Estimación de las Betas de los AiP de y las Diferencias entre las Betas de las Opciones Reales y de los AiP con Algoritmo Iterativo de Andrés <i>et al.</i> (2010).....	116
TABLA IV.4 Rentabilidad, Factores de Riesgo y Cambios en la Volatilidad...	120
TABLA IV.5 Influencia de la Relevancia de las Opciones Reales (Aproximada por el Coeficiente de Asimetría) en la Relación entre Rentabilidad y las Variables de Factores de Riesgo y Cambios en la Volatilidad	122
TABLA IV.6 Influencia de la Relevancia de las Opciones Reales (Aproximada por el Tamaño, ratios MBA y PER, Alternativamente) en la Relación entre Rentabilidad y las Variables de Factores de Riesgo y Cambios en la Volatilidad.....	124
TABLA IV.7 Influencia del Sector de Actividad en la Relación entre Rentabilidad y los Cambios Contemporáneos en la Volatilidad.....	127
TABLA IV.8 Rentabilidad, Factores de Riesgo y Asimetría.....	129
TABLA IV.9 Rentabilidad, Cambios en la Volatilidad y Asimetría por Quintiles de PER.....	131
TABLA IV.10 Rentabilidad, Factores de Riesgo y Cambios en la Volatilidad en Mercados Alcistas (<i>up</i>) y Bajistas (<i>down</i>).....	132

TABLA IV.11 Rentabilidad, Factores de Riesgo y Cambios en la Volatilidad en Mercados Alcistas (<i>up</i>) y Bajistas (<i>down</i>) por Quintiles de Asimetría.....	136
TABLA IV.12 Rentabilidad, Factores de Riesgo y Asimetría de la Rentabilidad en Mercados Alcistas (<i>up</i>) y Bajistas (<i>down</i>) por Quintiles de PER.....	138
TABLA ANEXO I Composición de las Clases de Riesgo (Hipótesis 1 y 2).....	181
GRÁFICO III.1 Capitalización Bursátil a Julio de 2013 en las Diez Principales Bolsas de Valores (en Billones de Dólares).....	73
GRÁFICO III.2 Número de Empresas Cotizadas a Julio de 2013.....	73

PRESENTACIÓN

A decir de Zingales (2000), el modo en que pensamos y hacemos finanzas corporativas viene condicionado por el modelo de empresa subyacente. La concepción de la empresa impregna la teoría, la investigación empírica, las aplicaciones prácticas y las recomendaciones normativas. Por ello, cada cambio en el paradigma de empresa se ha traducido en la revisión de los problemas abordados y las soluciones propuestas. Cabe preguntarse si ocurre lo mismo en el ámbito de las llamadas finanzas de mercado.

La principal revolución acontecida en el campo de las finanzas corporativas durante el siglo XX se produce como consecuencia de la sustitución del modelo neoclásico de empresa por el modelo contractual. En el modelo neoclásico, el concepto de empresa es simplificado a una ‘caja negra’ en el mercado, un simple haz de intercambios de *inputs* y *outputs*, cuyos problemas se resuelven mediante la optimización de las funciones de transformación en aras de la maximización del beneficio. El modelo contractual abre la caja negra descubriendo en su interior individuos que, persiguiendo sus propios intereses, cooperan entre sí en un ambiente de información imperfecta. En este modelo, las nuevas preguntas tienen que ver con el modo en que los derechos de decisión son asignados y de la manera en que los

incentivos y mecanismos de control contribuyen a su ejercicio más eficiente en términos de creación de valor.

Esta sustitución lleva a revisar los principales modelos de decisiones financieras de las empresas, desde las técnicas de selección de inversiones basadas en el teorema de separación de Fisher (Fisher, 1930) y el descuento de flujos (Hirshleifer, 1958) hasta los modelos de financiación y dividendo basados en las proposiciones de irrelevancia (Modigliani y Miller, 1958; y Miller y Modigliani, 1961) y la influencia de las fricciones de la teoría del *trade-off* (Myers, 1984). A la luz de las propuestas de Jensen y Meckling (1976) y Myers (1977) las finanzas corporativas dejan de preguntarse sobre el valor de la corriente *dada*, aunque incierta, de flujos de tesorería esperados de un negocio y sobre las implicaciones de su reparto entre los diferentes aportantes de fondos; y pasan a preguntarse sobre el valor de las *posibilidades* de generación de flujos de tesorería inciertos y la influencia de las características de los contratos sobre dichas posibilidades (Brennan, 1995; Azofra y Fuente, 2001).

En el campo de la valoración 'corporativa', este cambio paradigmático lleva a revisar el modelo de descuento para dar entrada a los derechos o posibilidades de actuación sobre los flujos de tesorería futuros. El valor de esa combinación única de individuos y activos específicos que representa la empresa (Zingales, 2000) depende de su capacidad para generar flujos a lo largo del tiempo en respuesta a los acontecimientos cambiantes e inciertos del entorno. El enfoque de opciones reales reconoce explícitamente estas posibilidades de actuación futura y propone su valoración mediante la aplicación de los modelos de valoración de opciones (*Option*

Pricing Model), que reemplazan al CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) en su función de la tasación del riesgo de la corriente de flujo futuro dentro del modelo de descuento de flujos. Este cambio en la valoración de la empresa y sus inversiones ha propiciado el avance notorio de las teorías que explican las decisiones adoptadas en la práctica y ha revertido en la mejor comprensión del comportamiento del valor de las acciones de la empresa.

A pesar de la relevancia que este cambio de enfoque ha supuesto para el desarrollo de las finanzas corporativas, llama la atención que las finanzas de mercado se hayan mantenido prácticamente inmunes a su influencia y no se haya producido una revisión similar de estos modelos de valoración de activos financieros a la luz de las decisiones adoptadas del otro lado de las transacciones, del interior de esa caja negra que un día abrieran las finanzas corporativas. Por el contrario, las finanzas de mercado parecen haber quedado atrapadas en el paradigma neoclásico de la empresa y ocupadas en el asedio empírico interminable de los modelos de rentabilidad y riesgo planteados en su día para las corrientes dadas de flujos de tesorería.¹

No ha sido hasta recientemente, que estos modelos de valoración han sido revisados para incorporar el efecto de las decisiones discrecionales y posibilidades de actuación futura sobre la rentabilidad y el riesgo de los títulos corporativos. Trabajos

¹ Donde las finanzas de mercado acogen un cambio paradigmático es en el modelo de hombre y en la sustitución del *homo oeconomicus* por el inversor irracionalmente emocional cuyo comportamiento es reinterpretado a la luz de la psicología cognitiva y la economía experimental, e incorporado en los modelos de las finanzas *behavioristas*. Puede decirse que finanzas corporativas y de mercado se han repartido la responsabilidad de abrir, respectivamente, las cajas negras de la empresa y del individuo, sin haber llegado a compartir totalmente el contenido en ellas descubierto.

como los de Berk, Green y Naik (1999), Carlson, Fisher y Giammarino (2004), Grullón, Lyandres y Zhdanov (2012) ó Trigeorgis y Lambertides (2014), reconocen que la relación entre rentabilidad y riesgo puede estar afectada por las opciones reales y plantean su directa incorporación en los modelos de valoración de activos financieros.

Los modelos de selección de inversiones empresariales basados en opciones reales permiten incorporar al valor de los flujos de tesorería derivados de una determinada asignación de recursos tangibles e intangibles, los efectos –monetarios y no monetarios– de las posibles reasignaciones futuras del conjunto de recursos. El valor de una inversión depende de la rentabilidad y el riesgo, pero también de la flexibilidad, entendida como las posibilidades de actuación sobre los resultados futuros, y de la potencia, entendida como la capacidad para generar nuevas oportunidades de inversión. El riesgo de un negocio no tiene por qué influir de forma negativa sobre el valor. Todo depende de la flexibilidad disponible para poder aprovechar los acontecimientos futuros en forma del incremento de las ganancias y la reducción de las pérdidas. Los flujos de tesorería no son las únicas fuentes de valor. Resultados de la inversión empresarial, tales como el conocimiento o la imagen de marca, tienen valor porque proporcionan a la empresa posibilidades de actuación que, en otro caso, no estarían a su alcance.

De igual manera, los modelos de valoración de activos financieros debieran considerar la flexibilidad y la potencia de las inversiones empresariales cuando analizan la relación entre rentabilidad y riesgo de sus acciones. Medir el riesgo sin considerar la influencia que pueden ejercer las opciones reales sobre la distribución

probabilística de la rentabilidad, no es menos erróneo que suponer que todas las acciones tienen el mismo riesgo. Antes de continuar añadiendo factores con los que rellenar la falta de correlación estadística suficiente entre el coeficiente beta y las rentabilidades, conviene profundizar en la influencia de las opciones reales sobre la rentabilidad y el riesgo de las acciones. La falta de poder explicativo de la beta o la influencia de los factores ‘tamaño’ y ‘book-to-market’ empiezan a ser interpretados en la literatura financiera como un síntoma de la influencia de la flexibilidad y la potencia y la necesidad de su incorporación en los modelos de mercado.

Siguiendo esta reciente línea de investigación, nuestro trabajo abunda sobre la hipótesis de que las posibilidades de actuación, que denominamos opciones reales, influyen en la rentabilidad y el riesgo de las acciones y pueden aportar una explicación complementaria a la evidencia empírica acumulada. Tras la revisión de algunos de los resultados empíricos más destacados sobre la relación empírica entre riesgo y rentabilidades realizadas, profundizamos en el estudio de una explicación basada en las implicaciones de la administración activa de las opciones reales de la firma.

Nuestro análisis plantea que las opciones reales ejercen un efecto de signo contrario sobre el riesgo y la rentabilidad realizada de las acciones. Por un lado, el riesgo de los derivados y sus activos subyacentes es diferente. Dado que las opciones presentan un mayor riesgo que sus activos subyacentes, parece razonable pensar que cuanto mayor sea la relevancia de las opciones reales en el conjunto de activos de la empresa, mayor será el riesgo de sus acciones. Además, el ejercicio de estas opciones

provoca cambios en el *mix* de activos y riesgos de la empresa que conllevan la inestabilidad de las medidas de riesgo y su consiguiente pérdida de poder explicativo.

Por otro lado, la administración de estas opciones reales permite potenciar las ganancias y acotar el alcance de las pérdidas, de manera que cuanto mayor sea el peso de las opciones reales en la empresa, mayores serán las posibilidades de incrementar el límite superior de las rentabilidades positivas y los medios para rebajar el recorrido descendente de las rentabilidades negativas. De hecho, una de las herramientas a disposición de los directivos para impulsar esta asimétrica distribución de los resultados es la gestión activa de la propia beta de las acciones, aumentándola en periodos alcistas del ciclo y reduciéndola en periodos bajistas. En consecuencia, más posibilidades de actuación en forma de opciones reales, se traducirán en mayores valores medios de las rentabilidades efectivas o realizadas de la empresa.

Este efecto contrario sobre el riesgo y la rentabilidad realizada pone de relieve la importancia de diferenciar entre rentabilidades *requeridas* y rentabilidades *realizadas* en la deducción de los modelos como en el contraste empírico de las hipótesis. La presencia de las opciones reales contribuye a aumentar el riesgo (y la consiguiente rentabilidad requerida) de las acciones en forma de una mayor volatilidad de sus acciones, pero su efectiva gestión favorece el incremento esperado de las rentabilidades realizadas.

La contrastación empírica de estas hipótesis se realiza sobre una muestra de acciones cotizadas en la bolsa de Londres en el periodo 2001 a 2012. El interés de este mercado procede de la relativa escasez de trabajos empíricos que hayan

analizado la influencia de las opciones reales en la relación entre rentabilidad y riesgo de las empresas del Reino Unido. La bolsa de Londres fue creada en 1801, lo que le convierte en la más antigua, y actualmente es la cuarta plaza más importante del mundo y la primera en Europa por capitalización bursátil. Para la revista Forbes la bolsa de Londres es el segundo mercado financiero del mundo, tan sólo por detrás de Nueva York, por sus condiciones como centro de negocios y para el surgimiento de nuevas estrategias financieras.

A pesar de la importancia de Londres como centro financiero, la evidencia empírica recopilada sobre el poder explicativo de la beta y el CAPM es relativamente escasa. Hasta 1996, ningún estudio había evaluado el modelo de tres factores en el mercado británico (Chan y Chui, 1996) y sólo la influencia de la variable tamaño sobre la rentabilidad de las acciones había acaparado cierta atención (Levis, 1985; Levis, 1989; Poon y Taylor, 1991). Más recientemente, la literatura financiera ha empleado el mercado del Reino Unido para comprobar los resultados empíricos descubiertos en Estados Unidos, tales como la influencia de la asimetría y curtosis de la rentabilidad (Hung, Shackleton y Xu, 2004; Fletcher y Kihanda, 2005), la relación condicional de la beta a la tendencia bursátil (Morelli, 2007), o el riesgo idiosincrático (Hwang, Gao y Owen, 2012), entre otros. Aparte de los trabajos de Danbolt, Hirst y Jones (2002 y 2011), apenas existen trabajos sobre el efecto de las opciones reales en el valor de las empresas y, menos aún, sobre la relación entre riesgo y rentabilidad de las acciones.

El resto de esta tesis se estructura del siguiente modo. En el capítulo I se revisa la evidencia empírica disponible sobre el poder explicativo del coeficiente beta

en relación con otros factores de riesgo, prestando especial atención a aquellas pruebas que pueden indicar la influencia de las opciones reales y a la distinción entre rentabilidades requeridas y realizadas. Cierra el capítulo un apartado específico de revisión de la evidencia empírica disponible para las empresas del Reino Unido.

En el capítulo II se discuten los fundamentos básicos del enfoque de opciones reales y sus principales implicaciones para la valoración de empresas. La descomposición del valor de la empresa planteada por el modelo de opciones tiene su traslación directa sobre el riesgo sistemático de las acciones, medido por el coeficiente beta. Esta descomposición del riesgo de las acciones supone el punto de partida sobre el que se articula nuestro desarrollo teórico que se concreta en la formulación de cuatro hipótesis sobre la influencia de las opciones reales en el riesgo (rentabilidad requerida) de las acciones, la capacidad explicativa del coeficiente beta y las rentabilidades realizadas.

El Capítulo III describe los modelos utilizados para el contraste de las hipótesis, las variables y medidas utilizadas en su aproximación empírica y la muestra de análisis. El análisis empírico del problema objeto de estudio no es una tarea sencilla. A las dificultades habituales de estimación de la beta a partir de rentabilidades realizadas y aproximaciones de la cartera de mercado, se añade, en este caso, el desafío de aproximar el valor de las opciones reales e identificar las supuestas clases de riesgo.

Las propuestas de la literatura para aproximar el valor de las opciones reales de la empresa son numerosas. Probablemente esta abundancia sea el síntoma más evidente de las limitaciones de todas ellas. Conscientes de estas deficiencias, nuestro

trabajo combina varias propuestas en la identificación de las clases de riesgo y en la aproximación del valor de las opciones reales, intentando aprovechar toda la información disponible de utilidad para la estimación de cada uno de los modelos.

En el capítulo IV se presentan e interpretan los resultados del contraste de hipótesis. La evidencia analizada pone en duda la hipótesis planteada sobre la influencia de las opciones reales en el mayor riesgo de las acciones (y la consiguiente rentabilidad requerida), pero es favorable a la hipótesis sobre la influencia de las opciones en el incremento de las rentabilidades realizadas. Los resultados se confirman para diferentes aproximaciones del valor de las opciones reales y de las clases de riesgo y ante la segmentación de la muestra en mercados alcistas y bajistas. El interés del descubrimiento procede precisamente del carácter mixto de los resultados cuya interpretación abre interesantes líneas para la investigación futura. Cierra el trabajo la presentación de las principales conclusiones.

A modo de resumen, la tesis que presentamos para la colación del grado de doctor, puede enunciar en los siguientes términos: “Como fuente de valor y riesgo de la empresa, las opciones reales influyen en la rentabilidad de sus acciones, restándole poder explicativo a la beta y aumentando las rentabilidades realizadas”.

CAPÍTULO I

RIESGO Y RENTABILIDAD

El modelo de equilibrio de activos financieros (*Capital Asset Pricing Model*, en adelante CAPM) es un ejemplo paradigmático del concepto de modelo. Representa de manera sencilla una compleja realidad, esta compleja realidad es la formación de los precios de equilibrio de activos financieros con riesgo, cotizados en los mercados de capitales, y la simplicidad del modelo responde a una sencilla función lineal y creciente entre la rentabilidad esperada en equilibrio de un activo financiero y la parte de su riesgo que no puede eliminarse diversificando. Este riesgo, denominado sistemático o no diversificable puede medirse a partir de la sensibilidad de la rentabilidad del título a los cambios en la rentabilidad del conjunto del mercado, lo que se conoce como su coeficiente beta.

A pesar de la solidez de los fundamentos del CAPM, la evidencia empírica acumulada en el último medio siglo cuestiona el poder explicativo de la beta. Las críticas a sus supuestos y problemas empíricos han impulsado el desarrollo de modelos alternativos de valoración de activos, que o bien implican modelos mucho más complejos y menos intuitivos o bien carecen de suficiente fundamentación teórica.

Después de enterrar y desenterrar la beta sucesivas veces, el diagnóstico empírico parece claro: aunque la rentabilidad media de las acciones se relaciona

lineal y positivamente con su beta, existe una parte de su variabilidad, no explicada por la beta, que se relaciona con otros factores tales como el tamaño o la relación valor contable a valor de mercado de las acciones. Lo que no parece tan evidente son las razones de los resultados contrarios al CAPM, que pueden proceder de los problemas en la medición de la rentabilidad esperada y el riesgo sistemático, de sesgos en la selección de la muestra, de la inestabilidad temporal de los parámetros, de la naturaleza multidimensional del riesgo o, simplemente, de la inexactitud de los supuestos de partida.

En este capítulo, revisamos parte de la evidencia disponible en la literatura sobre la relación entre la rentabilidad y el riesgo de las acciones. En el primer epígrafe presentamos las características básicas del CAPM. En el segundo epígrafe, se describen algunos de los principales resultados del análisis empírico del CAPM en Estados Unidos y en otros países distintos a Reino Unido. En el epígrafe tercero, se discuten los problemas que entraña el contraste empírico del CAPM. Cierra el capítulo la revisión específica del análisis empírico del CAPM en el contexto británico.

I.1 El Modelo de Equilibrio de Activos Financieros

Uno de los hitos más relevante y laureado de las finanzas del siglo XX fue el CAPM de Sharpe (1964), Lintner (1965) y Mossin (1966). De acuerdo con el CAPM, la rentabilidad esperada en equilibrio de un activo financiero con riesgo es igual a la rentabilidad del activo libre de riesgo más una prima por su riesgo no diversificable. Analíticamente:

$$E(R_i) = R_f + (E(R_m) - R_f) * \beta_i \quad (\text{I.1})$$

donde $E(R_i)$ es la rentabilidad de equilibrio esperada del título i , R_f es la rentabilidad del activo sin riesgo, R_m es la rentabilidad de la cartera de mercado, que está formada por el conjunto de todos los activos con riesgo, y β_i es una medida del riesgo sistemático o no diversificable del título i , definido por el cociente de la covarianza entre la rentabilidad del título i y la rentabilidad de la cartera de mercado dividida entre la varianza de la rentabilidad de la cartera de mercado.

La cartera de mercado incluye todos los activos con riesgo negociados, que participan en proporción al peso de su capitalización bursátil en el conjunto del mercado. Por definición, no hay cartera más diversificada que el conjunto del mercado y, por tanto, todo su riesgo es no diversificable. El coeficiente beta es una medida de la contribución del título i al riesgo (no diversificable) de la cartera de mercado y, al mismo tiempo, de la sensibilidad de la rentabilidad del título ante los cambios en la rentabilidad del conjunto del mercado.

El CAPM es un modelo que establece la rentabilidad que cabría esperar en una situación de equilibrio y que es la que teóricamente corresponde exigir a cada título en compensación al riesgo que habría que soportar de su inversión y que no puede eliminarse con la diversificación.

El CAPM aúna intuición y lógica como pocos modelos de la Economía Financiera. Mediante una simple relación lineal entre rentabilidad esperada y riesgo sistemático (no diversificable), el CAPM formaliza la que es su principal conclusión: que el inversor sólo puede esperar recompensa a su inversión -en forma de rentabilidad adicional al valor temporal del dinero- en la parte del riesgo soportado que no pueda ser eliminado mediante la “simple” diversificación de su cartera. De

forma muy descriptiva, Chen, Roll y Ross (1986) califican al riesgo que puede ser diversificado como ‘innecesariamente soportado’ y precisamente por ello es irrelevante en la determinación de los precios de equilibrio en un mercado perfecto. Se trata de un modelo que es sencillo de aplicar, útil a la hora de determinar las rentabilidades esperadas de potenciales inversiones y que ofrece resultados comprensibles a los usuarios.

La sencillez y solidez de sus fundamentos lo convirtieron en una de las principales enseñanzas de las finanzas y aún hoy en día sostiene su protagonismo dentro y fuera de las aulas de finanzas, prácticamente inmune a los persistentes golpes de la revisión de sus supuestos de partida y el contraste empírico de sus conclusiones.²

Con relación a los supuestos de partida, la literatura proporciona modelos ajustados a su relajación que, con estructuras más complejas, vienen a confirmar la conclusión principal sobre la relación entre rentabilidad y riesgo no diversificable. El modelo de beta cero (Black, 1972), la introducción de impuestos personales (Elton y Gruber, 1978), la incorporación de activos no negociables (Mayers, 1972), la consideración de expectativas heterogéneas (Lintner, 1969) ó la extensión al caso multiperiodo (Fama, 1970) son buenos ejemplos de este tipo de adaptaciones.

² Su popularidad queda patente en las encuestas a directivos y académicos. Por ejemplo, en Graham y Harvey (2001), el 73,5% de los 392 CFOs de empresas norteamericanas respondió utilizar el CAPM para estimar el coste de capital. A partir de 1.436 respuestas de directivos (718) y académicos (748), Fernández y Bermejo (2014) descubren que el 72% de quienes dicen utilizar los modelos de descuento para la valoración de empresas y proyectos de inversión, recurren a la beta del CAPM.

La utilización de la media y la varianza como únicos parámetros relevantes para la toma de las decisiones del inversor racional y averso al riesgo se apoya en la supuesta normalidad de las rentabilidades de las acciones. En caso de incumplimiento de este supuesto, el inversor podría considerar otros momentos de orden superior. Kraus y Litzenberger (1976) proponen una extensión del CAPM que incorpora el efecto de la asimetría en la valoración de activos, asumiendo que los inversores son adversos a la varianza y tienen una preferencia por la asimetría positiva. Harvey y Siddique (2000) extienden el modelo de Kraus y Litzenberger (1976) y plantean la recompensa del riesgo derivado de la asimetría no diversificable, que denominan coasimetría.

El propio modelo de valoración por arbitraje (*Arbitrage Pricing Model*, APM) propuesto por Ross (1976) y Roll y Ross (1980) puede considerarse una revisión de los supuestos del CAPM, en la que no es preciso la identificación de la cartera de mercado.³ Utilizando la definición financiera de equilibrio como aquella situación en la que no existen oportunidades de arbitraje –es decir, operaciones de riesgo e inversión nula que reportan beneficio–, Ross (1976) deduce una nueva relación de equilibrio entre rentabilidad y riesgo sistemático, en la que influyen múltiples factores comunes (variables macroeconómicas) a muchos activos y no sólo a la rentabilidad de la cartera de mercado.

Al igual que el CAPM, el APM pone el énfasis en la idea de que la única fuente de riesgo relevante es la que no es posible diversificar y que la rentabilidad

³ Esta misma ventaja se convierte en una de las limitaciones para su implementación práctica, dado que el APM no indica *a priori* cuáles son los factores subyacentes (Lehmann y Modest, 1988).

esperada es función del riesgo que proviene de sucesos que afectan a toda la economía, y no del riesgo específico (Brealey, Myers y Allen, 2011). En este sentido, la rentabilidad de cada título se relaciona de forma lineal con una serie de factores comunes, que representan fuentes de riesgo sistemático. La aproximación empírica del APM identifica como principales variables macroeconómicas de riesgo sistemático los cambios no previstos en la inflación, en la producción industrial y en las tasas de interés (Chen *et al.*, 1986; Connor y Korajczyk, 1993).

I.2 La Evidencia Empírica Sobre el CAPM

Frente a la estrategia de relajación de los supuestos idealistas del CAPM, una buena parte de la literatura financiera se concentra en la contrastación empírica de sus implicaciones, aplicando la máxima del instrumentalismo predictivo, que establece que un modelo no debe ser juzgado por el realismo de sus supuestos sino por el acierto de sus predicciones (Blume, 1971).

La literatura empírica reúne un interminable elenco de resultados tanto a favor como –sobre todo– en contra, a los que el CAPM ha conseguido sobrevivir, aunque no sin secuelas. La evidencia pone de relieve que la rentabilidad de las acciones está relacionada con el coeficiente beta, pero también que, por sí sola, la beta es insuficiente para explicar el comportamiento de los precios y rentabilidades de las acciones.

El resultado más repetido en los análisis es que el coeficiente beta sólo presenta poder explicativo –y muchas veces débil– en pruebas univariantes, pero que cuando su relación con la rentabilidad se analiza junto con otras variables, que miden características específicas de la empresa, pierde la práctica totalidad de su

significación estadística. De hecho, estas otras variables son las que presentan mayor capacidad predictiva en la mayoría de los períodos y muestras analizados. El tamaño de la firma, su ratio de valor en libros a valor de mercado de las acciones (BME), el nivel de endeudamiento o la ratio precio-beneficio (PER), entre otros, se revelan como factores de riesgo de igual o mayor poder explicativo que el coeficiente beta (Banz, 1981; Reinganum, 1981; Fama y French, 1992; Kothari, Shanken y Sloan, 1995; Fama y French, 1996; Berk *et al.*, 1999; Carlson *et al.*, 2004; Ozdagli, 2012; Guthrie, 2013, Fama y French, 2015).

En la confrontación empírica de la rentabilidad ante la batería de ratios y variables explicativas, las variables de BME y tamaño son las que muestran una mayor correlación, siendo BME la más importante. Así, las acciones de empresas pequeñas y las de aquellas con una alta ratio BME presentan rentabilidades superiores a la media, y beta carece de poder explicativo cuando se evalúa junto a aquellas variables. Esta evidencia empírica inspira el modelo de tres factores de Fama y French (1993), en el que la rentabilidad de las acciones es explicada de manera conjunta por la beta, el tamaño y la ratio BME.⁴ El problema de este tipo de modelos, tal y como reconocen los propios Fama y French (1996), es que las relaciones articuladas carecen de respaldo teórico.

⁴ Fama y French (1993) forman carteras considerando tres criterios (los factores): el exceso de rentabilidad de la cartera de mercado, la diferencia de retorno entre las acciones pequeñas y las grandes (*Small minus Big*, SMB) y la diferencia de rentabilidades entre las acciones con una alta ratio BME y las que tienen una baja BME (*High minus Low*, HML); y evalúan las rentabilidades dentro de las carteras a partir de regresiones según la metodología de Black, Jensen y Scholes (1972).

Además de Fama y French, Kothari *et al.* (1995), Berk *et al.* (1999) y Guthrie (2013), entre otros, demuestran que la ratio BME y el tamaño son dos variables que capturan las variaciones *cross* seccionales en la rentabilidad promedio de las acciones. Sin embargo, evidencia adicional sugiere que estas dos variables no son las únicas que logran explicar los cambios en las rentabilidades de las firmas. Carlson *et al.* (2004), atribuyen también relevancia al nivel de apalancamiento operativo de la firma y Ozdagli (2012) demuestra que el apalancamiento financiero puede explicar la mayor parte del premio al riesgo obtenido. En esta línea, Fama y French (2015) amplían su modelo de tres factores encontrando que las variables de rentabilidad contable e intensidad de la inversión cuentan también con capacidad para explicar las rentabilidades.

Kraus y Litzenberger (1976) encuentran evidencia empírica de la influencia de la asimetría de la rentabilidad en las acciones de empresas cotizadas en el *New York Stock Exchange* (NYSE). Para este mismo mercado, Harvey y Siddique (2000) y Chung, Johnson y Schill (2004) muestran que la coasimetría como factor adicional de riesgo ayuda a explicar las variaciones *cross* seccionales de las rentabilidades, incluso cuando se consideran las variables de tamaño de la firma y ratio BME.

Black (1993) plantea que la influencia de los factores de tamaño de la firma, la ratio BME o el nivel de apalancamiento puede estar determinada por el particular diseño de la investigación, por la base de datos utilizada, o incluso por la manipulación de los datos utilizados en los contrastes.

Para comprobar la medida en que los resultados dependen de la metodología y los datos utilizados, Davis (1994) plantea extender el contraste a distintos

mercados. De hecho, el análisis de estas regularidades empíricas se haya replicado en distintos periodos y países. Por ejemplo, Chan, Hamao y Lakonishok (1991) analizan el mercado japonés en el período 1971-1988, obteniendo que las variables que mejor explican la rentabilidad observada de las acciones son la ratio BME y los *cash flows*. En el caso de las acciones cotizadas en el mercado francés, Lilti y Montager (1998) no encuentran un efecto relevante ni de la beta ni del tamaño en el período 1990-1995. La evidencia del mercado de Hong Kong es analizada en Ho, Strange y Piesse (2000) y Lam (2001), respectivamente, para el período 1983-1994 y 1980-1995. En ambos estudios, la beta presenta un débil poder explicativo y, además, Ho *et al.* (2000) encuentran que los efectos de las variables de tamaño y BME predominan sobre la influencia de la beta.

I.3 Los Problemas de la Contrastación del CAPM

Una de las lecciones de finanzas más controvertidas consiste en explicar la ingente evidencia empírica contraria del CAPM y, a renglón seguido, revelar que el CAPM sigue siendo el modelo generalmente aceptado en la valoración de activos con riesgo. Sin duda, las mencionadas propiedades de sencillez y de lógica sostienen tamaña posición. Pero también influye, y de manera importante, el hecho de que tampoco la evidencia se encuentra exenta de limitaciones, la mayoría de ellas derivadas de la propia naturaleza del CAPM.

El CAPM es un modelo de rentabilidades *ex ante* construido sobre el concepto *inobservable* de la cartera de mercado. De resultas de estas características, todo contraste del CAPM es un test conjunto del CAPM y de la eficiencia aproximativa de la cartera de mercado, de modo que la única hipótesis contrastable del CAPM es que la cartera de mercado es media/varianza eficiente (Roll, 1977). A

pesar de ello, la mayoría de los *tests* empíricos del CAPM utilizan datos *ex post* de rentabilidades realizadas y *proxies* ineficientes de la cartera de mercado⁵, que condicionan el alcance de las conclusiones⁶.

Blume (1971) analiza las rentabilidades de las acciones cotizadas en la bolsa de Nueva York en el período 1926 a 1968 y comprueba que las betas estimadas no son estables en el tiempo. Para disminuir los errores de estimación del coeficiente propone la formación de carteras. Una solución similar es planteada por Black, *et al.*, (1972) y Blume y Friend (1973)

Una de las técnicas más utilizada para reducir los errores asociados al contraste del CAPM con rentabilidades realizadas es la de Fama y MacBeth (1973). La propuesta consiste en la evaluación del poder explicativo de la beta estimada en un periodo previo a partir del valor medio del coeficiente obtenido en múltiples regresiones cruzadas, generalmente mensuales, entre rentabilidades y beta (u otros factores de riesgo). Las estimaciones de los valores medios se realizan sobre distintos subgrupos de la muestra ordenados en función de los diversos factores de riesgo analizados.

La agrupación en carteras permite reducir el problema de “errores en las variables” (*error-in-variables*) mediante la disminución de la variabilidad (varianza residual) de las rentabilidades individuales y el empleo de largas series temporales.

⁵ La correcta aproximación de la cartera de mercado exige incluir todos los activos con riesgo y no sólo las acciones cotizadas en bolsa.

⁶ Tal y como plantean Benson y Faff (2013), este tipo de limitaciones no restan valor al modelo: “*there is no problem with the theory- the problem is purely empirical*”.

El resultado son estimaciones del coeficiente beta más estables y teóricamente menos afectadas por las limitaciones derivadas de la aproximación de las rentabilidades *esperadas* a partir de las rentabilidades *realizadas*.⁷

Este tipo de técnicas no terminan de solucionar los problemas de contrastación. La evidencia disponible muestra que el coeficiente de riesgo sistemático estimado es sensible a la base temporal utilizada en la estimación. Kothari *et al.* (1995) y Fama y French (1996b) encuentran evidencia empírica de que las betas calculadas con rentabilidades anuales producen una relación positiva más fuerte entre beta y rentabilidad que cuando son estimadas con datos mensuales.

El empleo de rentabilidades *realizadas* en sustitución de las rentabilidades *esperadas* puede estar entre las causas de la falta de poder explicativo de la beta y de los cambios de signo de la influencia de la beta sobre las rentabilidades. De acuerdo con Pettengill, Sundaram y Mathur (1995) la relación entre las rentabilidades *realizadas* y beta puede ser tanto positiva como negativa, a diferencia de la relación entre rentabilidad *esperada* o requerida y beta, que por definición debe ser siempre positiva. El razonamiento es el siguiente. El CAPM establece que la rentabilidad esperada de la cartera de mercado es mayor que la rentabilidad del activo libre de riesgo. De hecho, por término medio se cumple que la rentabilidad (realizada) de los índices aproximativos de la cartera de mercado supera a la rentabilidad (realizada)

⁷ Fama y MacBeth (1973) ordenan las acciones en función de la beta estimada y forman carteras de acuerdo con esta jerarquización, correspondiendo la primera de estas carteras a las firmas con las betas más bajas (que, se supone, están infraestimando la beta real) y el otro extremo, al de las betas más altas (que se supone sobreestiman la beta real). Para obtener mejores estimaciones, la reagrupación se realiza de manera repetida para sucesivos periodos.

del activo libre de riesgo. Sin embargo, para que exista inversión en el activo libre de riesgo, se requiere que exista probabilidad no nula de que la rentabilidad (realizada) de la cartera de mercado sea menor a la del activo libre de riesgo. En caso contrario, si la rentabilidad de la cartera de mercado fuese siempre mayor a la del activo libre de riesgo, ningún inversor estaría dispuesto a adquirir este último dicho activo.

Este mismo razonamiento es extrapolable a la relación entre las rentabilidades de acciones de alta y baja beta. Aunque la rentabilidad esperada de las acciones de alta beta sea mayor que la rentabilidad esperada de las acciones de baja beta, debe existir una probabilidad no nula de que la rentabilidad (realizada) de las acciones de alta beta sea menor que la rentabilidad (realizada) de las acciones de baja beta. En caso contrario, ningún inversor estaría dispuesto a invertir en acciones de baja beta.

Por tanto, para que se verifique el CAPM, es necesario que se produzcan ambos casos ‘anómalos’ de rentabilidad realizada de la cartera de mercado inferior al activo libre de riesgo y rentabilidad realizada de acciones con alta beta inferior a la de las acciones de baja beta. Pettengill *et al.* (1995) plantean que, aunque no es necesario que ambas circunstancias concurren en el tiempo, tampoco es improbable. De darse esta concurrencia, el cumplimiento del CAPM implicaría que las rentabilidades *realizadas* de los títulos presentasen relación positiva con el coeficiente beta en mercados alcistas (mayor beta, mayor rentabilidad realizada) y una relación negativa en mercados bajistas (mayor beta, menor rentabilidad realizada).

Pettengill *et al.* (1995) comprueban su hipótesis con las rentabilidades de las acciones cotizadas en el mercado estadounidense durante el período comprendido

entre enero de 1926 y diciembre de 1990. Comparando la rentabilidad realizada del mercado y del activo libre de riesgo, separan el conjunto de rentabilidades mensuales en mercados alcistas (exceso positivo) y mercados bajistas (exceso negativo). Utilizando la metodología de Fama y MacBeth (1973) sobre cada una de las submuestras, estudian la relación entre beta y rentabilidad en cada uno de estos dos grupos. Sus resultados indican que la beta carece de poder explicativo en el conjunto del período, pero es estadísticamente significativa en cada una de las submuestras de mercados alcistas y bajistas. Las acciones con beta más alta presentan mayores rentabilidades en periodos alcistas (influencia positiva de la beta), pero también rentabilidades inferiores en periodos bajistas (influencia negativa de la beta).

El enfoque propuesto por Pettengill *et al.* (1995) ha sido ampliado en estudios posteriores incorporando otros factores distintos de beta en el análisis y extendido a mercados fuera de Estados Unidos. Isakov (1999) obtiene que la relación entre beta y rentabilidad realizada es altamente significativa y positiva en los mercados alcistas y negativa y significativa en los mercados bajistas, en Suiza para el período 1973 a 1991. El comportamiento de beta es estudiado con este enfoque por Elsas, El-Shaer y Theissen (2003) para Alemania y Lam (2001) para el mercado de Hong Kong, con resultados coincidentes a los que obtiene Isakov para Suiza. Fletcher (2000) y Tang y Shum (2003) encuentran también que la relación entre beta y rentabilidad es coherente con la propuesta de Pettengill *et al.* (1995) en los principales mercados de Europa, América del Norte y Asia, así como también en el mercado australiano.

Sandoval y Saens (2004) incorporan las variables de tamaño y ratio BME en el estudio del poder explicativo que posee beta sobre las rentabilidades de países latinoamericanos (Argentina, Brasil, Chile y México). Sus resultados indican que

solo beta cuenta con poder explicativo de las rentabilidades promedio de las acciones, positivo en los mercados alcistas y negativo en los bajistas (siendo la relación más importante en estos últimos), sin hallarse efecto alguno de la variable de tamaño o la ratio BME.

La falta de estabilidad de la beta puede ser otra de las causas de que variables distintas al riesgo sistemático influyan sobre las rentabilidades. Si los cambios en el riesgo sistemático no son recogidos por el coeficiente beta y sí por otras variables como el tamaño o la ratio BME, las relaciones empíricas encontradas podrían ser espurias. Basadas en este razonamiento, algunas investigaciones se concentran en comprender la naturaleza y la dinámica del riesgo sistemático y sus determinantes.

Desde que Hamada (1972) y Galai y Masulis (1976), relacionaran la beta de las acciones de la empresa con su nivel de apalancamiento financiero y el vencimiento de su deuda, las propuestas de explicación de la variabilidad del riesgo sistemático han examinado los efectos que sobre este elementos tienen los cambios de los ingresos y el apalancamiento operativo (Brenner y Smidt, 1978, Gahlon y Gentry, 1982; Mandelker y Ghon, 1984), los dividendos, la beta contable o el crecimiento (Beaver, Kettler y Scholes, 1970; Beaver y Manegold, 1975; Bowman, 1979; Arcas, 1991), entre otros.

En este sentido, el nivel de actividad de la firma, asociado con el grado de apalancamiento operativo, surge como una variable explicativa de la beta de las acciones; los análisis se han centrado en aquellos elementos que afectan la composición de los flujos de tesorería y, consecuentemente, al riesgo sistemático: las unidades vendidas, los costos fijos y, en definitiva, aquéllos que inciden directamente

en la variabilidad de los ingresos (Gahlon y Gentry, 1982; Mandelker y Ghon, 1984; Brenner y Smidt, 1978).

Además, se ha encontrado evidencia de que los datos contables incorporan información que refleja ciertos eventos subyacentes que determinan el riesgo de los títulos. Se han identificado como las variables contables que mayormente explican el comportamiento del riesgo sistemático a: los dividendos, el apalancamiento, la beta contable, la variabilidad de los beneficios y el crecimiento (Beaver *et.al*, 1970; Beaver y Manegold, 1975; Bowman, 1979; Arcas, 1991).

I.4 Estudios y Evidencia Previa de la Relación entre Riesgo y Rentabilidad en el Reino Unido

La evidencia empírica disponible para el Reino Unido permite comparar el poder explicativo de la beta del CAPM frente a modelos alternativos, como el APM o el Modelo de tres factores de Fama y French. Uno de los primeros trabajos sobre el CAPM y el APM con rentabilidades de acciones del Reino Unido es el de Beenstock y Chan (1986). Los resultados de su estimación para el período 1962 a 1981 revelan la superioridad empírica del APM sobre el CAPM. La influencia de factores macroeconómicos sobre la rentabilidad de las acciones es posteriormente analizada por Beenstock y Chan (1988), Poon y Taylor (1991), Clare y Thomas (1994) y Antoniou, Garret y Priestley (1998), entre otros.

Beenstock y Chan (1988) encuentran que los factores de tipo de interés, precio de los combustibles, oferta monetaria e inflación guardan relación estadística significativa con la rentabilidad de las acciones. Clare y Thomas (1994) confirman la influencia del precio del petróleo y la inflación, junto con el riesgo de mercado. De

manera similar, Antoniou *et al.* (1998) encuentran evidencia empírica indicativa de que la oferta monetaria, la inflación y la rentabilidad de mercado son factores comunes que inciden en los rendimientos de las acciones negociadas en la bolsa de Londres. Por su parte, Poon y Taylor (1991) concluyen que las variables que resultan significativas para el caso de Estados Unidos –tales como la producción industrial, cambios en la inflación, prima de riesgo o diferencias entre tipos de interés de corto y largo plazo (Chen *et al.*, 1986) – carecen de capacidad predictiva sobre las rentabilidades de las acciones en el Reino Unido en el período 1958-1982.

En relación con los problemas de estimación de la beta, para el caso particular del Reino Unido, Clare, Smith y Thomas (1997) muestran que los resultados de las estimaciones difieren significativamente según cuáles sean el criterio de clasificación empleado en la formación de carteras para estimar el coeficiente y la técnica econométrica aplicada. Estos autores proponen la utilización del Método Generalizado de Momentos en lugar de los Mínimos Cuadrados Ordinarios por las menores restricciones impuestas sobre la eficiencia media-varianza. Por su parte, Clare, Priestley y Thomas (1998) subrayan la posible influencia de los errores de estimación derivados de la correlación de las rentabilidades idiosincráticas en la estimación en dos etapas de Fama y MacBeth. Los resultados de estos trabajos evidencian que la capacidad explicativa de la beta aumenta significativamente cuando se controla por este tipo de errores, incluso cuando se incluyen, junto con la beta, otros factores como el tamaño y la ratio BME.

Chan y Chui (1996) replican el estudio de Fama y French (1992) para el caso de las acciones del Reino Unido en el período 1962-1981. Sus resultados indican que la beta carece de significación estadística cuando es considerada como única variable

explicativa de las rentabilidades y que esta relación es negativa cuando es evaluada junto con el tamaño de la empresa. A diferencia de los resultados obtenidos por Fama y French para Estados Unidos, Chan y Chui no encuentran relación significativa entre la rentabilidad de las acciones y el tamaño de la firma.

Para el periodo comprendido entre 1961 y 1985, Levis (1989) llega a la conclusión de que las rentabilidades en Reino Unido están relacionadas con la ratio PER y el dividendo, pero no con el tamaño de la firma. Tampoco Strong y Xu (1997) encuentran poder explicativo al tamaño, pero detectan una relación positiva y significativa entre la beta y la rentabilidad de las acciones en el período 1975-1994, cuando la beta es incluida como única variable explicativa. La consideración conjunta de este coeficiente con las variables de tamaño, endeudamiento y las ratios ganancia-precio y BME indican que el endeudamiento y BME son los únicos factores relacionados de forma estadísticamente significativa con las rentabilidades de las acciones.

Adicionalmente, Fletcher (2002) y Fletcher y Kihanda (2005) obtienen que, además de la media y la varianza de las rentabilidades, la asimetría es una variable que influye en las rentabilidades de las acciones en este mercado. El primero examina el papel de diferentes versiones del CAPM entre los años 1975 y 2000, descubriendo que la inclusión de la asimetría proporciona mejores resultados que la versión estándar. Por su parte, Fletcher y Kihanda (2005) evalúan la influencia de la asimetría en el período 1975 a 2001 y concluyen que esta variable es considerada por los inversores de un modo más relevante que la media y la varianza.

La distinción entre períodos alcistas y bajistas también se ha utilizado para el análisis de los datos del Reino Unido. Fletcher (1997) obtiene que no existe una

relación no condicional significativa entre beta y rentabilidad, sin embargo, cuando se incorpora la condicionalidad producida por el ciclo bursátil, la relación entre beta y rentabilidad es significativa, en coherencia con Pettengill *et al.* (1995) y además, no se detecta una capacidad predictiva relevante del tamaño de la firma sobre la rentabilidad. Hung *et al.*, (2003) y Morelli (2007) utilizan el mismo criterio de segmentación de la muestra y evalúan el poder explicativo de beta sobre las rentabilidades junto con los de otras variables como el tamaño y la ratio BME.

Los resultados, en los dos estudios, indican que beta explica significativamente la rentabilidad de las acciones con esta forma de categorizar las observaciones e, incluso, cuando se evalúa junto con las variables propuestas por Fama y French. Se concluye que, principalmente en los mercados bajistas, beta es significativa; sin embargo, estas investigaciones difieren entre sí en que Hung *et al.* (2003) encuentran que las variables de tamaño y BME son, también, altamente explicativas de las rentabilidades, mientras que Morelli (2007) sólo detecta un efecto significativo de la ratio BME. Además, Hung *et al.* (2003) denotan que la variable de tamaño se comporta de manera diferente en cada uno de los grupos, observándose un efecto positivo en los mercados alcistas y negativo en los bajistas, mientras que en el caso de la ratio BME se obtiene que el comportamiento es más simétrico en los dos tipos de mercado.

A modo de síntesis, el cuadro I.1 presenta los principales resultados obtenidos en el contraste empírico de la relación entre riesgo y rentabilidad para distintos países. En general, los resultados obtenidos en el análisis empírico en el Reino Unido no son radicalmente diferentes a la evidencia obtenida en otros mercados. Es posible observar que el coeficiente de riesgo sistemático no es un elemento suficiente que

explique la variabilidad de la rentabilidad de las acciones en este mercado y que son otros factores, como la ratio BME, las variables que incrementan la capacidad explicativa de los modelos de valoración contrastados. El tamaño de la firma muestra una menor relación con las rentabilidades que en otros mercados. La distinción entre rentabilidades realizadas y esperadas y la consiguiente influencia del ciclo bursátil, así como la relevancia empírica de momentos distintos a la media y la desviación estándar, principalmente la asimetría de la rentabilidad de las acciones de las firmas, avalan el interés de seguir profundizando en el análisis empírico de este mercado desde la perspectiva aportada por nuevos enfoques explicativos.

En el cuadro I.1 los trabajos y sus resultados se presentan ordenados cronológicamente. En la primera columna se muestra al autor (año); en las columnas 2 y 3 mostramos el período y mercados estudiados, respectivamente. En la columna 4 se indica la metodología aplicada en la investigación y en la última columna señalamos, como resumen de los resultados obtenidos, qué variables explican las rentabilidades según estos trabajos.

TABLA I.1: Resumen de evidencia previa sobre modelos de valoración de activos que cuestionan al CAPM

Trabajo	Período Estudiado	Mercado Estudiado	Metodología	Resultados
Kraus y Litzenberger (1976)	1936 a 1970	Estados Unidos	Metodología de Fama y MacBeth	*Asimetría de las rentabilidades
Banz (1981)	1926 a 1975	Estados Unidos	Regresiones <i>cross</i> seccionales por MCO	*Tamaño de la firma
Reinganum (1981)	1962 a 1979	Estados Unidos	Regresiones <i>cross</i> seccionales por MCO	*Tamaño de la firma
Chen, Roll y Ross (1986)	1953 a 1983	Estados Unidos	Metodología de Fama y MacBeth	*Cambios en la inflación *Cambios en producción industrial *Cambios en tasas de interés
Beenstock y Chan (1986)	1962 a 1981	Reino Unido	Metodología de Fama y MacBeth	*APM presenta mejores resultados que el CAPM
Lehman y Modest (1988)	1963 a 1982	Estados Unidos	Metodología de Fama y MacBeth	*Cambios en la inflación *Cambios en producción industrial *Cambios en tasas de interés
Beenstock y Chan (1988)	1977 a 1983	Reino Unido	Regresiones ARIMA de series de tiempo. MCO	*Tipo de interés *Precios de los combustibles *Oferta monetaria *Inflación
Levis (1989)	1961 a 1985	Reino Unido	Regresiones de series de tiempo. MCO	*Ratio <i>Price to Earnings</i> , PER

					*Dividendos
Chan, Hamao y Lakonishok (1991)	1971 a 1988	Japón	Análisis de series de tiempo con Seemingly Unrelated Regression (SUR) y metodología de Fama y MacBeth		*Ratio BME *Flujos de tesorería
Poon y Taylor (1991)	1965 a 1984	Reino Unido	Metodología de Fama y MacBeth		*Precio del petróleo *Inflación *Rentabilidad de mercado *Oferta monetaria
Fama y French (1992)	1963 a 1990	Estados Unidos	Metodología de Fama y MacBeth		*Tamaño de la firma *Ratio <i>Book – to – Market Equity</i> , BME
Fama y French (1993)	1963 a 1990	Estados Unidos	Metodología de Fama y MacBeth y regresiones de series de tiempo por MCO		*Tamaño de la firma *Ratio <i>Book – to – Market Equity</i> , BME
Clare y Thomas (1994)	1983 a 1990	Reino Unido	Metodología de Fama y MacBeth		*Precio del petróleo *Inflación *Rentabilidad de mercado *Oferta monetaria
Kothari, Sloan y Shankin (1995)	1927 a 1990	Estados Unidos	Metodología de Fama y MacBeth		*Ratio BME
Fama y French (1996)	1963 a 1993	Estados Unidos	Metodología de Fama y MacBeth y regresiones de series de tiempo por MCO		*Tamaño de la firma *Ratio <i>Book – to – Market Equity</i> , BME
Chan y Chui (1996)	1962 a 1981	Reino Unido	Metodología de Fama y MacBeth		*Ratio BME
Strong y Xu (1997)	1975 a 1994	Reino Unido	Metodología de Fama y MacBeth		*Ratio BME *Endeudamiento
Lilti y Montager (1998)	1990 a 1995	Francia	Metodología de Fama y MacBeth		*Beta no explica las rentabilidades en un enfoque no condicional
Antoniou, Garret y Priestley (1998)	1983 a 1990	Reino Unido	Metodología de Fama y MacBeth		*Precio del petróleo *Inflación *Rentabilidad de mercado

						*Oferta monetaria
Berk, Green y Naik (1999)	1951 a 1994	Estados Unidos	Metodología de Fama y MacBeth			*Ratio BME
Harvey y Siddique (2000)	1926 a 1997	Estados Unidos	Metodología de Fama y MacBeth			*Coasimetría sistemática.
Ho, Strange y Piesse (2000)	1983 a 1994	Hong Kong	Metodología de Fama y MacBeth			*Beta no explica las rentabilidades en un enfoque no condicional *Ratio BME *Tamaño de la firma
Lam (2001)	1980 a 1995	Hong Kong	Metodología de Fama y MacBeth			*Beta no explica las rentabilidades en un enfoque no condicional
Fletcher (2002)	1975 a 2000	Reino Unido	<i>Generalized Method of Moments</i> , GMM			*Asimetría de las rentabilidades
Fletcher y Kihanda (2005)	1975 a 2001	Reino Unido	<i>Generalized Method of Moments</i> , GMM			*Asimetría de las rentabilidades y curtosis
Ozdagli (2012)	1962 a 2008	Estados Unidos	Metodología de Fama y MacBeth			*Ratio BME *Leverage operativo
Fama y French (2015) (2012)	1963 a 2013	Estados Unidos	Metodología de Fama y MacBeth y regresiones de series de tiempo por MCO			*Ratio BME * *Tamaño *Rentabilidad contable *Inversión realizada

CAPÍTULO II

OPCIONES REALES, RIESGO Y RENTABILIDAD

Una de las posibles explicaciones de la ‘débil’ relación estadística entre la beta y la rentabilidad de las acciones y de la superioridad empírica de otras propuestas multifactoriales, basa sus argumentos en las denominadas *opciones reales* y su relevante influencia en el valor de mercado de la empresa y su lógica extensión sobre el binomio rentabilidad-riesgo. En esta línea, algunos trabajos recientes, como Berk *et al.* (1999), Carlson *et al.* (2004), Andrés, Azofra y Fuente (2006), Grullón *et al.* (2012) ó Trigeorgis y Lambertides (2014), entre otros, sugieren que la influencia de las opciones reales sobre el riesgo y la rentabilidad de las acciones pudiera estar detrás del poder explicativo de variables como el *tamaño* y la ratio BME. De hecho, ambas variables representan dos de las medidas habitualmente propuestas en la literatura para aproximar el valor de las oportunidades de crecimiento: el tamaño de la empresa en virtud de su relación con la sucesiva sustitución de las opciones de crecimiento por sus activos subyacentes, y la ratio BME, o más bien su inverso, en función de la supuesta incorporación en el precio de las acciones del valor del potencial de crecimiento de la empresa.

Sobre la base de la revisión de estas propuestas, este capítulo profundiza en la posible influencia de las opciones reales en el riesgo y en la rentabilidad de las acciones con el fin de plantear hipótesis contrastables de esta explicación. Esta

discusión confronta argumentos no siempre coincidentes sobre la influencia de las opciones reales tanto en el riesgo como en la rentabilidad. Las raíces del conflicto entre estas propuestas surgen de las diferencias en el tipo de opciones consideradas, la argumentación en términos de rentabilidades requeridas o realizadas y el momento supuesto de influencia de las opciones reales sobre el precio. Esta diferenciación contribuye a precisar los términos con los que formulamos las hipótesis a contrastar.

El resto del capítulo se estructura de la siguiente forma. En el primer epígrafe, se revisan los fundamentos de valoración del enfoque de opciones reales y la literatura empírica que aborda la aproximación del peso de las opciones en el valor de la empresa. El segundo y tercer epígrafe deducen las hipótesis a contrastar. En el segundo epígrafe se discute la influencia de las opciones reales sobre el riesgo de las acciones medido a través del coeficiente beta. En el epígrafe tercero se analiza la relación entre las opciones reales y las rentabilidades de las acciones, distinguiendo entre el concepto de rentabilidad requerida y realizada. Cierra el capítulo una revisión crítica de las hipótesis propuestas, cuya finalidad es su posicionamiento en el mapa de planteamientos, no siempre coincidentes de la literatura reciente.

II.1. Opciones Reales y Valor de la Empresa

Desde que Myers (1977) sugiriera que las oportunidades de crecimiento de una firma pueden ser vistas y analizadas desde la misma óptica surgida de la teoría de opciones financieras y que la valoración de las posibilidades de influir en los resultados de la inversión empresarial puede realizarse como si de opciones financieras se tratase, se ha acuñado un término y desarrollado un enfoque que ha albergado una creciente cantidad de estudios teóricos y empíricos que configuran lo que se conoce como el

enfoque de las opciones reales. Entre las principales características que le otorgan identidad a este enfoque encontramos la forma de analizar la inversión empresarial, que no es vista como una decisión puntual, sino como proceso dinámico de control a través del cual los directivos ajustan sus expectativas a la evolución *a priori* incierta de los resultados. La inversión empresarial trasciende a la decisión inicial de aceptación/rechazo y contempla la necesidad de tomar decisiones posteriores relativas a la magnitud y organización de los recursos asignados, a su ritmo de explotación o, incluso, a su abandono prematuro (Azofra y Fuente, 2001).

Según el enfoque de las opciones reales los directivos de la firma pueden actuar sobre los resultados de las inversiones, limitando las pérdidas y potenciando sus ganancias; esta flexibilidad en las decisiones se manifiesta como un importante elemento que ayuda a comprender muchas de las decisiones adoptadas en las empresas y su efecto sobre el valor. La inversión es una asignación de recursos que se realiza esperando que genere beneficios en el futuro. Desde la perspectiva del enfoque de las opciones reales, dicha asignación otorga a la firma el derecho a decidir sobre los resultados, tangibles e intangibles, que se vayan generando a lo largo del tiempo, así como también sobre los propios recursos asignados al proyecto y, como consecuencia, una correcta valoración de aquélla pasa por determinar el valor de la correspondiente cartera de derechos de decisión.

Según este enfoque, la asignación de recursos genera dos tipos de resultados. Primero, resultados monetarios o flujos de tesorería, que son los únicos considerados por los modelos convencionales de valoración. Segundo, los resultados no monetarios, tales como el conocimiento, la imagen de marca, la fidelidad de clientes,

entre otros, que tienen valor en tanto en cuanto proporcionan a la empresa nuevos derechos de decisión, es decir, en la medida en que permiten a la empresa hacer algo hasta entonces inaccesible (Fuente, 1999).⁸

En consecuencia, el valor de la inversión (y de la empresa como cartera de proyectos) viene determinado por el valor del conjunto de derechos de decisión que surgen de dicha asignación de recursos. Estos derechos representan las denominadas opciones reales (opciones de crecimiento, de diferimiento, de ampliación o reducción del negocio, de intercambio de factores y productos, de abandono) y cuya cuantificación puede obtenerse mediante la apropiada asimilación de estos últimos a opciones financieras de compra y de venta (Trigeorgis, 1988; Trigeorgis y Mason, 1987; Baldwin, 1991; Kasanen y Trigeorgis, 1991; Kulatilaka y Marcus, 1992; Dixit y Pindyck, 1995, entre otros). La tabla II.1 presenta los principales tipos de opciones reales identificados en la literatura pionera y su analogía con las opciones *call* y *put*. En términos generales, el ejercicio de las opciones tipo *call* conlleva el incremento de las ganancias mientras que el ejercicio de las opciones tipo *put* implica la reducción de las pérdidas potenciales.

TABLA II.1: Tipos de opciones reales y trabajos relacionados

TIPOS DE OPCIONES REALES	TRABAJOS
---------------------------------	-----------------

⁸ En esta línea, Mitchell y Hamilton (1988) establecen que el principal resultado de la inversión en I+D es la generación de conocimiento o activos intangibles similares, cuyo valor procede de su capacidad para abrir nuevas oportunidades de negocio. El valor de estas inversiones no procede de los flujos de tesorería directamente generados, que suelen ser nulos o negativos, sino del hecho de que facultan a la empresa a embarcarse en proyectos que, antes, se encontraban fuera de su alcance.

OPCIONES TIPO *CALL*

OPCIÓN DE DIFERIR: posibilidad de postergar la decisión de aceptar o rechazar un proyecto de inversión más allá de la fecha actual. Su valor es la diferencia entre el valor de la opción americana de invertir en el futuro (durante la vigencia de la oportunidad) menos el valor de la inversión inmediata.

McDonald y Siegel (1986)
Trigeorgis y Mason (1987)
Trigeorgis (1988)
Paddock, Siegel y Smith (1988)
Kulatilaka y Trigeorgis (1994)
Dixit y Pindyck (1995)

OPCIÓN DE CRECIMIENTO: posibilidad de invertir (crecer) en un nuevo negocio. La opción de crecimiento relaciona dos inversiones, la que genera la opción y su subyacente. Su valor define la 'potencia' del proyecto que la genera.

Kester (1984)
Myers (1984)
Brennan y Schwartz (1985)
Kulatilaka (1993)
Kulatilaka y Trigeorgis (1994)
Luehrmann (1998)

OPCIÓN DE AMPLIACION: posibilidad de ampliar la dimensión de una inversión. Es un tipo particular de opción de crecimiento que implica la inversión (ampliación) en el mismo proyecto que la genera.

Pindyck (1988)
Majd y Pindyck (1987)
Kasanen y Trigeorgis (1991)

OPCIONES TIPO *PUT*

OPCIÓN DE ABANDONO: Posibilidad de liquidar (abandonar) un negocio de manera anticipada (antes del final previsto de su vida económica).

Myers y Majd (1990)
Berger, Ofek y Swary (1998)

OPCIÓN DE REDUCCIÓN: Posibilidad de reducir la dimensión de la inversión en un negocio. Es un tipo particular de opción de abandono en la que la liquidación del negocio es sólo parcial.

Majd y Pindyck (1987)
Pindyck (1988)
Trigeorgis (1988)

OPCIONES HÍBRIDAS TIPO *CALL-PUT*

OPCIONES OPERATIVAS: Posibilidad de modificar el ritmo operativo de un negocio, bien sea aumentando (*call*), reduciendo (*put*), paralizándolo (*put*) o reiniciando (*call*) las operaciones.

McDonald y Siegel (1985)
Kulatilaka (1988)

OPCIONES DE INTERCAMBIO:

Trigeorgis (1988)
Kulatilaka (1993)

Posibilidad de reemplazar factores, productos o mercados de un negocio, Kulatilaka y Trigeorgis (1994)

Como ocurre con las opciones financieras, los resultados de los derechos de decisión asociados a la inversión empresarial se encuentran supeditados a su ejercicio, el cual depende, a su vez, de la evolución más o menos aleatoria de variables exógenas sobre las que la empresa carece de control. Esta circunstancia hace que el valor de las opciones se derive no tanto de las expectativas como de la posibilidad de ejercitar el derecho (Pindyck, 1988) y que, por tanto, sean más apropiados los métodos de valoración contingente basados en los argumentos de réplica y arbitraje que los fundamentados en el simple descuento de los resultados esperados.

La literatura recoge un amplio abanico de modelos de valoración que van desde la traslación más o menos directa de las fórmulas inicialmente propuestas para el ámbito de los derivados financieros (Brennan y Schwartz, 1985; McDonald y Siegel, 1985 y 1986; Majd y Pindyck, 1987) a métodos numéricos adaptados a la naturaleza contingente de las inversiones empresariales (Cortázar y Schwartz, 1998; Schwartz y Moon, 2001; Schwartz, 2004; Alonso, 2007; Alonso, Azofra y Fuente, 2009 y 2013).

La evidencia empírica acumulada hasta el momento revela que las opciones reales son una importante fuente de valor para la empresa. Esta constatación se ha obtenido por una doble vía. Por un lado, mediante la medición del peso de las opciones reales en el valor de mercado de las empresas y de sus proyectos de inversión y, por otro, mediante la contrastación empírica de las implicaciones de los

modelos teóricos de opciones reales que explican las decisiones empresariales de diversa índole.

Dentro del primer grupo se encuentra una amplia gama de trabajos cuya implementación requiere la resolución del problema metodológico derivado del hecho de que tanto las opciones reales como los factores de los que depende su valor son, por lo general, variables no directamente observables. La estrategia empleada para salvar este problema es la utilización de negocios sobre los que existe información pública disponible. Éste es por ejemplo el caso de las opciones reales asociadas a los contratos de explotación de reservas petrolíferas (Paddock, Siegel y Smith, 1988) o también el de las opciones inherentes a la propiedad de bienes inmuebles (Quigg, 1993). Otros estudios optan por el método del caso como medio de obtención de la información privada relevante para la valoración de las opciones. Son ejemplo de este tipo de estudios Kemna (1993); Kulatilaka (1993); Smit (1997); Azofra, Fuente, Fortuna (2004) o Alonso, Azofra y Fuente (2008), entre otros.

La segunda de las líneas de investigación empírica del enfoque de las opciones reales se diferencia por articular la prueba empírica a través de hipótesis de comportamiento derivadas de los modelos teóricos de valoración. Myers (1996) afirma que incluso aquellos gerentes que nunca han oído hablar de Black y Scholes actúan y deciden como si respondiesen a los preceptos del enfoque de opciones reales, por ejemplo, cuando emprenden una inversión en un proyecto de investigación y desarrollo con VAN negativo o cuando involucran a la firma en nuevos mercados, desconocidos y aparentemente poco rentables, por su valor estratégico. Este potencial explicativo de las opciones reales motiva su aplicación a

un amplio abanico de decisiones estratégicas que carecen de explicación lógica desde otras perspectivas (Bowman y Hurry, 1993; Kogut y Kulatilaka, 1994). Éste es el caso de la estrategia de I+D (Mitchell y Hamilton, 1988; Faulkner, 1996; Herath y Park, 1999; Angelis, 2000; Herath y Bremser, 2005; Oriani y Sobrero, 2008), la entrada en nuevos mercados (Dixit, 1989; Folta y Miller, 2002; Folta y O'Brien, 2004), el abandono de negocios (Berger *et al.*, 1998) o las alianzas estratégicas (Kogut, 1991; Chi y McGuire, 1996; Kumar, 2005; Tong, Reuer y Peng, 2008; Estrada, Fuente y Martín, 2010).

Este tipo de evidencia pone de manifiesto la relevancia de las opciones reales y la necesidad de vincular la estimación del valor de la empresa a su cartera de recursos y capacidades como determinante de la evolución de las estrategias empresariales a los futuros acontecimientos inciertos y cambiantes del entorno. Estas estrategias pueden ser concebidas como cadenas de opciones reales que son sucesivamente adquiridas y ejercidas con el objetivo de potenciar los futuros beneficios bajo el control de las pérdidas posibles y en respuesta a la evolución del contexto de riesgo (Velasco, 2014).⁹

II.1.1 La Estimación del Valor de las Opciones Reales de la Empresa

La concepción de las inversiones y estrategias en términos de opciones reales permite redefinir el valor de la empresa como la suma de los valores de dos tipos de activos de diferente naturaleza: las actuales asignaciones de recursos (en inglés,

⁹ La aplicación de la lógica de opciones reales en el análisis estratégico ha descubierto un fecundo campo de investigación (véanse, por ejemplo, los *surveys* de Reuer y Tong, 2007 y Driouchi y Bennet, 2011).

Assets-in-Place, y en adelante AiP) y las opciones reales (Myers, 1977). Los primeros son la materialización de las asignaciones de recursos de la empresa ya efectuadas y no abandonadas. El valor de este componente procede de los flujos netos de tesorería que se espera que estas asignaciones generen a lo largo del tiempo y coincide con el montante que los métodos tradicionales del descuento de flujos atribuyen a la empresa en su conjunto.

Sin embargo, el precio de los títulos de una empresa refleja no sólo el valor de los flujos esperados de una determinada asignación de recursos, sino que el de los recursos en sí mismos y, por tanto, también el de los flujos de tesorería generados por cualquier otra asignación alternativa que la empresa pudiera efectuar. Los derechos a decidir diferentes asignaciones de los recursos empresariales tienen valor en la medida en la que su ejercicio incida en la corriente de flujos futuros de la empresa y su valoración es el objeto natural del enfoque de opciones reales.

A pesar de la evidencia acumulada sobre la relevancia de las opciones reales en el valor de la empresa y sus inversiones, la estimación de su valor no está exenta de dificultades. Generalmente, la información necesaria para determinarlo no suele ser de dominio público, por lo que su medición suele realizarse por métodos aproximados. Entre las distintas alternativas propuestas en la literatura para determinar el valor de las opciones reales de la empresa, destacan las basadas en su estimación *indirecta* a partir de la aproximación del valor de los AiP. El trabajo de Kester (1984) es pionero en este tipo de aproximaciones.

Kester define el valor de mercado de las acciones atribuible a los AiP de la empresa a partir de la corriente de flujos de tesorería de las acciones que se espera

que generen las inversiones ya realizadas. El valor de esta corriente es aproximado a partir de una renta perpetua de anualidad constante e igual al beneficio neto estimado por el consenso de analistas, que es descontada a tres costes de capital determinados diferentes (15; 20 y 25%). La diferencia entre el valor de mercado de las acciones y esta estimación del valor de los AiP representa la aproximación del valor de las opciones reales. De acuerdo con sus estimaciones para 15 grandes empresas de cinco sectores industriales de Estados Unidos, el valor actual de los flujos esperados por los accionistas de algunas empresas apenas alcanza el 50% de su valor de mercado, siendo esta diferencia aun mayor en las empresas con mayores oportunidades de crecimiento.

A pesar de la simplicidad de la estimación de Kester (1984) y del reducido ámbito de la muestra analizada, su planteamiento constituye un marco de referencia básico en el enfoque de las opciones reales que inspira estimaciones posteriores – como las de Brealey y Myers (1996); Andrés *et al.*(2006); Long, Wald y Zhang (2002); Alessandri, Lander y Bettis (2007), Cao, Simin y Zhao (2008) ó Trigeorgis y Lambertides (2014), entre otros– y sienta las bases para la búsqueda y evaluación de diferentes aproximaciones sustentadas en la relación existente entre variables observables y el valor inobservable de la cartera de opciones reales.

Danbolt, Hirst y Jones (2002) analizan la robustez del modelo de Kester sobre una muestra de 278 firmas británicas para el período 1987-1995. Sus resultados indican que el modelo es sensible a la inclusión de la inflación en la tasa de interés sin riesgo y las estimaciones obtenidas con tasas de interés reales pierden

credibilidad, arrojando dudas sobre su robustez a la incorporación de cambios razonables en los parámetros básicos.

Posteriores trabajos evalúan distintas versiones del modelo de Kester en virtud de su relación con variables teóricamente vinculadas al valor de las opciones reales (Al-Horani, Pope y Stark, 2003; Adam y Goyal, 2008; Alessandri *et al.*, 2007 y Andrés *et al.*, 2005 y 2006). Los resultados de estos estudios indican que, en términos generales, el valor de la firma no explicado por los AiP se encuentra relacionado con diversas variables aproximativas del valor de las opciones reales tal y como predice la teoría de opciones.

La naturaleza no observable de las opciones reales conlleva consecuencias metodológicas importantes para los contrastes empíricos. La elección de *proxies* apropiadas y su adecuada fundamentación se han convertido en piezas clave de la investigación empírica en este campo. La tabla II.1 recoge las medidas más utilizadas en la literatura para aproximar el valor de las opciones reales de la empresa –y, en especial, el valor de las oportunidades de crecimiento–. Las distintas propuestas se clasifican en aproximaciones basadas en precio, en inversión y en la distribución estadística de las rentabilidades.

Las basadas en precio asumen, al igual que el modelo de Kester, que el valor de mercado recoge la suma de los valores de las opciones reales y de los AiP y se diferencian entre sí por la variable empleada en la aproximación de los AiP. Las basadas en la inversión consideran la capacidad especial de algunos activos para generar determinadas opciones reales (como en el caso de los proyectos de investigación y desarrollo) o simplemente el hecho de que la sustitución de opciones

reales por sus subyacentes es un síntoma de la existencia previa de las primeras. Finalmente, las medidas basadas en la distribución de las rentabilidades contemplan el efecto que la presencia y ejercicio de las opciones reales puede ejercer sobre determinadas propiedades estadísticas, como la dispersión o asimetría.

TABLA II.2: Clasificación de las medidas aproximativas de opciones reales

Fundamento	Variables	Evidencia Previa
BASADAS EN PRECIO		
Se sustentan en la idea de que las proyecciones de crecimiento de la firma están incorporadas en los precios de las acciones.	Valor de mercado a valor contable del patrimonio (<i>Market to Book Equity</i> , MBE)	Chung y Charoenwong (1991) Kallapur y Trombley (1999) Kallapur (2001) Andrés <i>et al.</i> (2006) Adam y Goyal (2008)
	Valor de mercado a valor contable del activo (<i>Market to Book Assets</i> , MBA)	Smith y Watts (1992) Adam y Goyal (2008)
	Q de Tobin	Skinner (1993)
	Ratio de Ganancia a Precio (<i>Earnings to Price</i> , EPR)	Kester (1984) Chung y Charoenwong (1991) Smith y Watts (1992)
	Ratio de propiedad, planta y equipo a valor de mercado de la firma	Skinner (1993)
	Ratio de amortización contable a valor de la firma	Smith y Watts (1992)
BASADAS EN INVERSIÓN		
Se apoyan en la idea de que la inversión representa el ejercicio de opciones de crecimiento y el ejercicio presupone su presencia previa	Ratios de gastos de investigación y desarrollo a activos o a ventas o a valor de la firma	Smith y Watts (1992) Gaver y Gaver (1993) Skinner (1993) Andrés <i>et al.</i> (2006)
	Ratio de inversiones de capital (<i>Capital Expenditures</i> , Capex) a valor de la firma	Smith y Watts (1992)
BASADAS EN LA DISTRIBUCION DE LAS RENTABILIDADES		

Se basan en la idea de que la presencia y el sucesivo ejercicio de las opciones reales incrementan la volatilidad y la asimetría de las rentabilidades	Varianza de las rentabilidades Beta de los activos Asimetría de la rentabilidad de las acciones	Smith y Watts (1992) Gaver y Gaver (1993) Skinner (1993) Smit y Vliet (2001) Del Viva, Kasanen y Trigeorgis (2013)
--	---	--

Adam y Goyal (2008) revisan el desempeño de los ratios de “valor de mercado a valor contable de los activos” (*Market to Book Assets*, MBA), “valor de mercado a valor contable de las acciones” (*Market to Book Equity*, MBE) y “ganancia a precio” (*Earnings to Price*, EPR) en la aproximación del valor de las opciones reales. Tomando como referencia el valor obtenido de aplicar el modelo de Brennan y Schwartz (1985) a una muestra de 99 empresas mineras, Adam y Goyal concluyen que la variable que contiene un mayor poder informativo es MBA y, aunque las otras dos medidas se relacionan significativamente con la cartera de opciones reales, no aportan información adicional a la recogida en MBA.

Teniendo en consideración la relación existente entre el crecimiento futuro de la empresa y la cartera de opciones reales, los resultados de Kallapur y Trombley (1999) y Danbolt *et al.* (2011) permiten evaluar el desempeño de diversas *proxies* en la predicción del crecimiento realizado de la empresa. Asumiendo horizontes de crecimiento futuro de cinco (Kallapur y Trombley, 1999) y diez años (Danbolt *et al.*, 2011) sobre las variables de ventas, activos y acciones, las medidas basadas en relaciones de proporcionalidad entre valores de mercado y contables, en el caso de las firmas americanas (Kallapur y Trombley, 1999); y las basadas en dividendos, en el caso de las británicas (Danbolt *et al.*, 2011), son las que parecen predecir el crecimiento futuro de un modo más eficiente.

II.2 Las Opciones Reales y el Riesgo de las Acciones

La influencia de las opciones reales no se limita al valor de mercado. Dado que el riesgo de una cartera debe reflejar el riesgo del conjunto de sus activos, la presencia de las opciones reales ha de tener su manifestación directa en el riesgo de las acciones. Esta relación de influencia es avanzada por Myers y Turnbull (1977), quienes resaltaron la derivación de importantes implicaciones para la selección de los nuevos proyectos de inversión de la empresa y, en particular, para el coste de capital estimado a partir de la beta.

Dado que la beta de una cartera es igual a la media ponderada de las betas de los activos que la componen, con los pesos de ponderación iguales a la proporción que el valor de cada uno de ellos representa en el valor total de la cartera, la beta de las acciones será igual a la media ponderada de las betas de los AiP y las opciones reales. Además, en la medida en que las opciones reales y los AiP de la empresa presenten diferente nivel de riesgo, la beta de las acciones reflejará también las proporciones invertidas en cada una de estas categorías de activos.

Si el riesgo de las oportunidades de crecimiento fuese superior al riesgo de los negocios actuales –del mismo modo que el riesgo de una opción de compra es mayor que el riesgo de su subyacente–, cuanto mayor sea el valor de la empresa atribuible a las posibilidades de futuro, mayor será el riesgo sistemático de sus acciones. De confirmarse esta hipótesis, la estimación del coste de capital apropiado para descontar los flujos de tesorería esperados de los nuevos proyectos de inversión y, por tanto, para determinar cuáles son los que contribuyen en mayor medida a la creación de valor, se vería afectada por la relevancia y naturaleza de las opciones

reales de la empresa. En caso de presencia de opciones de crecimiento, las medidas del coste de capital basadas en el riesgo de las acciones de la empresa podrían llevar a la sobreestimación de la tasa de descuento y, en consecuencia, al rechazo de inversiones rentables.

Chung y Charoenwong (1991), Chung y Kim (1997) y Bernardo, Chowdhry y Goyal, (2007), entre otros, comprueban empíricamente que las oportunidades de crecimiento influyen en el riesgo sistemático de las acciones y ponen de manifiesto la consiguiente necesidad de diseccionar la parte del riesgo procedente de los AiP (beta de los AiP) y el asociado a las oportunidades de crecimiento (beta de las opciones reales).

II.2.1 La Descomposición Lineal de la Beta

A partir de la definición del valor de la empresa como suma del valor de sus AiP y opciones reales y de las propiedades de la beta de una cartera de activos,¹⁰ el riesgo sistemático de la firma puede expresarse como la media ponderada de la beta atribuible a los AiP y la beta de sus opciones reales, donde los factores de ponderación se corresponden con la participación que cada uno de los componentes de valor tiene sobre el valor total de la empresa. Analíticamente:

$$\beta_{U_i} = \beta_{AIP_i} \cdot \frac{V_{AIP_i}}{V_i} + \beta_{OR_i} \cdot \frac{V_{OR_i}}{V_i} \quad (II.1)$$

Donde:

¹⁰ La descomposición lineal de la beta de una cartera se derivan directamente de las propiedades de la covarianza de la suma de variables aleatorias.

V_i = valor del conjunto de activos de la empresa i

β_{U_i} = riesgo sistemático del conjunto de activos de la empresa i

V_{AiP_i} = valor de los AiP de la empresa i

β_{AiP_i} = riesgo sistemático de los AiP de la empresa i

V_{OR_i} = valor de las OR de la empresa i

β_{OR_i} = riesgo sistemático de las OR de la empresa i

Ahora bien, como $\frac{V_{AiP_i}}{V_i} + \frac{V_{OR_i}}{V_i} = 1$, la ecuación (II.1) puede reorganizarse de

la siguiente forma:

$$\beta_{U_i} = \beta_{AiP_i} + (\beta_{OR_i} - \beta_{AiP_i}) \cdot \frac{V_{OR_i}}{V_i} \quad (II.2)$$

La expresión (II.2) pone en relación a la beta de la empresa con i) la diferencia entre el riesgo de las opciones reales y los AiP y ii) el peso del valor de sus opciones reales sobre el valor total de sus activos. En el caso en que el valor de las opciones reales sea cero, la beta de la empresa coincide con la beta de sus AiP:

$$\beta_{U_i} = \beta_{AiP_i} \quad (II.3)$$

En el resto de casos, el sentido de influencia del peso de las opciones reales depende del signo de la diferencia entre la beta de estas opciones y la de sus AiP. Si, como el riesgo sistemático de las opciones reales fuese superior al de sus AiP, el aumento del peso de las opciones reales incrementaría el riesgo sistemático del conjunto de activos (y viceversa).

Para poder plantear la relación de la ecuación (II.2) en términos del riesgo sistemático de las acciones, no de la empresa, basta con recurrir a la conocida relación entre el riesgo sistemático de la empresa y la beta de sus acciones y de su deuda, es decir¹¹:

$$\beta_{U_i} = \beta_{E_i} \cdot \frac{E_i}{V_i} + \beta_{D_i} \cdot \frac{D_i \cdot (1-t)}{V_i} \quad (\text{II.4})$$

donde β_{E_i} y E_i representan, respectivamente, el riesgo sistemático y el valor de las acciones de la empresa i ; β_{D_i} y D_i reflejan, respectivamente, el riesgo sistemático y valor de la deuda de la empresa i ; y t es el tipo impositivo del impuesto sobre la renta societaria.

Suponiendo que el riesgo sistemático de la deuda es cero¹² y sustituyendo en la ecuación (II.4) se tiene:

$$\beta_{E_i} \cdot \frac{E_i}{V_i} = \beta_{AIP_i} \cdot \frac{V_{AIP_i}}{V_i} + \beta_{OR_i} \cdot \frac{V_{OR_i}}{V_i} \quad (\text{II.5})$$

Despejando y considerando que $V_{AIP_i} = E_i + D_i - V_{OR_i}$, llegamos a que:

$$\beta_{E_i} = \beta_{AIP_i} \cdot \frac{E_i + D_i - V_{OR_i}}{E_i} + \beta_{OR_i} \cdot \frac{V_{OR_i}}{E_i} \quad (\text{II.6})$$

¹¹ Véase, por ejemplo, Damodaran (2002).

¹² Éste es un supuesto habitual en la literatura, que adoptamos para simplificar las expresiones, pero que no afecta al sentido de las conclusiones expuestas. Respecto a este punto, agradecemos los comentarios y sugerencias del profesor Fernández Navas en el Simposio de Opciones Reales celebrado en Valladolid en 2010.

Reordenando, tenemos que:

$$\beta_{E_i} = \beta_{AiP_i} \cdot \frac{V_i}{E_i} + (\beta_{OR_i} - \beta_{AiP_i}) \cdot \frac{V_{OR_i}}{E_i} \quad (II.7)$$

De acuerdo con la ecuación (II.2) las opciones reales afectan al riesgo sistemático de la empresa al menos por dos vías diferentes y simultáneas. Primero, por la diferencia entre el riesgo de las opciones reales y el riesgo de los AiP, representado por el término $(\beta_{OR_i} - \beta_{AiP_i})$. Segundo, por la continua modificación en la composición del valor de la empresa, como consecuencia de la generación de nuevas opciones reales o el ejercicio de opciones previas, representado por el término

$$\frac{V_{OR_i}}{E_i}.$$

II.2.1.1 La Diferencia en el Riesgo de las Opciones Reales y de los AiP

$$(\beta_{OR_i} - \beta_{AiP_i})$$

Respecto a la diferencia entre el riesgo de las opciones reales y de los AiP, la literatura financiera defiende mayoritariamente que el riesgo de las opciones reales es mayor que el riesgo de los AiP de la misma manera que el de las opciones financieras supera el de sus subyacentes. Resulta fácil demostrar que la volatilidad de una opción es superior a la del subyacente¹³, de donde suele desprenderse que también el riesgo ‘sistemático’ de una opción supera al correspondiente del activo del que depende su valor.

¹³ A esta relación se la conoce como el ‘efecto apalancamiento’ de las opciones.

Llegados a este punto, la cuestión clave es la relación entre el riesgo de los AiP de la empresa y de los subyacentes de sus opciones reales. Admitiendo un riesgo sistemático similar de ambos tipos de AiP, cabe colegir que el riesgo sistemático de las opciones reales de la empresa es mayor que el de sus AiP, $\beta_{OR_i} > \beta_{AiP_i}$, y, por tanto, según (II.7):

$$\beta_{E_i} > \beta_{AiP_i} \quad (II.8)$$

De aquí que según este razonamiento, para que la relación sea creciente basta con que las opciones reales se encuentren definidas sobre negocios futuros de beta similar o superior a la de sus actuales negocios o AiP. En el caso de opciones reales de tipo *PUT*, su ejercicio implica el abandono o reducción de un activo subyacente invertido y, por tanto, forma parte de los AiP de la empresa. En el caso de las opciones reales de tipo *CALL*, su ejercicio implica la inversión en negocios nuevos (distintos) de sus AiP. Dos son las razones por las que los subyacentes ('futuros-nuevos' negocios) pueden presentar mayor riesgo.

Primero, por ser 'futuros', dado que el incremento del riesgo del subyacente es precisamente una de las razones por las que una opción de compra aumenta el valor de aplazar su ejercicio. Ese mayor riesgo puede ser el motivo principal por el que la empresa mantenga el aplazamiento del ejercicio de la opción de crecimiento y no convierta el negocio futuro en negocio actual. Y segundo, por ser 'nuevos', lo que implica que la empresa posea menor conocimiento y experiencia que con respecto a los actuales AiP. En la medida en que el aprendizaje pueda servir para reducir la

incertidumbre, la falta de conocimientos respecto de ciertos negocios puede implicar un mayor riesgo que los actuales.¹⁴

Este razonamiento lleva a plantear, por tanto, que la beta de las opciones reales de una firma es mayor que la beta de sus AiP y que el riesgo sistemático de las acciones depende positivamente del valor de las opciones reales. Siguiendo a Galai y Masulis (1976), Chung y Charoenwong (1991) demuestran que la beta de las opciones de crecimiento de la empresa es mayor que la beta de los AiP, aportando evidencia de que las empresas con mayor potencial de crecimiento son las que presentan mayores valores en la beta de sus acciones. Chung y Kim (1997); Berk *et al.* (1999), Anderson y García Feijoo (2006), Hirst, Danbolt y Jones (2008) y Gârleanu , Panageas y Yu (2012) respaldan el argumento de que las opciones reales cuentan con un mayor nivel de riesgo que los AiP.

Adicionalmente, la evidencia aportada en trabajos como los de Jacquier, Titman y Yalcin (2001), Jagannathan y Wang (1996) y García y Herrero (2001) revela que cuanto mayor es la proporción del valor de mercado de la empresa atribuible a sus opciones reales, mayor es también el riesgo de sus acciones. De manera similar, Bernardo *et al.* (2007) y Andrés, Fuente y Fortuny-Ayuso (2010), proporcionan evidencia de que la beta de las acciones es mayor que la de los AiP en aquellos sectores industriales con mayores opciones reales.

A modo de corolario de este razonamiento, planteamos las dos primeras hipótesis a contrastar:

¹⁴ Adicionalmente, la experiencia en los negocios actuales puede animar a los directivos a tomar más riesgos (en negocios futuros).

H1: *El peso de las opciones reales en el conjunto de activos de la empresa influye positivamente sobre el riesgo sistemático de las acciones.*

H2: *El riesgo sistemático atribuible a las opciones reales de la firma es mayor que aquél atribuible a las inversiones ya ejecutadas, AiP.*

II.2.1.2 La Modificación en la Composición del Valor de la Firma ($\frac{V_{OR_i}}{E_i}$)

La segunda de las fuentes de influencia de las opciones reales en el riesgo sistemático de las acciones es la relativa a las modificaciones en la composición del valor de la empresa, como consecuencia de la generación de nuevas opciones reales o del ejercicio de las opciones actuales (Berk *et al.*, 1999). Si el riesgo de las opciones reales y los AiP es diferente, el ejercicio de una opción, ya sea de crecimiento o de abandono, implica cambios en el riesgo de las acciones. Esto se verifica incluso suponiendo que los riesgos de las opciones reales y los AiP permanecen constantes.

En el caso de que el riesgo sistemático de las opciones reales fuese superior al de los AiP, la sustitución de un activo de mayor riesgo (la opción) por otro de menor riesgo conllevará el aumento del riesgo sistemático de las acciones. De igual modo, la inversión en la creación de una opción real implica el reemplazo de un activo de menor riesgo (el desembolso) por otro de mayor riesgo (la opción). Comoquiera que la distribución de los valores de opciones reales y AiP están sujetos a modificación continua, la beta de las acciones ha de reflejar las correspondientes alteraciones del riesgo de la cartera de proyectos.

Myers y Turnbull (1977); Chung y Charoenwong (1991), Berk *et al.*(1999) y Jacquier *et al.* (2001) encuentran en la influencia de las opciones reales sobre el riesgo sistemático de las acciones de la empresa y el efecto que su ejercicio –y secuencial conversión en activos en funcionamiento– uno de los desencadenantes de la inestabilidad de la beta; mientras Grullón *et al.* (2012) proporcionan evidencia de que el CAPM explica mejor las rentabilidades de firmas con menores opciones reales. En este mismo sentido, Jagannathan y Wang (1996) y Da, Guo y Jagannathan (2012) encuentran en la diferente sensibilidad de los componentes de valor ante cambios en las variables de las que dependen, una de las razones de la falta de poder explicativo de la beta no condicionada.

Long *et al.* (2002) y Bulan (2005) muestran que un mayor nivel de riesgo desalienta las inversiones y la consiguiente acumulación de opciones, lo cual provoca una relación negativa entre la inversión y el riesgo de las acciones. Anderson y García-Feijóo (2006); Lyandres, Sun y Zhang (2007); Cooper, Gulen y Schill (2008) y Gray y Johnson (2011) aportan evidencia de la relación negativa existente entre la rentabilidad de las acciones y el proceso de sustitución de opciones reales por AiP. En esta misma línea, la modelización de la relación dinámica entre rentabilidad y riesgo lleva a Berk *et al.* (1999) y Carlson *et al.* (2004) a interpretar la influencia de los factores tamaño y la relación valor contable a valor de mercado en los cambios inobservables en los AiP y las opciones reales.

La transformación de las opciones reales en AiP va a depender, entre otros factores, de la evolución del valor y del riesgo del subyacente. En el caso de opciones de crecimiento, el incremento (disminución) del valor del subyacente aumenta

(reduce) la probabilidad del ejercicio y consecuente disminución (aumento) del peso de las opciones en el conjunto. Para las opciones de abandono, la relación es la contraria: la disminución (incremento) del valor del subyacente aumenta (reduce) la probabilidad del ejercicio y consecuente aumento (disminución) del peso de las opciones en el conjunto.

En ambos casos, el incremento del riesgo subyacente aumenta el valor de las opciones y posterga el momento óptimo de ejercicio (Brennan y Schwartz, 1985; McDonald y Siegel 1986 y Pindyck, 1988). En consecuencia, tanto la volatilidad como evolución de las variables subyacentes –muchas de ellas vinculadas a variables de tipo macroeconómico– influyen en los cambios en los componentes de valor de la firma, pues determinan cuándo transformar opciones reales en AiP. Esta influencia y la consiguiente inestabilidad de la beta serán mayores, cuando mayor sea la relevancia de las opciones reales.

La posible influencia de las opciones en el riesgo sistemático de las acciones como consecuencia de la modificación esperada del *mix* de activos queda recogida en la siguiente hipótesis:

H3: Cuanto mayor es el peso de las opciones reales en el conjunto de activos de la empresa, menor es el poder explicativo de la beta.

II.3 Las Opciones Reales y la Rentabilidad Realizada de las Acciones

Los argumentos teóricos y la evidencia acumulada sobre la influencia de las opciones reales en el riesgo sistemático de las acciones aportan una posible razón del insuficiente poder explicativo de la beta. Si las opciones reales incrementan el riesgo

sistemático de las acciones, cuanto mayor sea su relevancia en el conjunto de activos de la empresa, mayor será la rentabilidad *requerida* a sus acciones (Berk *et al.*, 1999 y Carlson *et al.*, 2004). Por tanto, los accionistas de las empresas con más (menos) opciones reales requerirán una mayor (menor) rentabilidad esperada, que además será cambiante en el tiempo: cuando las opciones reales aún no se han ejercido, las rentabilidades *requeridas* serán altas, mientras que cuando dichas opciones sean reemplazadas por AiP, tanto el riesgo sistemático como las rentabilidades *requeridas* disminuirán.

Pero esta misma influencia y el proceso de transformación de opciones reales en AiP pueden provocar que la beta *estimada* no recoja convenientemente el riesgo (aportado por las opciones) determinante de la rentabilidad requerida, bien porque las opciones reales actuales sean diferentes de las determinantes de las rentabilidades pasadas, bien porque las opciones futuras sean diferentes de las actuales. De hecho, la mayor volatilidad de las opciones y los cambios constantes en el *mix* de opciones y AiP tienen como principal consecuencia la inestabilidad continua de la beta y su consiguiente pérdida de poder explicativo, planteada en la hipótesis 3.

La influencia de las opciones reales no sólo afecta al riesgo (y consiguiente rentabilidad *requerida*), sino también a la rentabilidad *realizada*¹⁵. Grullón *et al.* (2012) encuentran evidencia de que las rentabilidades *realizadas* están positivamente relacionadas con las opciones reales. La lógica de su hipótesis está basada en la bien

¹⁵ Fernández (2015) sugiere que la rentabilidad realizada se asocia con la rentabilidad histórica de la bolsa y que la rentabilidad requerida es la que un inversor exige al mercado bursátil (a una cartera diversificada).

conocida relación positiva entre el valor de las opciones y la volatilidad subyacente. Dado que las opciones solo se ejercen cuando se deriva un beneficio y se aplazan o vencen sin ejercicio en caso contrario, la mayor volatilidad del subyacente tiene como efecto el incremento de las posibilidades de ganancia, sin modificar las pérdidas potenciales, que se mantendrán en las derivadas de la expiración sin ejercicio (Dixit y Pindyck, 1995; Trigeorgis, 1988; Herath y Park, 1999).

En consecuencia, el aumento del riesgo de los procesos subyacentes provocará el incremento del valor de las opciones reales y el efecto será más acusado cuanto mayor sea el peso de las opciones en el conjunto de activos de la empresa. Este incremento del valor se traduce en un mayor precio de las acciones y, por tanto, en una mayor rentabilidad realizada. Grullón *et al.* (2012) encuentran en el respaldo empírico a su hipótesis una posible justificación del fallo empírico de la beta. La parte de la rentabilidad *realizada* que no es explicada por la beta, ni por los factores de tamaño y BME, es mayor (menor) en las empresas e industrias con mayores (menores) opciones reales y depende del proceso de transformación de opciones en AiP. La evidencia analizada indica que la sensibilidad de las acciones a los cambios en el riesgo subyacente se reduce como consecuencia del proceso inversor que implica la sustitución de opciones por AiP, para posteriormente volver a aumentar de resultas del proceso de acumulación de nuevas opciones (Cooper *et al.*, 2008; Gray y Johnson, 2011, Grullón *et al.* 2012).

No obstante, el efecto más claro de las opciones reales es el provocado directamente sobre las rentabilidades *realizadas* de las acciones. De hecho, la principal característica de las opciones reales es que permiten a los directivos

incrementar las ganancias y reducir las pérdidas en respuesta a la evolución incierta de los acontecimientos (Kulatilaka y Marcus, 1992; Trigeorgis y Mason, 1987; Baldwin, 1991, Kasanen y Trigeorgis, 1991). Esta utilidad de las opciones reales se materializa en mayores ganancias en los entornos favorables y en pérdidas acotadas en los contextos desfavorables. En el conjunto de escenarios, el mayor peso de las opciones reales implicará mayores rentabilidades *realizadas*.

La mayor o menor relevancia de las opciones reales no tiene que implicar un mayor valor de la empresa, pues es simplemente el resultado de la distribución de los pesos entre tipos de activos. Tampoco la modificación de los pesos por ejercicio de las opciones implicará cambios en el valor de la empresa, supuesta la correcta valoración de las opciones y sus subyacentes y la adopción de políticas óptimas de ejercicio. Aun así, el ejercicio de las opciones reales contribuirá a incrementar la rentabilidad realizada con respecto a la obtenida en ausencia de esta flexibilidad y el incremento será mayor cuanto más relevante sea la presencia de opciones.

Esta relación es independiente del mayor o menor riesgo de las opciones reales respecto a los AiP. De hecho, la flexibilidad que aportan las opciones reales será utilizada por la empresa para actuar sobre la propia beta de las acciones de la empresa, incrementándola en escenarios alcistas y reduciéndola, o incluso haciéndola negativa, en escenarios bajistas. Las betas de firmas con más opciones reales serían más cambiantes y menos estables, condicionadas a las características de los entornos económico y bursátil en que se desenvuelve la empresa. Este supuesto comportamiento restaría capacidad a beta como factor explicativo de la rentabilidad de las acciones, en beneficio de las opciones reales, cuya presencia ayudaría a

gestionar más eficientemente la sensibilidad de la rentabilidad ante cambios en el mercado. Esta gestión activa de la beta aportada por las opciones reales contribuirá a incrementar la rentabilidad realizada de las acciones y también a explicar los problemas de inestabilidad y falta de poder explicativo del coeficiente beta.

La conclusión de este razonamiento puede formularse en la cuarta de las hipótesis a contrastar:

H4: El peso de las opciones reales en el conjunto de activos de la empresa influye positivamente sobre la rentabilidad realizada de las acciones.

II.4 Discusión Crítica de las Hipótesis a Contrastar

La doble influencia de las opciones reales en el riesgo sistemático (rentabilidad *requerida*) y en la rentabilidad *realizada* puede ser una de las causas del fallo empírico de modelos de valoración conceptualmente solventes, como el CAPM, y explicar la influencia de regularidades empíricas, hasta ahora carentes de una fundamentación sólida. Tal y como se ha argumentado, estos dos efectos de las opciones reales serán cuando menos fuente de errores en la estimación de la beta, causa de la inestabilidad de los valores de este coeficiente y puede que incluso aporten una explicación lógica que ayude a completar los modelos.

Sin embargo, el alcance y el sentido de esta influencia no están exentos de polémica. Con relación a la diferencia de riesgo entre opciones y AiP, Ai y Kiku (2013) defienden la relación opuesta a la formulada en nuestra hipótesis 2, es decir, que las opciones reales son menos riesgosas que los AiP. Su conclusión se deduce en un modelo de equilibrio que se sustenta en la probabilidad de que las condiciones

macroeconómicas futuras se inviertan y en la existencia de restricciones en los recursos físicos necesarios para ejercer opciones reales. En este contexto, el comportamiento endógeno y pro -cíclico de las opciones reales actúa como un mecanismo de protección frente los riesgos de los AiP, haciendo que las opciones reales sean menos riesgosas que sus subyacentes.

Si las condiciones macroeconómicas son favorables, es altamente probable que en el futuro cambien negativamente, lo que provoca que la decisión de postergar el ejercicio de las opciones sea menos atractiva. Así, las firmas acelerarán el ejercicio de las opciones de crecimiento en tiempos favorables provocando el aumento del precio de los bienes de capital (precio de ejercicio de las opciones). En condiciones de mercado desfavorables, los AiP generarán menores rentabilidades motivando el aplazamiento del ejercicio de las opciones de crecimiento. De ahí que la conclusión sea que los valores de las opciones son menos sensibles que los AiP a los cambios en las condiciones macroeconómicas.

De modo similar, Trigeorgis y Lambertides (2014) argumentan que las opciones reales pueden reducir la beta de las acciones, contrariamente a lo planteado en nuestra hipótesis 1. El razonamiento parte de la propia noción de la inversión como una cadena de sucesivos ejercicios de opciones híbridas (*call* y *put*). El ejercicio de una opción de crecimiento puede conllevar la opción de una nueva opción de inversión de riesgo superior (opciones compuestas) o la obtención de opciones de abandono de valores negativamente correlacionados con los AiP de la empresa. Es decir, aunque el riesgo de una opción sea superior a la de su subyacente, una cartera de opciones y AiP puede presentar menor riesgo sistemático que una

cartera compuesta íntegramente por AiP. Todo depende del tipo de opciones reales de que se trate y de su relación con el resto de AiP y con la evolución del mercado. La hipótesis que proponen es que los inversores requerirán una menor rentabilidad a las acciones con mayor peso relativo de opciones a cambio de obtener una mayor asimetría positiva en el perfil de riesgo-retorno. En todo caso, el argumento de Trigeorgis y Lambertides siembra dudas razonables respecto a la relación directa entre el peso de las opciones reales y el riesgo sistemático de las acciones.

Adicionalmente, Trigeorgis y Lambertides (2014) extienden su razonamiento a la influencia de las opciones reales en las rentabilidades realizadas (hipótesis 4). En este caso, se plantea que la flexibilidad aportada por las opciones reales no sólo reduce la rentabilidad requerida (como consecuencia del supuesto menor riesgo sistemático), sino que además disminuye la rentabilidad realizada. Este efecto se produce como consecuencia de que los inversores valorarán positivamente la flexibilidad aportada por las opciones, haciendo que el precio de las acciones aumente y la rentabilidad realizada se reduzca.

La diferencia entre el razonamiento de Trigeorgis y Lambertides y el que sustenta la hipótesis 4 de este trabajo estriba en la propia definición de rentabilidad realizada y en si el efecto de la flexibilidad aportada por las opciones se produce sobre el precio calculado al inicio o al final del período de observación. De acuerdo con Trigeorgis y Lambertides, el efecto de la flexibilidad es anticipado por los inversores e incorporado en el precio inicial, en forma de incremento del precio inicial (para un precio final dado) y consiguiente reducción de la rentabilidad del período. Según nuestro planteamiento, la rentabilidad realizada mide el efecto sobre

el precio final del período de observación, que es el que incorpora el efecto de la flexibilidad derivada de la gestión óptima de las opciones. Mayor flexibilidad implica mejores resultados en el periodo y, por tanto, un mayor precio final (para un precio inicial dado) y mayor rentabilidad realizada. Este mismo planteamiento es el asumido, por ejemplo, en Grullón *et al.* (2012).¹⁶

¹⁶ Grullón *et al.* (2012) consideran que la influencia positiva de los cambios contemporáneos en la volatilidad subyacente sobre el valor de las opciones reales, incrementa el precio de la acción al *final* del período de cálculo de la rentabilidad realizada.

CAPÍTULO III

MUESTRA, MODELOS Y VARIABLES

La contrastación de las hipótesis planteadas sobre la influencia de las opciones reales en el riesgo y la rentabilidad de las acciones no es en absoluto trivial. A los problemas tradicionales de estimación de las betas, se añade la dificultad de medición de las proporciones del valor de la empresa atribuibles a los AiP y a las opciones reales y, en su caso, la correspondiente descomposición de la beta. La inobservabilidad de las variables es no obstante un problema generalizado en la mayoría de las teorías de la economía de la empresa que manejamos, que suele resolverse con aproximaciones más o menos acertadas, junto con advertencias sobre las cautelas a tomar en la interpretación de los resultados.

En este capítulo, se explican las medidas propuestas para aproximar el peso de las opciones reales en el conjunto de activos de la empresa y la descomposición de la beta de las acciones en la parte atribuible a los AiP y las opciones reales. Estas variables forman parte de los modelos con los que contrastamos las hipótesis 1 y 2 planteadas en el capítulo anterior y evaluamos la robustez de las estimaciones. Se explican, además, aquellas medidas que permiten comparar el poder explicativo de la beta de las acciones con otros factores de riesgo, del tipo BME y tamaño, así como con *proxies* de las opciones reales, relacionadas con las hipótesis 3 y 4.

La contrastación de los modelos se realiza sobre una muestra de empresas del Reino Unido, que cotizan en la bolsa de Londres (*London Stock Exchange*) en el período 2001 a 2012. La evidencia ofrecida por este mercado ha sido sometida a un menor escrutinio que la correspondiente del mercado estadounidense, especialmente con relación al análisis de los efectos de las opciones reales de sus empresas. La literatura previa revela la falta de poder predictivo de la beta y la influencia de otros factores de riesgo en las rentabilidades de las empresas británicas, cuya explicación puede estar relacionada con la influencia de las opciones reales.

El resto del capítulo se estructura del siguiente modo. En la primera parte proporcionamos una descripción de la muestra para, posteriormente, referirnos a la explicación de los modelos que se estiman en el contraste empírico. Finalizamos el capítulo con una explicación de los datos y variables necesarios para el análisis.

III.1 Muestra y Período de Análisis

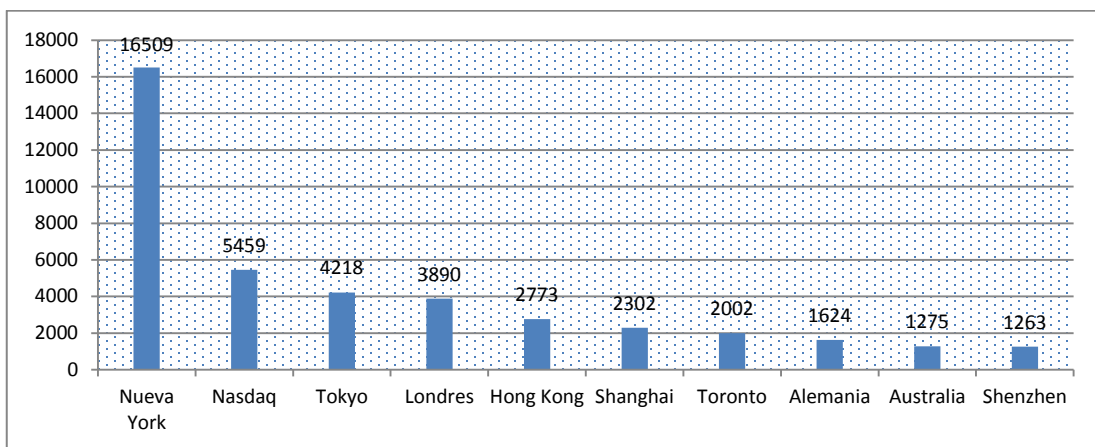
La estimación de los modelos propuestos se realiza a partir de una muestra de empresas cotizadas en el mercado de la bolsa de Londres en el período de enero de 2001 a diciembre de 2012.

El análisis de la evidencia empírica proporcionada por estas empresas tiene interés por su importancia dentro del conjunto de los mercados internacionales, reflejado en la relevancia de su capitalización en el mercado mundial y por su relativamente escaso protagonismo en el conjunto de revistas internacionales, especialmente en comparación con las empresas de Estados Unidos. Aunque con características institucionales propias, su semejanza con el mercado estadounidense

convierte al británico en un complemento idóneo para la realización de pruebas adicionales y el análisis de robustez de resultados previos.

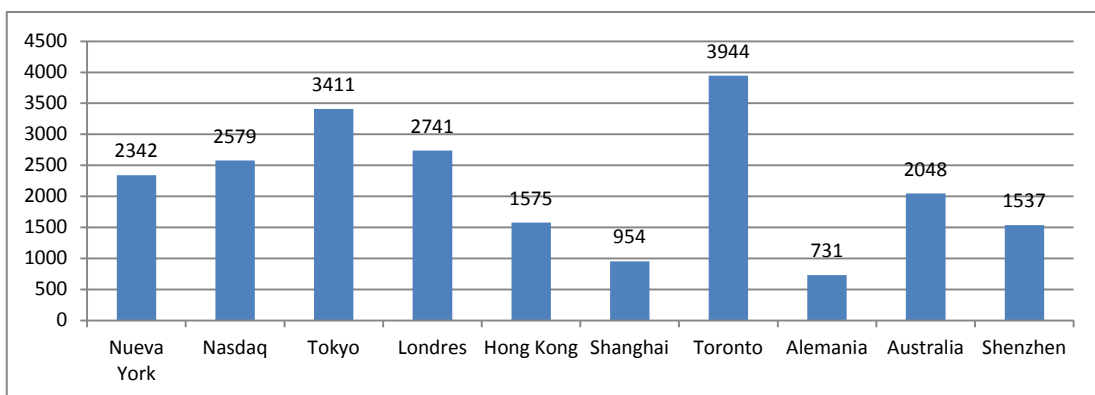
Los gráficos 1 y 2 ilustran el peso de la bolsa de valores de Londres con relación a las diez plazas principales en términos del valor de capitalización y número de empresas cotizadas, respectivamente. A julio de 2013, la bolsa de Londres negociaba 2.741 empresas con un valor de capitalización de 3.890 billones de dólares, según el informe anual de la *World Federation of Exchanges* (2013).

GRÁFICO III.1: Capitalización bursátil a julio de 2013 en las diez principales bolsas de valores (en billones de dólares)



Fuente: *World Federation of Exchange* (2013)

Gráfico III. 2: Número de empresas cotizadas a julio de 2013



Fuente: *World Federation of Exchanges* (2013)

La muestra de análisis de la que partimos está compuesta por 2.289 firmas de las que ofrece información el paquete de bases de datos *ThomsonOne* de *Thomson-Reuters*. De este conjunto, se excluyen aquellas empresas que no presentaban todos los datos requeridos para estimar las variables del estudio y las pertenecientes a los sectores financieros y de *utilities* (códigos SIC 4900 a 4999 y 6000 a 6999, respectivamente). La serie temporal contempla 144 períodos mensuales. En el caso de los modelos que implican regresiones con datos anuales, la muestra de análisis está formada por 355 firmas –4.260 observaciones– y en el caso de las regresiones mensuales, la muestra incluye un mínimo de 413 firmas en febrero de 2002 y un máximo de 1.253 en los meses del segundo semestre de 2007. La tabla III.1 recoge la distribución sectorial de las empresas y observaciones que componen la muestra final de análisis para el caso de las regresiones de series temporales con datos anuales. El anexo I describe la correspondencia entre los códigos SIC y estos diez grupos sectoriales.

La información necesaria para el contraste de hipótesis se obtiene de las bases *ThomsonOne*, en concreto de los módulos de *Datastream* y *Worldscope*, y de *Eikon Reuters*. Para la realización del contraste empírico de las hipótesis planteadas se requieren datos de mercado que permitan medir, entre otras variables, la rentabilidad y la beta de las acciones de la firma. Los precios diarios de las acciones son obtenidos de *Datastream* en *ThomsonOne*. Las rentabilidades diarias del índice *FTSE-All Share* y del bono británico de largo plazo provienen de la base *Eikon Reuters*. Los datos anuales del balance y la cuenta de pérdidas y ganancias son extraídos de *Worldscope* en *ThomsonOne*.

Tabla III.1: Número de firmas y observaciones de la muestra de análisis por sector de actividad

Esta tabla presenta la distribución del número de empresas y observaciones de la muestra final de análisis en el período comprendido entre el año 2001 y el año 2012, clasificadas por sector de actividad, para el caso de la serie temporal compuesta por datos anuales

	Sector industrial	No. de firmas	No. de observac.
1	Alimentos	17	204
2	Construcción	40	480
3	Químicos	21	252
4	Maquinarias	26	312
5	Recursos Naturales	26	312
6	Tecnología	34	408
7	Transporte	22	264
8	Comercio	44	528
9	Servicios	99	1188
10	Otros	26	312
	Total	355	4.260

III.2 Modelos a Estimar

III.2.1 Las Opciones Reales y el Riesgo Sistemático (Hipótesis 1 y 2)

Para comprobar la influencia de las opciones reales sobre el riesgo sistemático de las acciones (hipótesis 1) y el mayor riesgo de las opciones reales frente al de los AiP (hipótesis 2), partimos de la ecuación (II.7) deducida en el capítulo anterior a partir de la descomposición lineal de la beta de la cartera de activos (AiP y opciones reales) y de la cartera de títulos (acciones y deuda), es decir:

$$\beta_{E_i} = \beta_{AiP_i} \cdot \frac{V_i}{E_i} + (\beta_{OR_i} - \beta_{AiP_i}) \cdot \frac{V_{OR_i}}{E_i} \quad (\text{III.1})$$

en donde β_{E_i} , β_{AiP_i} y β_{OR_i} representan las betas de las acciones, de los AiP y de las opciones reales de la empresa i , respectivamente; mientras que V_i , E_i y V_{OR_i} miden

los valores del conjunto de activos, de las acciones y de las opciones reales, respectivamente, de la empresa i .

Si el riesgo de las opciones reales y de los AiP fuese independiente de la proporción de recursos destinados por la empresa a cada tipo de activos, entonces la relación funcional de la beta de las acciones, definida en la ecuación (III.1), sería lineal y creciente en el peso de las opciones reales. Abundando en esta idea, y siguiendo a Bernardo *et al.* (2007) y Andrés *et al.* (2010), asumimos que es posible clasificar a las empresas en clases de riesgo de sus AiP y opciones reales. Cada clase de riesgo queda definida por el conjunto de las empresas que presentan entre sí el mismo nivel de riesgo, tanto de sus AiP como de sus opciones reales, y distinto nivel respecto al resto de empresas.

Este supuesto implica considerar que β_{AiP_i} y β_{OR_i} son variables exógenas a la firma y que, por tanto, el riesgo sistemático de los negocios en los que actualmente participa y el de los derechos sobre los futuros negocios en los que puede llegar a participar no dependen de las decisiones de la empresa. Lógicamente, este supuesto no requiere que la beta de las acciones sea exógena, pues depende de las decisiones de la empresa con respecto a i) las clases de riesgo en las que participar y ii) la distribución de su inversión entre AiP y opciones reales. El supuesto de la existencia de clases de riesgo de los negocios no exige que las empresas participen en la misma proporción o mantengan la misma exposición al riesgo, sino al contrario, que los riesgos sean independientes de la empresa que los asume.

Estas clases de riesgo suponen una clasificación del espectro de empresas similar al asumido por Modigliani y Miller (1958) para los activos de la empresa.

Aunque Modigliani y Miller no distinguen en sus clases de riesgo (rendimiento) entre AiP y opciones reales, esta separación en componentes de riesgo no hace más restrictivo al supuesto. De hecho, añade la posibilidad de que dos empresas inviertan en AiP y opciones reales con iguales niveles de riesgo y el riesgo conjunto de su activo sea diferente, como consecuencia de sus distintos *mix* de opciones y AiP. Por otro lado, la vinculación entre el riesgo de los AiP y las opciones reales es coherente con la idea de que las opciones de inversión y abandono de cada empresa son generadas por sus inversiones actuales, o, lo que es lo mismo, que dos empresas que invierten en idénticos AiP han de tener las mismas opciones de crecimiento y abandono.

Bajo este supuesto, la agrupación de las empresas en los m subconjuntos definidos por los correspondientes niveles de riesgo de los AiP y opciones reales, permite transformar la ecuación (III.1) en la siguiente:

$$\beta_{E_i,k} = \beta_{AiP_k} \cdot \frac{V_i}{E_i} + (\beta_{OR_k} - \beta_{AiP_k}) \cdot \frac{V_{OR_i}}{E_i} \quad (III.2)$$

donde β_{AiP_k} y β_{OR_k} representan, respectivamente, las betas de los AiP y las opciones reales de cualquier empresa i perteneciente a la clase de riesgo k y, por tanto, puede reescribirse en el modelo siguiente:

$$\beta_{E_i,k} = a_k \cdot \frac{V_i}{E_i} + b_k \cdot \frac{V_{OR_i}}{E_i} \quad [M1]$$

donde a_k y b_k son constantes dentro de la clase de riesgo k .

El modelo [M1] permite la estimación de las betas de los AiP y de las opciones reales de la clase de riesgo k a partir de una muestra de empresas pertenecientes a ella. Adicionalmente, la estimación del coeficiente b_k ofrece la posibilidad de la contrastación simultánea de las hipótesis 1 (influencia positiva de las opciones en la beta de las acciones) y 2 (la beta de las opciones reales es superior a la beta de los AiP) mediante un simple *test* de significación estadística. Si b_k es positivo y estadísticamente significativo en las distintas clases de riesgo, concluiríamos que la evidencia no permite rechazar las hipótesis 1 y 2. En caso contrario, si b_k fuese cero o negativo y estadísticamente significativo, obtendríamos una prueba contraria a estas hipótesis.

Este planteamiento presenta dos limitaciones importantes. Primero, implica la contrastación conjunta del supuesto de clases de riesgo y de las hipótesis 1 y 2. Y segundo, exige aproximar el valor de las opciones reales de la empresa. Estas limitaciones, aunque habituales en este tipo de análisis, exigen adoptar cautelas adicionales en la interpretación de los resultados.

Para hacer operativo el contraste del modelo con las empresas de la muestra, se incorporan m variables *dummies* representativas de las clases de riesgo (D_k , con $k=1..m$) interactuando con cada una de las variables explicativas de acuerdo con el siguiente modelo:¹⁷

¹⁷ Para evitar la combinación lineal perfecta de los vectores de regresores no se incluye en el modelo las variables independientes sin interacción de las variables ficticias. En lugar de incluir las m *dummies* es habitual en la literatura incluir las variables interaccionadas sin las *dummies* y excluir el m -ésimo. Este procedimiento presenta la ventaja de que los coeficientes miden directamente si existen

$$\beta_{E_i} = a_1 \cdot D_1 \cdot \frac{V_i}{E_i} + a_2 \cdot D_2 \cdot \frac{V_i}{E_i} + \dots + a_m \cdot D_m \cdot \frac{V_i}{E_i} + b_1 \cdot D_1 \cdot \frac{V_{OR_i}}{E_i} + b_2 \cdot D_2 \cdot \frac{V_{OR_i}}{E_i} + \dots + b_m \cdot D_m \cdot \frac{V_{OR_i}}{E_i} + \varepsilon_i \quad [M1.1]$$

de modo que el valor de a_k representa la beta los AiP de las empresas pertenecientes a la clase de riesgo k , β_{AiP_k} , y el valor de b_k refleja la diferencia entre las betas de las opciones reales y los AiP de las empresas de la clase de riesgo k , $(\beta_{OR_k} - \beta_{AiP_k})$.

Para contrastar las hipótesis 1 y 2, estimamos el modelo [M1.1] mediante regresiones robustas a series temporales¹⁸. La significación estadística de los coeficientes b_k , para $k = 1, 2, \dots, m$, permite contrastar la influencia de las opciones reales en la beta de las acciones de las empresas pertenecientes a la clase de riesgo k . En caso de ser diferentes de cero, el signo de estos coeficientes permite contrastar tanto el sentido de la influencia, supuestamente positiva, como la diferencia entre las betas de las opciones reales y los AiP. Adicionalmente, la comparación de los coeficientes puede formularse en términos de igualdad estadística, mediante la

diferencias (sólo) con el grupo excluido (el m -ésimo) y la desventaja de tener que sumar los coeficientes y realizar *test* de restricciones lineales adicionales para comprobar la influencia de las variables independientes del modelo.

¹⁸ Una regresión robusta es un tipo de estimación que permite solventar algunas limitaciones derivadas del incumplimiento de los supuestos del modelo MCO sobre la autocorrelación y heteroscedasticidad (Kean, 2004).

estimación de *tests* de restricciones lineales, como prueba de la adecuación de la formación de las clases de riesgo.¹⁹

Precisamente para comprobar el efecto del supuesto de clases de riesgo sobre cada una de las variables independientes, estimamos las dos versiones del modelo siguiente:

$$\beta_{E_i} = a_1 \cdot D_1 \cdot \frac{V_i}{E_i} + a_2 \cdot D_2 \cdot \frac{V_i}{E_i} + \dots + a_m \cdot D_m \cdot \frac{V_i}{E_i} + b_0 \cdot \frac{V_{OR_i}}{E_i} + \varepsilon_i \quad [\text{M1.2}]$$

$$\beta_{E_i} = a_0 \cdot \frac{V_i}{E_i} + b_1 \cdot D_1 \cdot \frac{V_{OR_i}}{E_i} + b_2 \cdot D_2 \cdot \frac{V_{OR_i}}{E_i} + \dots + b_m \cdot D_m \cdot \frac{V_{OR_i}}{E_i} + \varepsilon_i \quad [\text{M1.3}]$$

donde el modelo [M1.2] plantea la existencia de diferencias únicamente en las betas de los AiP de las *m* clases de riesgo mientras que el modelo [M1.3] coteja los diferenciales entre la beta de las opciones reales y la beta de los AiP.

Por último, las hipótesis 1 y 2 se contrastan para el supuesto particular de existencia de una única clase de riesgo mediante la estimación de la siguiente ecuación:

$$\beta_{E_i} = a_0 \frac{V_i}{E_i} + b_0 \frac{V_{OR_i}}{E_i} + \varepsilon_i \quad [\text{M1.4}]$$

¹⁹ En este caso, utilizamos el *test* de Wald para contrastar las hipótesis lineales del tipo $\beta_1=\beta_2$, o $\beta_1-\beta_2=0$, para evaluar si, tal como se exige, las clases de riesgo presentan características generales distintas entre sí.

III.2.2 Las Opciones Reales y el Poder Explicativo de la Beta (Hipótesis 3)

Con el fin de evaluar la influencia de las opciones reales en la relación entre la rentabilidad y la beta de las acciones, se propone la segmentación de la muestra según la relevancia de las opciones reales en el conjunto de activos de la empresa y la estimación en cada uno de estos subgrupos de la ecuación planteada por Grullón *et al.* (2012) para explicar el exceso de rentabilidad mensual de las acciones de la empresa *i*:

$$R_{i,\tau} - R_{f,\tau} = \alpha + \mu \beta_{i,\tau} + \delta \cdot BME_{i,\tau} + \pi \text{ SIZE}_{i,\tau} + \lambda \text{ PAST_}R_{i,\tau} + v \cdot \Delta \text{VOL}_{i,\tau} + e_{i,\tau} \quad [\text{M2}]$$

donde $R_{i,\tau}$ es la rentabilidad de las acciones, $R_{f,\tau}$ es la rentabilidad del activo libre de riesgo, $\beta_{i,\tau}$ es la beta de las acciones, $BME_{i,\tau}$ y $\text{SIZE}_{i,\tau}$ representan, respectivamente, los factores de *BME* y tamaño, $\text{PAST_}R_{i,\tau}$ mide las rentabilidades acumuladas de los seis meses previos, $\Delta \text{VOL}_{i,\tau}$ simboliza los cambios contemporáneos de la volatilidad de las acciones, τ indica el mes, α y $e_{i,\tau}$ recogen, respectivamente, la constante y la perturbación de la regresión y μ , δ , π , λ y v son los coeficientes a estimar.

De verificarse la hipótesis 3, la significación estadística del coeficiente que acompaña a la beta, μ , será menor en los segmentos caracterizados por mayor relevancia de opciones reales. Junto a los factores habituales de tamaño y *BME* planteados en Fama y French (1993), incluimos las rentabilidades pasadas (Cooper *et al.*, 2008) y los cambios contemporáneos en la volatilidad de la rentabilidad (Grullón *et al.*, 2012).

Siguiendo a Leahy y Whited (1996) y Bulan (2005), Grullón *et al.* (2012) plantean que los cambios contemporáneos en la volatilidad es una *proxy* de los cambios en la variable no observable de la volatilidad de los procesos subyacentes de los que dependen los valores de los AiP y las opciones reales de la empresa. Dado que el incremento del riesgo del valor del subyacente incrementa el valor de las opciones reales (tanto de tipo *call*, como de tipo *put*), Grullón *et al.* (2012) predicen que los cambios contemporáneos de la volatilidad de las acciones influyen positivamente sobre la rentabilidad realizada y que esta influencia es mayor cuanto mayor sea el peso de las opciones reales en el conjunto de activos de la empresa. Grullón *et al.* (2012) encuentran evidencia empírica en el mercado estadounidense coherente con su hipótesis.²⁰

Al igual que en Fama y MacBeth (1973), todas las ecuaciones son estimadas por MCO, mes a mes, a partir de los valores previamente obtenidos para cada una de las variables en un total de 144 regresiones de corte transversal. Para evaluar la influencia de la relevancia de las opciones reales sobre la sensibilidad de la rentabilidad de las acciones ante cambios en la beta, agrupamos a las empresas en quintiles y reestimamos una regresión de corte transversal, para cada mes del período 2001 a 2012 y para cada quintil. En este último caso, el total de regresiones de corte

²⁰ Aunque no sea el objetivo de este trabajo, los resultados de nuestro análisis permiten comprobar la hipótesis de Grullón *et al.* (2012) sobre la capacidad de los cambios en la volatilidad de las acciones para aproximar los cambios en la volatilidad de los procesos subyacentes. De cumplirse esta atribución, el coeficiente ν tendría que ser positivo y estadísticamente significativo en el segmento de empresas con más opciones reales y disminuir progresivamente en la medida que el peso de las opciones reales se reduzca.

transversal es de 720 por cada una de las variables utilizada en la aproximación de las opciones reales como criterio de agrupación por quintiles.

III.2.3 Las Opciones Reales y la Rentabilidad Realizada (Hipótesis 4)

Para poder evaluar la influencia de las opciones reales sobre la rentabilidad realizada de las acciones, ampliamos el modelo [M2] con una variable representativa de la relevancia de las opciones, es decir:

$$R_{i,\tau} - R_{f,\tau} = \alpha + \mu \beta_{i,\tau} + \delta \cdot BME_{i,\tau} + \pi SIZE_{i,\tau} + \lambda PAST_R_{i,\tau} + \nu \Delta VOL_{i,\tau} + \omega OR_{i,\tau} + e_{i,\tau} \quad [M3]$$

donde $OR_{i,\tau}$ es una variable que mide la relevancia de las opciones reales de la empresa i en el conjunto de activos de la empresa, cuya influencia en el exceso de la rentabilidad de las acciones se recoge con el coeficiente ω . El resto de variables y parámetros son los definidos en el modelo [M2]. La hipótesis 4 establece que el coeficiente ω es estrictamente positivo.

Al igual que en la estimación del modelo [M2], todas las ecuaciones son estimadas por MCO, mes a mes, a partir de los valores previamente obtenidos para cada una de las variables en un total de 144 regresiones de corte transversal.

Para analizar si la influencia de las opciones reales sobre la rentabilidad realizada permite explicar el efecto de las condiciones económicas y/o bursátiles, tal y como proponen Pettengill, *et al.* (1995) y evidencian Fletcher (1997); Hung *et al.* (2003) y Morelli (2007) para el caso del Reino Unido, el modelo [M3] es reestimado en sendas submuestras de períodos mensuales alcistas y bajistas. De verificarse la

hipótesis 4, la gestión activa de las opciones reales (y la beta de las acciones) podría explicar la evidencia empírica sobre el cambio de signo de la influencia de la beta condicionada por la separación de periodos alcistas (*up*), en los que el mercado reporta rentabilidades superiores al tipo de interés libre de riesgo, y bajistas (*down*), en los que la rentabilidad de mercado es inferior a la rentabilidad sin riesgo.

Según nuestra propuesta, tanto en los mercados alcistas como en los bajistas, las firmas con más opciones reales presentan una mayor rentabilidad de las acciones debido a que las decisiones estarán orientadas a incrementar beta para potenciar los beneficios en los períodos alcistas y a disminuir beta para limitar las pérdidas en los bajistas. En ambos casos el efecto es positivo para la empresa. Dado que las firmas con más opciones reales son las que cuentan con la mayor flexibilidad para tomar este tipo de decisiones, los efectos sobre la rentabilidad deberían reflejarse en mayor medida en las firmas en cuyo valor de mercado predominan dichas opciones.

Del total de 144 meses considerados, 78 de ellos registraron rentabilidades de mercado superiores al tipo de interés libre de riesgo; mientras que los 66 meses restantes corresponden a mercados bajistas. A través de la metodología de Fama y Mac Beth (1973) se realizan regresiones de corte transversal para cada mes correspondiente a cada tipo de mercado y se calculan los promedios de los coeficientes de las regresiones, de sus estadísticos *t* y de los R-cuadrado.

III.3 Variables y Medidas

III.3.1 Las Variables y Medidas del Modelo [M1]: Opciones Reales y Riesgo Sistemático

Como se expuso anteriormente, las hipótesis 1 y 2, sobre la influencia de las opciones reales en la beta de las acciones, se evalúan a partir de la estimación del modelo [M1]:

$$\beta_{E_{i,k}} = a_k \cdot \frac{V_i}{E_i} + b_k \cdot \frac{V_{OR_i}}{E_i} \quad [M1]$$

donde $\beta_{E_{i,k}}$, representa la beta de las acciones, V_i , E_i y V_{OR_i} miden los valores de, respectivamente, el conjunto de activos, las acciones y las opciones reales de la empresa i perteneciente a la clase de riesgo k , mientras que a_k y b_k corresponden a parámetros a estimar y representan, respectivamente, la beta de los AiP y la diferencia entre la beta de las opciones reales y la de los AiP.

El valor de mercado de la empresa, V_i , se calcula como el valor de mercado de las acciones, E_i , menos el contable de las acciones, BVE_i , más el valor contable del activo total neto, BVA_i , por tanto:

$$V_{i,k} = E_{i,k} - BVE_{i,k} + BVA_{i,k} \quad (III.3)$$

Una de las variables que entraña mayor dificultad para su estimación es el peso de las opciones reales en el conjunto de activos de la empresa, $V_{OR_{i,k}}$. Obtenemos este valor como diferencia entre el valor de mercado de la empresa, V_i , y el valor de mercado atribuible a sus AiP. Para aproximar este último valor

utilizamos, de modo alternativo, una de las dos medidas siguientes: i) el valor contable de los activos²¹; y ii) el valor actual de la corriente perpetua de flujos netos de tesorería (*Free Cash Flow*, FCF).²²

Para medir los flujos de tesorería generados por los AiP, asumimos que las inversiones de reposición de los activos son equivalentes a la amortización contable. Así, estimamos el flujo de tesorería sustrayendo los impuestos del beneficio antes de ítems extraordinarios, dividendos preferentes, impuestos y gastos financieros. Los impuestos ajustados son obtenidos multiplicando el beneficio antes de impuestos por el cociente de “impuestos sobre beneficios y la suma de beneficio neto más impuestos sobre beneficios”.

Para descontar de manera perpetua este flujo de tesorería utilizamos a una medida aproximada del coste de capital de los AiP en la clase de riesgo k (K_{AiPk}) que se obtiene de añadir al tipo de interés libre de riesgo, la prima de mercado multiplicada por la mediana de las betas contables de las empresas pertenecientes a la

²¹ Somos conscientes de los errores de estimación que implica la aproximación del valor de las opciones reales a partir de la diferencia entre el valor de mercado de la empresa y el valor contable de su activo total neto. No obstante, la utilización de estas variables en razón de proporcionalidad, a través de la ratio *Market to Book Assets* (MBA), es una práctica habitual en la literatura financiera (véase lo expuesto en II.1.1). Dado que esta diferencia de valores entra en el modelo [M1] relativizada por la capitalización bursátil, probablemente el error de aproximación no difiera mucho del asumido en la utilización de MBA como medida de la relevancia de las oportunidades de crecimiento.

²² Este modelo representa una versión ajustada de la propuesta de Kester (1984), aplicada entre otros por Andrés *et al.* (2006) y Alessandri *et al.* (2007).

clase de riesgo k .²³ Utilizamos una prima por riesgo de mercado constante igual al 5.29% (Dimson, Marsh y Staunton, 2008), mientras que la rentabilidad libre de riesgo se estima en cada momento con el bono de largo plazo del Tesoro de Reino Unido.

La beta contable de cada empresa se obtiene a partir de la covarianza de las rentabilidades contables de la empresa con las rentabilidades contables del conjunto de empresas de la muestra. Concretamente, para cada firma i en el momento τ , la beta contable de la empresa i se calcula como:

$$\beta_{contable_i} = \frac{\text{cov}(ROA_i, ROA_M)}{\text{var}(ROA_M)} \quad (\text{III.4})$$

donde $ROA_i = \frac{BN_i + r_i \cdot Debt_i \cdot (1-t)}{BVA_i}$; $ROA_M = \sum_{i=1}^n \frac{ROA_i}{n}$, y n es el número de empresas de la muestra, BN_i es el beneficio contable de la empresa i , $Debt_i$ es la deuda de la firma y BVA es el valor contable del activo total neto.

Para aproximar las distintas clases de riesgo definidas en los modelos [M1.1], [M1.2] y [M1.3], seguimos el criterio de Bernardo *et al.* (2007) clasificando a las empresas de la muestra en una de entre 10 industrias principales según su código SIC. De este modo, estamos asumiendo que dentro de un mismo sector industrial las empresas que a él pertenecen invierten en AiP de riesgo similar y tienen acceso a opciones reales también de riesgo parecido. Las variables *dummies* (D_1, \dots, D_{10})

²³ La aproximación de la beta de los AiP a través de la beta contable es también utilizado en Chung y Charoenwong (1991).

reflejan la pertenencia de la empresa a la industria correspondiente. Los diez sectores considerados son: Alimentos, Construcción, Químicos, Maquinarias, Recursos Naturales, Tecnología, Transportes, Comercio, Servicios y Otros (Véase tabla III.1). El anexo I describe la correspondencia entre los códigos SIC y estos diez grupos sectoriales.

Como alternativa a estas propuestas de contraste de las hipótesis 1 y 2, empleamos el modelo iterativo de estimación de Andrés *et al.* (2010), también basado en la naturaleza exógena de los riesgos de los AiP y las opciones reales, y que se implementa combinando el CAPM y el modelo de descuento de flujos de tesorería en la estimación del valor presente de los AiP. A partir de la clasificación sectorial de clases de riesgo, se estima por MCO el modelo [M1] dentro del conjunto de empresas pertenecientes a cada clase de riesgo k . La estimación del modelo se realiza de manera reiterativa, de modo que los valores de la beta de los AiP obtenidos en cada iteración son empleados en la siguiente para reajustar la aproximación.

Por suponer el caso más sencillo posible, la estimación parte del caso en el que se asume que el valor de las opciones reales es cero. La ecuación a estimar es entonces:

$$\beta_{E_i,k} = a_k [0] \cdot \frac{V_i}{E_i} + e_i \quad (\text{III.5})$$

donde el valor estimado del coeficiente $a_k [0]$ representa la primera aproximación de la beta de los AiP de las empresas pertenecientes a la clase de riesgo k ($\beta_{AiP_k} [0]$). La estimación MCO se realiza entre el conjunto de empresas pertenecientes a la clase de

riesgo k . Este nivel inicial de β_{AiP_k} se introduce en el CAPM para estimar el coste de capital de los AiP en la clase de riesgo k , K_{AiP_k} [0]:

$$K_{AiP_k} [0] = R_f + (E(R_m) - R_f) * \beta_{AiP_k} [0] \quad (III.6)$$

donde $E(R_m)$ y R_f son, respectivamente, la rentabilidad esperada de la cartera de mercado y del título sin riesgo.

Con este coste de capital de la clase de riesgo k (K_{AiPk} [0]), el valor de los AiP de la firma i ($V_{AiPi,k}$ [1]) se calcula mediante el descuento perpetuo de los flujos de tesorería:

$$V_{AiPi}[1] = PV(FCF; K_{AiPk} [0]) \quad (III.7)$$

Este valor permite una nueva estimación del valor de las opciones reales de la firma i (V_{ORi} [1]) por diferencia con su valor de mercado:

$$V_{ORi}[1] = V_i - V_{AiPi}[1] = E_i + D_i - V_{AiPi}[1] \quad (III.8)$$

que a su vez puede emplearse como entrada en el modelo [M1] para la siguiente iteración:

$$\beta_{E_i} = a_k [1] \frac{V_i}{E_i} + b_k \frac{V_{ORi}[1]}{E_i} + e_i \quad (III.9)$$

El coeficiente estimado a_k [1] es ahora una nueva aproximación de la beta de los AiP para la firma i en la clase de riesgo k . Reemplazando este valor en las ecuaciones (III.6), (III.7), (III.8) y (III.9), se obtiene una nueva estimación de los

valores de los AiP y las opciones reales, $V_{AiP_{i,k}}[2]$, y $V_{OR_{i,k}}[2]$. Estos valores son introducidos en el modelo [M1] y el proceso de estimación puede ser repetido para obtener $\beta_{AiP_k}[2] = a_k[2]$ y $\beta_{OR_k}[2] = b_k[2] - a_k[2]$.

Repitiendo este proceso iterativo n veces, se obtienen sendas estimaciones de la beta de los AiP en cada clase de riesgo k y de los valores de las opciones reales atribuibles a cada una de las empresas. Empíricamente probamos nuestro modelo para revisar la estabilidad y rapidez de convergencia del procedimiento iterativo. La significancia estadística y signo de los parámetros estimados con este proceso ofrecen una vía alternativa de contrastación del modelo [M1] y las hipótesis 1 y 2.

Finalmente, con el objetivo de evaluar la robustez de nuestros resultados a la definición de las clases de riesgo, reestimamos [M1.1], [M1.2] y [M1.3] modificando el criterio de segmentación de las observaciones. En lugar de utilizar la clasificación sectorial, utilizamos los valores estimados de las betas contables de cada firma y agrupamos al conjunto de empresas de acuerdo con esta variable, a la que supuestamente no afecta el peso de las opciones reales. En este sentido, la muestra es ordenada de modo ascendente utilizando la beta contable como criterio de organización para, posteriormente, dividir el conjunto en quintiles representativos de cada clase de riesgo, para los que se definen cinco variables *dummy* (D_1, \dots, D_5). Con esta nueva segmentación de la muestra, volvemos a evaluar si la beta de las acciones depende de las opciones reales (H1) y si la beta de las opciones reales es mayor que la beta de los AiP (H2).

III.3.2. Las Variables y Medidas de los Modelos [M2] y [M3]: Opciones Reales, Betas y Rentabilidades Realizadas

En la estimación de los modelos [M2] y [M3], se utilizan precios diarios de las acciones. La rentabilidad de las acciones de la empresa i para cada día t ($R_{i,t}$) es obtenida como el logaritmo neperiano del cociente entre el precio de la acción del día t y el precio de la acción del día $t-1$.

La beta de las acciones de la empresa “ i ” en el año “ τ ” ($\beta_{i,\tau}$) se estima a partir de la expresión tradicional del CAPM (Sharpe, 1964 y Lintner, 1965):

$$\beta_{i,\tau} = [\text{COV}(R_{i,t}, R_{m,t})] / [\sigma^2(R_{m,t})] \quad (\text{III.10})$$

donde $R_{i,t}$ y $R_{m,t}$ representan, respectivamente, la rentabilidad de las acciones de la empresa i y del mercado en el momento t ; mientras que COV y σ^2 simbolizan la covarianza y la varianza de las rentabilidades diarias. Obtenemos una estimación de la beta utilizando las rentabilidades diarias de las acciones registradas en el año previo al último día del período que se esté evaluando. De la misma forma en que se determina la rentabilidad de las acciones, se procede con la rentabilidad de mercado.

Para la estimación de los modelos [M2] y [M3], se calcula la volatilidad mensual, $VOL_{i,\tau}$, a partir de la desviación estándar de la rentabilidad diaria de las acciones de cada mes. El cambio en la volatilidad, en cada mes τ , $\Delta VOL_{i,\tau}$, corresponde a la diferencia entre la volatilidad del mes τ y el mes anterior, $\tau-1$. El tamaño de la empresa, $SIZE_{i,\tau}$, se mide a partir del logaritmo del valor de mercado de las acciones. En cada uno de los meses del año τ , el tamaño de la empresa corresponde al valor medido a diciembre de $\tau-1$.

La ratio BME de la firma, $BME_{i,\tau}$, se calcula como el logaritmo del cociente entre el valor contable y el valor de mercado de las acciones. Siguiendo a Fama y French (1992 y 1993) y Grullón *et al.* (2012), el valor de la ratio BME asignado a cada uno de los meses del primer semestre del año τ se obtiene de las cifras correspondientes a diciembre del año $\tau-2$, mientras que el valor de la ratio BME asignado a cada uno de los meses del segundo semestre del año τ , corresponde a las de diciembre del año $\tau-1$.

La aproximación de la relevancia de las opciones reales se realiza a partir de la variable de asimetría de la rentabilidad de las acciones, $SKEW_{i,\tau}$, calculada a partir del coeficiente de asimetría de Fisher, utilizando las rentabilidades diarias del período evaluado. Es decir:

$$SKEW_{i,\tau} = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \frac{\sum_{t=1}^n (R_{i,t} - \overline{R_{i,t}})^3}{VOL_{i,\tau}^3} \quad (III.10)$$

donde $SKEW_{i,\tau}$, es el coeficiente de asimetría del título i en el mes τ , $R_{i,t}$ representa la rentabilidad de las acciones de la empresa i en el día t , $VOL_{i,\tau}$, es la desviación estándar de la rentabilidad diaria de las acciones en el mes τ y n es el número de observaciones en el mes τ .

La ventaja de esta variable frente a otras *proxies* de opciones reales utilizadas normalmente en la literatura es la mayor frecuencia de la información disponible, equiparable a la necesaria para el cálculo de la rentabilidad media, que permite capturar el efecto inmediato de los cambios en la relevancia de las opciones reales. Además, el efecto de la relevancia de las opciones reales sobre la asimetría de la

rentabilidad es igual o incluso más directo. Cuanto mayor sea la relevancia de las opciones reales, mayor será la asimetría positiva de las rentabilidades.²⁴

Adicionalmente, los modelos [M2] y [M3] son reestimados en cada uno de los quintiles en los que queda segmentada la muestra por las *proxies* ‘anuales’ de opciones reales siguientes:

- i. El cociente entre el valor de mercado y el valor contable de los activos (*Market to Book Assets*, MBA). El valor de mercado del activo –que se obtiene a partir de la suma de la deuda y el valor de mercado de las acciones– es considerado representativo de la suma del valor de los AiP y las opciones reales, mientras que el valor contable se supone asociado al valor de los AiP. Cuanto mayor es el valor de este indicador, mayor es el peso atribuido a las opciones reales de la firma.
- ii. El cociente Precio entre Beneficio (*Price to Earnings Ratio*, PER). En este caso, los beneficios contables se relacionan con el valor de los AiP dado que son generados por las asignaciones de recursos ya realizadas, mientras que el precio de la acción se considera representativo de la suma de los valores de

²⁴ La asimetría de la rentabilidad de las acciones de la firma ha sido utilizada en la literatura previa, aunque de manera incipiente, como una variable aproximativa de las opciones reales de la firma. Andrés *et al.* (2006) analizan una muestra de empresas del sector tecnológico de países de la OCDE en el período de los años 1994 a 2000, encontrando que la proporción del valor de mercado que no es explicado por los AiP se relaciona positivamente con la asimetría de la rentabilidad de las acciones. De manera similar, Trigeorgis y Lambertides (2014) encuentran relación positiva y estadísticamente significativa entre el valor de las opciones reales y el coeficiente de asimetría para una muestra de 16975 firmas estadounidenses para el período 1983 a 2010.

los AiP y las opciones reales. Cuanto mayor es el valor de este indicador, mayor es el valor atribuido a las opciones reales de la firma.

- iii. El valor contable del activo. Dado que la inversión empresarial implica la sucesiva sustitución de opciones de crecimiento por AiP, un mayor valor del activo (inversión) es atribuido a una menor relevancia de las opciones reales y viceversa.

Finalmente, los modelos [M2] y [M3] son reestimados teniendo en consideración el efecto de la pertenencia de la empresa a industrias en las que las opciones reales son supuestamente más relevantes. Grullón *et al.* (2012) y Fama y French (1997) consideran que los sectores de “Tecnología” y de “Recursos Naturales” reúnen a las empresas en las que las opciones reales tienen un mayor valor.

Se considera que las empresas que pertenecen a estos sectores poseen características, capacidades, conocimientos y recursos para generar nuevas alternativas a los mercados en los que ya operan, así como para participar en otros nuevos, y cuentan también con mayores posibilidades de adaptación y flexibilidad. Por lo tanto, un criterio adicional para verificar si la beta de las acciones pierde poder explicativo (y el efecto de los cambios en la volatilidad de la rentabilidad de las acciones es mayor) en aquellas empresas que cuentan con mayores opciones reales, consiste en realizar un análisis comparativo, que permita considerar la pertenencia de la firma a un sector específico, distinguiendo entre aquéllos que, se supone, cuentan con empresas con más opciones reales y los que se conforman por otras que son más intensivas en AiP.

En el caso del sector tecnológico, la evidencia previa ha demostrado la relevancia de las opciones reales como componente del valor de mercado total de sus empresas (Andrés *et al.*, 2006; Oriani, 2007). Las inversiones en investigación y desarrollo vinculadas con innovaciones, necesarias para el adecuado desarrollo tecnológico, contribuyen a generar posicionamiento tecnológico y opciones reales de valor relacionadas con la incertidumbre atribuible a las innovaciones (Grenadier y Weiss, 1997; Gunther, 1997; Ziedonis, 2007). Siguiendo a Fama y French (1997) y Grullón *et al.* (2012), definimos el sector tecnológico en función de los códigos SIC siguientes: Equipamiento Eléctrico (código SIC 22), Telecomunicaciones (código SIC 33), Computadoras (código SIC 36), Equipamiento Electrónico (código SIC 37), Equipamiento de Medición y Control (código SIC 38).

Con relación al sector de empresas dedicadas a la exploración, explotación y extracción de recursos naturales, la literatura previa ha demostrado que gran parte de su valor de mercado se relaciona con sus opciones de flexibilidad y crecimiento futuro (Brennan y Schwartz, 1985; Paddock *et al.*, 1988; Moel y Tufano, 1999; Boer, 2000; Amram y Howe, 2002). Las empresas incluidas en el grupo de Recursos Naturales son las pertenecientes a Metales Preciosos (código SIC 28), Minería No Metálica (código SIC 29); Petróleo y Gas Natural (código SIC 31).

Finalmente, las tablas III.2 y III.3 recogen las estadísticas descriptivas de las variables incluidas, respectivamente, en el modelo [M1] y los modelos [M2] y [M3].

Tabla III.2: Estadística descriptiva de las variables del modelo [M1]

La tabla presenta los principales estadísticos descriptivos asociados con la muestra, para la serie temporal. Las variables se definen de la siguiente forma. βE_i representa al riesgo sistemático de las acciones de la empresa y se aproxima, en cada año, a partir de las rentabilidades diarias del año correspondiente. (V_i/E_i) corresponde al valor de mercado de la firma (V_i) dividido entre el valor de mercado de las acciones (E_i), y donde V_i es el valor de mercado de las acciones observado menos el valor en libros de las acciones más el valor en libros de los activos. Las variables VOR/E_i_1 y VOR/E_i_2 representan a la aproximación de las opciones reales y son medidas, respectivamente como i) la diferencia entre el valor de mercado y el valor contable de la

empresa dividido entre el valor de capitalización y ii) como el valor de mercado de la firma y el valor obtenido del modelo de descuento perpetuo de flujos de tesorería dividido entre el valor de capitalización.

Variable	Número observaciones	Media	Desviación estándar	Mediana	Mínimo	Máximo
β_{Ei}	4260	0.471	0.489	0.357	-4.840	6.988
(Vi/Ei)	4260	2.331	7.820	1.681	0.854	446.909
VOR/Ei_1	4260	0.247	2.917	0.420	-16.990	15.049
VOR/Ei_2	4260	0.606	0.910	0.715	0	14.589

Tabla III.3: Estadística descriptiva de las variables de los modelos [M2] y [M3]

Esta tabla resume las características básicas de distribución de las variables a partir de los valores obtenidos en cada uno de los 144 meses del período comprendido entre los años 2001 a 2012. RENT representa la rentabilidad mensual calculada como el logaritmo neperiano del cociente entre los precios de cierre. BETA representa la beta de las acciones estimada a partir del cociente de la covarianza de las rentabilidades de las acciones de la empresa y las rentabilidades del mercado entre la varianza de las rentabilidades del mercado. Obtenemos una estimación de la beta en cada mes utilizando las rentabilidades diarias registradas en el plazo de un año, contado hasta el último día del mes evaluado. El tamaño, SIZE, es el logaritmo del valor de mercado de las acciones. La ratio BME se calcula como el logaritmo del cociente entre el valor contable y el valor de mercado de las acciones. ΔVOL simboliza el cambio en la volatilidad en cada mes, siendo la volatilidad mensual obtenida a partir de la desviación estándar de las rentabilidades diarias del mes. PAST_R mide la rentabilidad en seis meses previos (mes -7 a mes -2). La asimetría de la rentabilidad de las acciones, SKEW, se calcula a partir del coeficiente de asimetría de Fisher de las rentabilidades diarias de cada mes.

Variable	Número observaciones	Media	Desviación Estándar	Mediana	Mínimo	Máximo
RENT	118287	-0.011	0.147	-0.003	-0.877	0.81423
BETA	118287	0.385	0.458	0.227	-2.235	3.02252
BME	118287	-0.281	0.479	-0.217	-3.302	2.37235
SIZE	118287	4.072	2.280	3.637	-8.891	12.35299
ΔVOL	118287	0.0002	0.017	0	-0.112	0.10558
SKEW	107320	0.033	2.413	0.092	-5.567	13.49233
PAST_R	118287	-0.046	0.401	0	-2.543	2.43839

En el caso de las variables del modelo [M1], la tabla III.2 muestra que la beta de las acciones alcanza un valor medio de 0.47 y una mediana de 0.36, que fluctúan en el rango de -4.84 y 6.99, y el valor del apalancamiento financiero medido por la

ratio " V_i/E_i ", cuyo coeficiente de regresión se asocia con la beta de los AiP, muestra un promedio de 2.33, con una mediana de 0.85. Las variables representativas del peso relativo de las opciones reales, " V_{OR}/E_{i_1} " y " V_{OR}/E_{i_2} " presentan medias de 0.24 y 0.61, respectivamente.

Para los modelos [M2] y [M3], cuyos estadísticos se presentan en la tabla III.3, observamos que la rentabilidad mensual promedio es de -0.011 y su mediana es de -0.003 y en relación con nuestras principales variables explicativas de interés, ΔVOL y SKEW, obtenemos valores promedio de 0.0002 y 0.033, con medianas de 0 y 0.092, respectivamente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En este capítulo se presentan e interpretan los resultados del contraste empírico de las hipótesis formuladas en el Capítulo II a partir de la muestra, los modelos y las medidas descritas en el Capítulo III. El análisis empírico del problema objeto de estudio no es una tarea sencilla. A las dificultades habituales de estimación de la beta a partir de rentabilidades realizadas y aproximaciones de la cartera de mercado, se añade, en este caso, el desafío de aproximar el valor de las opciones reales e identificar las supuestas clases de riesgo.

Las propuestas de la literatura para aproximar el valor de las opciones reales de la empresa son numerosas. Probablemente esta abundancia sea el síntoma más evidente de las limitaciones de todas ellas. Conscientes de estas deficiencias, nuestro trabajo combina varias propuestas en la identificación de las clases de riesgo y en la aproximación del valor de las opciones reales, intentando aprovechar toda la información disponible de utilidad para la estimación de cada uno de los modelos. Aunque el periodo temporal y la muestra inicial de empresas son los mismos para todos los contrastes, el número de observaciones varía en función de la información requerida para la estimación de las variables de los distintos modelos. Además, los datos mensuales y anuales con los que se estima el modelo [M1] son sustituidos por datos diarios y mensuales para la estimación de los modelos [M2] y [M3].

La presentación de los resultados se estructura de la siguiente forma. Primero, se exponen las estimaciones del modelo [M1], en sus diferentes versiones, con las que se contrastan las hipótesis 1 y 2 sobre el efecto de las opciones reales en el riesgo de las acciones. El supuesto de existencia de clases de riesgo y su aproximación a partir de la segmentación de la muestra por sectores de actividad, permite analizar si las opciones reales incrementan la beta de las acciones (H1) y si la medida aproximada de la beta de las opciones supera la correspondiente de la beta de los AiP (H2). Los modelos son reestimados con distintas aproximaciones del valor de las opciones reales y con la del procedimiento iterativo de estimación conjunta de las betas y valores de las opciones reales y los AiP.

Seguidamente, se recogen los resultados del contraste de la hipótesis H3 sobre la influencia de las opciones reales en la relación empírica entre rentabilidad y coeficiente beta. La estimación se realiza primero para el conjunto de la muestra y, sirviéndonos de esta referencia, se presentan los resultados del modelo [M3] en cada uno de los quintiles en los que se divide la muestra para distintas aproximaciones de la relevancia de las opciones reales. A modo de comprobación, este análisis se repite para los sectores Tecnológico y de Recursos Naturales en comparación con el resto de empresas.

Finalmente, se describen y discuten los resultados de la estimación del modelo [M4], con el que se contrasta la influencia de las opciones reales en las rentabilidades realizadas de las acciones (hipótesis H4). Tras realizar el análisis para el conjunto de la muestra, se compara el poder predictivo de las opciones con la explicación basada en la beta condicionada por el tipo de mercado (alcista *versus* bajista).

IV.1 Las Opciones Reales y el Riesgo Sistemático (Hipótesis 1 y 2)

IV.1.1 Resultados de la Estimación del Modelo [M1]

La tabla IV.1 presenta los resultados de las estimaciones del modelo [M1], que relaciona el riesgo sistemático de las acciones de la firma (β_{Ei}) con la relevancia de las opciones reales. Este modelo confronta la beta de las acciones con la ratio de valor de mercado de la firma a valor de capitalización, " V_i/E_i ", que representa una medida del nivel de endeudamiento de la empresa, y con el peso de las opciones reales sobre el valor de las acciones, " V_{OR}/E_i ". De acuerdo con el desarrollo teórico de descomposición lineal de la beta, los coeficientes a estimar miden, respectivamente, la beta de los AiP, β_{AiP} , y la diferencia entre la beta de las opciones reales y de los AiP, $\beta_{OR} - \beta_{AiP}$.

La tabla muestra las distintas versiones del modelo [M1], según la supuesta existencia de clases de riesgo afecte tanto a la beta de los AiP como a la diferencia entre las betas (M1.1), solo a la beta de los AiP (M1.2), solo a la diferencia (M1.3), o a ninguna de ellas (M1.4). La identificación de las clases de riesgo se realiza por medio de la clasificación de la actividad principal de la empresa según las correspondencias definidas en el Anexo I. Los paneles de la tabla muestran los resultados de la estimación para cada una de las dos aproximaciones del valor de las opciones reales utilizadas: la diferencia entre el valor de capitalización y el valor en libros de las acciones (panel A) y la diferencia entre el valor de mercado de la empresa y el valor obtenido del modelo de descuento perpetuo de flujos (Panel B).

Cuando el valor de las opciones reales es aproximado con la distancia entre los valores de mercado y contable, los resultados se encuentran en línea con las

hipótesis 1 y 2. Las estimaciones indican que el riesgo sistemático de las acciones, medido a través del coeficiente beta, es función creciente del apalancamiento financiero, medido por la ratio V_i/E_i , y del peso de las opciones reales, medido por la ratio V_{OR}/E_i . El valor positivo y estadísticamente significativo del coeficiente b_k , que acompaña al cociente V_{OR}/E_i , respalda la hipótesis H1, que el peso de las opciones reales aumenta la beta de las acciones de la empresa. Además, dado que según el modelo planteado, el coeficiente b_k representa la diferencia entre las betas de las opciones reales y los AiP ($\beta_{OR} - \beta_{AiP}$), su significación estadística y positiva sirve también de apoyo a la hipótesis H2.

En el caso de [M1.4], los resultados indican que el riesgo sistemático depende positiva y significativamente del apalancamiento financiero y de las opciones reales. Cuando se introducen las clases de riesgo, modelo [M1.1], los resultados reportan valores positivos y estadísticamente significativos de la beta de los AiP en cada uno de los grupos en los que la muestra es dividida. Igualmente, la diferencia entre la beta de las opciones y la de los AiP, ($\beta_{OR} - \beta_{AiP}$), es positiva y estadísticamente significativa, al 1%, en cada uno de los grupos considerados. Estos resultados se mantienen en el modelo [M1.2], que implícitamente supone que la beta de los AiP es la misma para todas las empresas, y en el modelo [M1.3] que asume que lo que es constante es la distancia entre el riesgo sistemático de las opciones y el de los AiP. Estos resultados están en línea con los obtenidos por Bernardo *et al.* (2007) para el caso de las empresas estadounidenses.

Tabla IV.1: Coeficiente beta de las acciones y opciones reales (Hipótesis 1 y 2)

En la siguiente tabla se presentan los resultados de regresar el coeficiente beta de las acciones en función del apalancamiento financiero, “ V_i/E_i ”, y el peso del valor de las opciones reales sobre el valor de las acciones, “ V_{OR}/E_i ”, según el modelo [M1]:

$$\beta_{E_{i,k}} = a_k \cdot \frac{V_{i,k}}{E_{i,k}} + b_k \cdot \frac{V_{OR,k}}{E_{i,k}}$$

El valor de las opciones reales es calculado a través de la diferencia entre el valor de mercado de la empresa y el valor aproximado de sus AiP. El valor de los AiP es aproximado de dos formas diferentes: mediante el valor contable en el panel A y mediante el descuento perpetuo del flujo de tesorería, en el panel B. En cada uno de las cuatro columnas se recoge las estimaciones de los coeficientes de los modelos [M1.1] a [M1.4]. La diferencia entre estos cuatro modelos radica en las clases de riesgo consideradas. En el modelo [M1.1] se supone la existencia de clases de riesgo tanto para la beta de los AiP como para las opciones reales, que es aproximada por medio de diez variables *dummy* representativas de los diez sectores de actividad definidos en el Anexo I: Alimentos (D_1), Construcción (D_2), Químicos (D_3), Maquinarias (D_4), Recursos Naturales (D_5), Tecnología (D_6), Transporte (D_7), Comercio (D_8), Servicios (D_9) y Otros (D_10). Los otros tres modelos suponen implícitamente que todas las empresas presentan: la misma distancia entre la beta de las opciones reales y los AiP [M1.2]; la misma beta de los AiP [M1.3]; ó tanto la beta de los AiP como la distancia entre ambas betas [M1.4]. La última línea presenta el coeficiente de determinación de las regresiones robustas obtenidas para el *pool* de las empresas en el período 2001-2012.

Panel A: *Proxy* del valor de las opciones reales: Diferencia entre el valor de mercado y el valor de la empresa.

	[M1.1]	[M1.2]	[M1.3]	[M1.4]
(Vi/Ei)			0.17436 (40.75***)	0.17506 (43.22***)
OR/Ei		0.28541 (18.15***)		0.28161 (23.12***)
D_1*(Vi/Ei)	0.10953 (11.77***)	0.10429 (10.63***)		
D_2*(Vi/Ei)	0.12490 (8.72***)	0.12682 (10.62***)		
D_3*(Vi/Ei)	0.10944 (3.30**)	0.21581 (6.29***)		
D_4*(Vi/Ei)	0.13262 (7.08***)	0.14924 (9.37***)		
D_5*(Vi/Ei)	0.36493 (10.18***)	0.34396 (11.25***)		
D_6*(Vi/Ei)	0.22440 (13.92***)	0.22680 (13.78***)		
D_7*(Vi/Ei)	0.14296 (5.39***)	0.14435 (5.77***)		
D_8*(Vi/Ei)	0.04466 (3.85***)	0.14761 (10.59***)		
D_9*(Vi/Ei)	0.08293	0.08561		

	(4.65***)	(4.49***)		
D_10*(Vi/Ei)	0.01491 (1.30)	0.08684 (8.19***)		
D_1*(VOR/Ei)	0.21924 (4.72***)		0.14248 (2.88**)	
D_2*(VOR/Ei)	0.09278 (2.84**)		0.05768 (2.22**)	
D_3*(VOR/Ei)	0.01797 (0.21)		0.31961 (4.08***)	
D_4*(VOR/Ei)	0.15530 (3.67***)		0.20366 (6.03***)	
D_5*(VOR/Ei)	0.30825 (5.03***)		0.36577 (4.94***)	
D_6*(VOR/Ei)	0.34590 (8.81***)		0.37684 (8.23***)	
D_7*(VOR/Ei)	0.31183 (5.19***)		0.25694 (6.12***)	
D_8*(VOR/Ei)	0.45117 (6.64***)		0.35534 (10.90***)	
D_9*(VOR/Ei)	0.05251 (3.21***)		0.09751 (2.77**)	
D_10*(VOR/Ei)	0.05226 (1.43)		0.06865 (1.65*)	
R-cuadrado	0.35	0.45	0.45	0.48

Panel B: *Proxy* del valor de las opciones reales: diferencia entre el valor de mercado y el valor obtenido del modelo de descuento perpetuo de flujos de tesorería.

	[M1.1]	[M1.2]	[M1.3]	[M1.4]
(Vi/Ei)			0.19431 (46.53***)	0.21107 (49.08***)
VOR/Ei		-0.01615		-0.01651

		(-5.69***)	(-5.91***)
D_1*(Vi/Ei)	0.10161 (6.36***)	0.11003 (6.71***)	
D_2*(Vi/Ei)	0.11578 (7.34***)	0.14510 (10.06***)	
D_3*(Vi/Ei)	0.09269 (2.98**)	0.12277 (2.91**)	
D_4*(Vi/Ei)	0.13776 (7.71***)	0.14789 (8.22***)	
D_5*(Vi/Ei)	0.39013 (10.48***)	0.38836 (10.80***)	
D_6*(Vi/Ei)	0.25568 (13.90***)	0.25596 (14.36***)	
D_7*(Vi/Ei)	0.16926 (5.47***)	0.23055 (16.66***)	
D_8*(Vi/Ei)	0.02493 (1.42)	0.17537 (12.48***)	
D_9*(Vi/Ei)	0.05598 (3.19**)	0.13904 (8.40***)	
D_10*(Vi/Ei)	-0.00087 (-0.91)	0.11487 (10.81***)	
D_1*(VOR/Ei)	-0.000003 (-0.05)		-0.00010 (-1.59)
D_2*(VOR/Ei)	-0.000028 (-0.72)		-0.00001 (-0.62)
D_3*(VOR/Ei)	0.000098 (2.02**)		0.00005 (1.35)
D_4*(VOR/Ei)	0.000004 (0.19)		-0.000004 (-0.15)
D_5*(VOR/Ei)	0.000022		0.00005

	(0.90)		(2.14**)	
D_6*(VOR/Ei)	-0.000037		-0.000005	
	(-4.52***)		(-0.60)	
D_7*(VOR/Ei)	-0.000279		-0.00020	
	(-0.84)		(-0.70)	
D_8*(VOR/Ei)	0.000054		-0.000078	
	(1.60)		(-2.14**)	
D_9*(VOR/Ei)	-0.000002		-0.000037	
	(-0.23)		(-2.47**)	
D_10*(VOR/Ei)	0.000021		0.000009	
	(10.94***)		(6.92***)	
R-cuadrado	0.26	0.39	0.40	0.42

*, **, *** = Estadísticamente significativo al 10%; 5% y 1%, respectivamente.

El panel B muestra los resultados de la estimación del modelo [M1] en sus cuatro versiones cuando el valor de los AiP se aproxima a partir del descuento perpetuo de flujos. La influencia del apalancamiento sobre beta vuelve a exhibir, en general, coeficientes coherentes con los obtenidos en el panel A, con valores positivos y estadísticamente significativos, tanto en el modelo [M1.1] como [M1.2]. No ocurre lo mismo con respecto a la influencia del peso de las opciones reales. En esta estimación, el peso de las opciones reales no presenta influencia estadísticamente significativa en prácticamente ninguno de los sectores considerados y, en algunos casos, la influencia es estadísticamente significativa pero del signo contrario al esperado.

Este último resultado sugiere el rechazo de las hipótesis 1 y 2: las opciones reales no incrementan la beta de las acciones así estimada y su contribución al riesgo de las acciones no es siempre positivo, pudiendo incluso provocar su reducción.

Aunque contraria a la hipótesis esperada, esta influencia negativa de las opciones reales sobre la beta es coherente con la existencia de derechos de abandono y flexibilidad, cuyo valor puede estar negativamente correlacionado con el de los AiP. La posible correlación negativa de AiP y opciones reales y el consiguiente efecto reductor de la beta es argumentada por Trigeorgis y Lambertides (2014) precisamente para fundamentar su hipótesis sobre el efecto negativo de las opciones reales en la rentabilidad requerida de las acciones. La correlación negativa entre AiP y opciones reales no solo es posible con opciones de abandono/reducción (tipo *put*). También puede darse con opciones de crecimiento definidas sobre subyacentes negativamente correlacionados con los AiP de la empresa. En este supuesto, la presencia de estas opciones podría provocar la reducción de la beta de las acciones y explicar los valores obtenidos, contrarios a las hipótesis 1 y 2. En todo caso, nuestros resultados deben ser considerados con la cautela que imponen los errores de la aproximación del valor de las opciones reales y de las supuestas clases de riesgo.

IV.1.2. Segmentación de la Muestra con la “Beta Contable”

Con el fin de profundizar en la relación de los resultados con respecto al criterio utilizado en la identificación de las clases de riesgo, reestimamos el modelo [M1] sobre la muestra segmentada en quintiles con la beta contable, como medida alternativa del riesgo de los AiP. Siguiendo a Chung y Charoenwong (1991), calculamos la beta contable de las empresas a partir de las rentabilidades sobre el valor contable de las acciones (ROE).

Los resultados no difieren con los obtenidos previamente. Cuando el valor de las opciones reales se aproxima a partir de la diferencia entre el valor de mercado y el valor contable de las acciones (panel A), la beta depende positiva y

significativamente tanto del apalancamiento financiero como del peso de las opciones reales de la firma. Este resultado se repite en las cuatro versiones del modelo y en casi todos los quintiles, con la única excepción del segundo, en el modelo 1.1.

Tabla IV.2: Coeficiente beta y opciones reales por quintiles de beta contable

En la siguiente tabla se presentan los resultados de regresar el coeficiente beta de las acciones en función del apalancamiento financiero, “ V_i/E_i ”, y el peso del valor de las opciones reales sobre el valor de las acciones, “ VOR_i/E_i ”, según el modelo [M1]:

$$\beta_{E_{i,t}} = a_k \cdot \frac{V_{i,t}}{E_{i,t}} + b_k \cdot \frac{VOR_{i,t}}{E_{i,t}}$$

El valor de las opciones reales es calculado a través de la diferencia entre el valor de mercado de la empresa y el valor aproximado de sus AiP. El valor de los AiP es aproximado de dos formas diferentes: mediante el valor contable en el panel A y mediante el descuento perpetuo del flujo de tesorería, en el panel B. En cada uno de las cuatro columnas se recogen las estimaciones de los coeficientes de los modelos [M1.1] a [M1.4]. La diferencia entre estos cuatro modelos radica en las clases de riesgo consideradas. En el modelo [M1.1] se supone la existencia de clases de riesgo tanto para la beta de los AiP como para las opciones reales, que es aproximada por cinco variables ficticias (*dummies*), representativas de los quintiles en los que quedan ordenadas ascendentemente las observaciones según el valor estimado de la beta contable. Los otros tres modelos suponen implícitamente que todas las empresas presentan: la misma distancia entre la beta de las opciones reales y los AiP [M1.2]; la misma beta de los AiP [M1.3]; ó tanto la beta de los AiP como la distancia entre ambas betas [M1.4]. La última línea presenta el coeficiente de determinación de las regresiones robustas obtenidas para el *pool* de las empresas en el período 2001-2012.

Panel A: *Proxy* del valor de las opciones reales: Diferencia entre el valor de mercado y el valor contable de las acciones.

	[1]	[2]	[3]	[4]
(V_i/E_i)			0.17774 (41.71***)	0.17506 (43.22***)
(OR/ E_i)		0.30223 (20.01***)		0.28161 (23.12***)
D_1*(V/E)	0.09454 (4.87***)	0.09970 (12.72***)		
D_2*(V/E)	0.12746 (4.37***)	0.16467 (15.86***)		
D_3*(V/E)	0.07721 (3.57***)	0.14256 (7.33***)		
D_4*(V/E)	0.12502 (2.80**)	0.11951 (2.99**)		

D_5*(V/E)	0.03853 (1.89*)	0.12212 (8.98****)		
D_1*(OR/Ei)	0.08376 (2.70**)		0.16213 (5.93****)	
D_2*(OR/Ei)	0.02249 (0.46)		0.08064 (2.07**)	
D_3*(OR/Ei)	0.24926 (3.54****)		0.13326 (2.37**)	
D_4*(OR/Ei)	0.07581 (1.88*)		0.21759 (3.15**)	
D_5*(OR/Ei)	0.11176 (3.14**)		0.20365 (9.04****)	
R-cuadrado	0.49	0.41	0.43	0.48

Panel B: *Proxy* del valor de las opciones reales: diferencia entre el valor de mercado y el valor obtenido del modelo de descuento perpetuo de flujos de tesorería.

	[1]	[2]	[3]	[4]
(Vi/Ei)			0.12060 (1.08)	0.18913 (40.18****)
(OR/Ei)		-0.000012 (-4.20****)		-0.000979 (-0.72)
D_1*(V/E)	0.09366 (5.06****)	0.09365 (5.06****)		
D_2*(V/E)	0.12785 (4.20****)	0.12802 (4.21****)		
D_3*(V/E)	0.00072 (0.27)	0.00071 (0.27)		
D_4*(V/E)	0.12062 (2.80**)	0.12077 (2.80**)		
D_5*(V/E)	0.03151	0.03127		

	(1.65*)	(1.59)		
D_1*(VOR/Ei)	-0.000010 (-5.74***)		-0.000010 (-6.11***)	
D_2*(VOR/Ei)	-0.000014 (-2.94**)		-0.000018 (-3.08**)	
D_3*(VOR/Ei)	-0.000010 (-2.59**)		-0.0000090 (-2.81**)	
D_4*(VOR/Ei)	-0.000018 (-1.65*)		-0.000024 (-1.92*)	
D_5*(VOR/Ei)	-0.000217 (-1.89**)		-0.000204 (-2.09**)	
R-cuadrado	0.17	0.17	0.03	0.39

*, **, *** = Estadísticamente significativo al 10%; 5% y 1%, respectivamente.

El panel B de la tabla IV.2 refleja las estimaciones de los modelos [M1.1] a [M1.4] cuando el valor de los AiP es aproximado con el descuento perpetuo de flujos de tesorería. Los resultados son análogos a los presentados en la tabla IV.1. Aunque el apalancamiento incrementa la beta de las acciones, el peso de las opciones reales lo reduce. Las estimaciones arrojan valores positivos y estadísticamente significativos para la supuesta beta de los AiP, pero negativos y en su mayoría estadísticamente significativos²⁵ para la supuesta diferencia entre la beta de las opciones reales y de los AiP. Por tanto, con esta medida de los AiP (y de las opciones reales), las estimaciones vuelven a sugerir el rechazo de las hipótesis 1 y 2.

²⁵ Conviene notar, no obstante, que el valor estimado del coeficiente b_k es relativamente pequeño a pesar de su significación estadística.

IV.1.3 Reestimación del Modelo [M1] con el Algoritmo Iterativo

Como prueba empírica adicional del modelo [M1], comprobamos la influencia de las opciones reales en la beta de las acciones mediante la aplicación del algoritmo iterativo propuesto por Andrés *et al.* (2010) para la estimación de las betas de los AiP de la empresa. Tal y como se expuso en el capítulo anterior, el modelo genera de manera iterativa aproximaciones de la beta de los AiP, a_k , del valor de las opciones reales de la firma, V_{OR} , y de la diferencia entre las betas de los dos componentes de valor, b_k .

Se estiman regresiones *cross* seccionales por mínimos cuadrados ordinarios en cada uno de los 12 años (período 2001 a 2012) para las clases de riesgo definidas por la clasificación sectorial del Anexo I, lo que implica la realización de 120 estimaciones del algoritmo. El proceso converge a la séptima iteración, para la que se obtienen estimaciones de la beta de los AiP (coeficiente de “ V_i/E_i ”) y la diferencia entre la beta de las opciones reales y la de los AiP (coeficiente de “ V_{OR}/E_i ”) que se mantienen estables para subsiguientes iteraciones. La tabla IV.3 muestra los valores de los coeficientes estimados para cada año y clase de riesgo, obtenidos en la séptima iteración.

Estos resultados reportan valores positivos y estadísticamente significativos del coeficiente a_k , representativo, según nuestro planteamiento, de la beta de los AiP de cada una de las clases de riesgo. La significación estadística es: al 10% (Químicos, años 2002; 2003; 2006 y 2009; Tecnología, año 2002 y Alimentos, año 2003); al 5% (Recursos Naturales, año 2001; Transporte, año 2002; Alimentos, año 2007, Maquinarias, años 2001, 2009 y 2010 y Otros, años 2010 y 2011) y al 1% (en los 105 casos restantes en que existe significación estadística). Únicamente en el año

2012 y para el grupo de Recursos Naturales, no existe una relación significativa entre la medida “ V_i/E_i ” y la beta de las acciones y, por tanto, el coeficiente estimado de la beta de los AiP no puede considerarse distinto de cero.

La significación estadística de esta nueva estimación del coeficiente a_k corrobora los resultados previos sobre el valor estrictamente positivo de la beta de los AiP de la empresa. La realización de diversas estimaciones, hasta que los parámetros alcancen valores estables no altera, en general, la significación estadística de este coeficiente.

Por lo que respecta al coeficiente b_k , diferencia entre la beta de las opciones reales y de los AiP, las estimaciones arrojan tanto valores positivos como negativos. Encontramos que esta diferencia entre betas presenta 52 valores negativos, 51 positivos. Sólo se observa significación estadística de este parámetro, b_k , para 26 valores, de los cuales únicamente 12 son positivos.²⁶

Estos resultados ayudan a corroborar, nuevamente, la relevancia de la beta de los AiP y su influencia sobre la beta de las acciones a través de las clases de riesgo, pero también refuerzan las dudas sobre el signo de la influencia de las opciones reales en la beta de las acciones. La rápida convergencia del algoritmo y la relativa estabilidad de los parámetros aportan consistencia a las estimaciones. Siempre condicionado por la supuesta existencia de las clases de riesgo y su correcta aproximación, nuestros resultados ofrecen indicios claros de la influencia de las

²⁶ Existe otros 3 casos (Construcción en el año 2003, Comercio en 2010 y Construcción en 2011) para los que se obtiene que el valor de las opciones reales es cero.

opciones reales en la beta de las acciones, aunque el sentido de esta relación puede ser tanto directo como inverso.

Tabla IV.3: Estimación de las betas de los AiP y las diferencias entre las betas de las Opciones Reales y de los AiP con algoritmo iterativo de Andrés *et al.* (2010)

Esta tabla muestra los parámetros obtenidos correspondientes a ak y bk , que representan a la beta de los AiP y a la diferencia entre la beta de las OR y la de los AiP, respectivamente. Se consideran las clases de riesgo representadas por los sectores de: Alimentos, Construcción, Químicos, Maquinarias, Recursos Naturales, Tecnología, Transporte, Comercio y Servicios. Entre paréntesis se reporta el valor del estadístico t .

	<i>ak</i> 2001	<i>bk</i> 2001	<i>ak</i> 2002	<i>bk</i> 2002	<i>ak</i> 2003	<i>bk</i> 2003	<i>ak</i> 2004	<i>bk</i> 2004
Alimentos	0.107 (4.12***)	-0.0301 (-0.48)	0.150 (3.74***)	-0.0865 (-1.06)	0.0990 (2.09*)	0.0202 (0.01)	0.126 (4.27***)	0.129 (1.40)
Construcción	0.0955 (7.40***)	-0.0858 (-4.20***)	0.168 (5.75***)	-0.125 (-0.82)	0.101 (5.00***)	-	0.152 (5.00***)	0.26 (0.79)
Químicos	0.137 (2.35**)	0.321 (2.43**)	0.265 (1.73*)	-0.160 (-0.92)	0.249 (2.18*)	-0.115 (-0.67)	0.330 (4.13***)	0.281 (2.02*)
Maquinarias	0.136 (2.95***)	-0.0399 (-0.53)	0.161 (4.38***)	-0.076 (-1.44)	0.104 (6.23***)	-0.0107 (-0.14)	0.298 (3.41***)	-0.492 (-2.89***)
Rec. Natur.	0.135 (2.32**)	-0.183 (-1.25)	0.383 (5.35***)	-0.319 (-2.64**)	0.285 (4.37***)	-0.217 (-1.89*)	0.539 (6.61***)	-0.345 (-2.07*)
Tecnología	0.268 (5.10***)	3.238 (4.38***)	0.159 (2.40*)	2.116 (1.09)	0.0978 (2.96***)	0.0816 (1.21)	0.199 (3.96***)	0.109 (0.77)
Transporte	0.0979 (3.31***)	0.622 (2.23**)	0.179 (2.20**)	0.188 (1.52)	0.150 (3.81***)	0.290 (2.42**)	0.217 (4.36***)	0.106 (0.17)
Comercio	0.178 (7.42***)	5.400 (3.09***)	0.172 (4.97***)	-1.675 (-1.44)	0.239 (6.34***)	-0.842 (-2.01*)	0.297 (4.48***)	0.204 (0.16)
Servicios	0.165 (5.06***)	0.147 (2.84***)	0.109 (4.50***)	0.00704 (0.16)	0.126 (3.74***)	0.0454 (0.80)	0.157 (4.18***)	0.106 (1.46)
Otros	0.0896 (8.96***)	-0.0009 (-2.45**)	0.0811 (2.74**)	-0.00376 (-2.52**)	0.0746 (4.34***)	-0.000006 (-1.32)	0.0591 (2.70**)	0.0006 (1.01)
	<i>ak</i> 2005	<i>bk</i> 2005	<i>ak</i> 2006	<i>bk</i> 2006	<i>ak</i> 2007	<i>bk</i> 2007	<i>ak</i> 2008	<i>bk</i> 2008
Alimentos	0.266 (5.47***)	-1.127 (-2.25*)	0.187 (2.71**)	0.729 (0.80)	0.232 (3.60***)	1.242 (0.63)	0.145 (3.53***)	-0.619 (-1.01)
Construcción	0.347 (6.80***)	0.216 (0.31)	0.399 (5.26***)	-1.52 (-0.87)	0.369 (7.44***)	1.805 (1.03)	0.140 (7.49***)	0.172 (1.16)
Químicos	0.461 (4.73***)	0.158 (1.10)	0.358 (2.18*)	0.220 (0.84)	0.441 (4.79***)	-0.129 (-0.92)	0.319 (5.84***)	0.601 (0.98)
Maquinarias	0.314 (4.79***)	0.817 (3.07***)	0.300 (3.37***)	0.834 (0.48)	0.198 (3.18***)	2.107 (0.36)	0.112 (3.23***)	0.298 (0.73)
Rec. Natur.	0.896 (8.62***)	-0.0837 (-0.40)	1.037 (6.52***)	-0.426 (-1.44)	1.114 (8.19***)	-0.922 (-4.35***)	0.555 (7.26***)	81.2 (0.76)
Tecnología	0.289 (5.44***)	-0.250 (-0.34)	0.346 (3.48***)	-0.158 (-1.15)	0.292 (5.39***)	-0.0624 (-0.46)	0.160 (10.67***)	-0.131 (-4.76***)

Transporte	0.380 (6.68***)	-0.323 (-0.81)	0.389 (5.48***)	-0.484 (-0.39)	0.410 (7.36***)	0.391 (0.86)	0.156 (5.22***)	1.722 (1.85*)
Comercio	0.433 (8.75***)	-0.269 (-0.83)	0.435 (6.97***)	2.600 (1.00)	0.441 (7.60***)	-0.219 (-0.87)	0.291 (6.40***)	-1.167 (-0.43)
Servicios	0.308 (9.87***)	-0.719 (-0.84)	0.304 (7.29***)	0.345 (0.19)	0.325 (10.16***)	-1.258 (-1.13)	0.175 (10.74***)	0.0124 (0.07)
Otros	0.1400 (3.03***)	0.0003 (1.44)	0.1420 (3.13***)	0.0002 (1.15)	0.152 (3.24***)	-0.0086 (-1.82*)	0.0876 (3.53***)	0.0002 (7.41***)
	<i>ak 2009</i>	<i>bk 2009</i>	<i>ak 2010</i>	<i>bk 2010</i>	<i>ak 2011</i>	<i>bk 2011</i>	<i>ak 2012</i>	<i>bk 2012</i>
Alimentos	0.087 (3.22***)	-1.137 (-0.38)	0.316 (4.39***)	0.0519 (0.31)	0.113 (3.00***)	-0.0974 (-0.71)	0.0910 (3.33***)	0.0224 (0.15)
Construcción	0.147 (3.11***)	0.444 (1.54)	0.290 (5.31***)	0.685 (1.31)	0.324 (6.21***)	- -	0.256 (4.20***)	-0.968 (-0.27)
Químicos	0.284 (3.07*)	-0.054 (-0.39)	0.456 (4.11***)	-0.513 (-2.42**)	0.702 (8.72***)	-0.275 (-1.83*)	0.701 (5.84***)	-0.680 (-2.77**)
Maquinarias	0.103 (2.15**)	0.418 (2.90***)	0.190 (2.53**)	0.557 (0.26)	0.248 (3.60***)	-0.00924 (-0.02)	0.365 (5.21***)	-0.421 (-1.16)
Rec. Natur.	0.827 (5.44***)	-0.817 (-0.79)	14.870 (4.67***)	-14.50 (-4.49***)	0.347 (3.37***)	1.929 (0.22)	1.722 (1.18)	-1.152 (-0.85)
Tecnología	0.301 (5.22***)	-0.115 (-0.25)	0.296 (6.23***)	1.621 (2.48)	0.406 (7.29***)	-1.123 (-0.34)	0.344 (4.73***)	0.47 (1.89*)
Transporte	0.188 (4.77***)	-0.126 (-1.82*)	0.210 (7.37***)	0.74 (1.12)	0.235 (7.65***)	-0.125 (-1.04)	0.229 (7.71***)	-0.147 (-1.41)
Comercio	0.305 (5.01***)	-1.017 (-1.42)	0.289 (7.15***)	- -	0.361 (7.35***)	-0.366 (-1.42)	0.307 (5.80***)	1.642 (0.52)
Servicios	0.150 (6.28***)	0.005 (0.07)	0.195 (8.44***)	58.07 (2.82***)	0.217 (9.16***)	-0.149 (-3.43***)	0.142 (5.63***)	0.126 (0.38)
Otros	0.0859 (3.33***)	0.00002 (0.05)	0.0639 (2.11**)	-0.000 (-0.51)	0.146 (2.67**)	-0.0008 (-1.18)	0.142 (3.44***)	-0.0023 (-2.05*)

*, **, *** = Estadísticamente significativo al 10%; 5% y 1%, respectivamente.

IV.2. Las Opciones Reales y el Poder Explicativo de la Beta (Hipótesis 3)

La literatura empírica ofrece evidencia clara de la falta de poder explicativo del coeficiente beta frente a otros ‘factores de riesgo’, como la ratio BME o el tamaño. Nuestra hipótesis H3 plantea que la pérdida de poder explicativo de la beta –y consiguiente aportación de otros factores– se debe a la influencia de las opciones reales. La presencia y ejercicio de estas opciones provocan cambios continuos en el riesgo de la empresa que se traducen en la inestabilidad y pérdida de poder predictivo del coeficiente beta.

Para poder evaluar esta hipótesis, se estima el modelo [M2] que relaciona la rentabilidad de las acciones con el coeficiente beta y otros factores de riesgo habitualmente considerados en la literatura, primero, para la muestra completa y, después, segmentándola en función de la relevancia de las opciones reales.

La tabla IV.4 presenta los resultados de la estimación del modelo [M2] en la muestra completa, que permite comparar los resultados con la evidencia previa disponible para este mercado. Cada una de las columnas ofrece una combinación diferente de los ‘otros factores de riesgo’. La columna [1] refleja la relación entre rentabilidad y beta, sin considerar ninguna otra variable adicional. Las columnas [2] y [4] muestran los resultados obtenidos cuando se toman en cuenta los factores de riesgo del modelo de los tres factores de Fama y French, sin incluir e incluyendo la influencia de las rentabilidades pasadas acumuladas en los seis meses previos. Las columnas [3] y [5] incorporan adicionalmente la variable de cambios coetáneos en la volatilidad de la rentabilidad.

Siguiendo a Fama y MacBeth (1973), se calcula el valor promedio de los coeficientes obtenidos para cada uno de los 144 meses comprendidos en el período 2001 a 2012. Para comprobar si este promedio es estadística y significativamente distinto de cero, se estima el valor de su estadístico t , valor que, en las tablas, se muestra entre paréntesis.

Las estimaciones de las dos primeras columnas se encuentran en línea con la evidencia previa en el Reino Unido. La beta presenta el signo contrario al esperado, pero no es una variable estadísticamente significativa en la explicación de las rentabilidades de las acciones, al igual que en Beenstock y Chan (1986), Fletcher (1997) y Strong y Xu (1997). La relación entre tamaño (*SIZE*) y rentabilidad, si bien presenta el signo esperado, no cuenta con capacidad explicativa, al igual que en Beenstock y Chan (1986); Chan y Chui (1996) y Morelli (2007). La relación entre las rentabilidades pasadas y la rentabilidad de las acciones se presenta positiva, pero tampoco es estadísticamente significativa.

El efecto de la variable BME es estadísticamente significativo (al 1%) en todas las especificaciones. Este comportamiento coincide con lo obtenido por Chan y Chui (1996), Strong y Xu (1997) y Morelli (2007) para Reino Unido. Siguiendo a Fama y French (1992), tanto Strong y Xu (1997) como Morelli (2007) interpretan esta relación en virtud del contenido informativo de la ratio BME respecto a la rentabilidad futura de los negocios de la empresa. Según Fama y French (1992) una elevada ratio BME es indicativa de peores expectativas de futuro y, consiguientemente, de un mayor riesgo, que se traduce en mayores rentabilidades requeridas por los inversores.

Tabla IV.4: Rentabilidad, factores de riesgo y cambios en la volatilidad

Esta tabla resume los resultados de las estimaciones mensuales del modelo [M2]. Para cada variable se presenta el valor promedio de los coeficientes obtenidos para cada uno de los 144 meses comprendidos en el período 2001-2012 y, entre paréntesis, el estadístico t , calculado como el cociente entre el valor promedio de los coeficientes y su error estándar. El R-cuadrado se obtiene como promedio de los coeficientes de determinación de las regresiones de corte transversal.

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
BETA	-0.01274 (-0.85)	-0.01976 (-0.23)	-0.00241 (-0.35)	-0.00553 (-0.79)	-0.00086 (-0.14)
BME		0.00980 (3.85***)	0.00807 (2.88***)	0.00880 (3.35***)	0.00975 (4.13***)
SIZE		-0.00173 (-0.45)	-0.00186 (-0.47)	-0.00175 (-0.50)	-0.00230 (-0.64)
PAST_R				0.00781 (0.82)	0.00631 (0.67)
ΔVOL			0.68500 (4.15***)		0.68289 (4.10***)
R-cuadrado	0.02	0.057	0.101	0.066	0.108

*, **, *** = Estadísticamente significativo al 10%; 5% y 1%, respectivamente.

La variable que mide los cambios contemporáneos de la volatilidad de las rentabilidades, $\Delta VOL_{i,\tau}$, es la que alcanza mayor poder explicativo. Su coeficiente es positivo y estadísticamente significativo (al 1%) en las dos especificaciones del modelo en las que se incorpora, que son, además, las que reportan mayores valores en el estadístico R-cuadrado (por encima del 10% en ambos casos). De acuerdo con Leahy y Whited (1996), Bulan (2005) y Grullón *et al.* (2012), la volatilidad de las rentabilidades de las acciones es un estimador apropiado de la volatilidad de los procesos subyacentes de los que depende el valor de los AiP y las opciones reales de la empresa y que no es directamente observable. Según este planteamiento, Grullón *et al.* (2012) establecen que el aumento del riesgo de los procesos subyacentes incrementa el valor de las opciones reales de la empresa y, por este medio, produce un efecto positivo sobre la rentabilidad realizada. Grullón *et al.* (2012) analizan empíricamente la relación entre la rentabilidad de las acciones y los cambios

contemporáneos en la volatilidad de la rentabilidad de las acciones sobre una muestra de empresas de Estados Unidos, encontrando evidencia favorable a la mayor sensibilidad de las empresas con mayores opciones reales .

De modo alternativo, los cambios en la volatilidad de las acciones pueden ser interpretados directamente como aproximación de la relevancia de las opciones reales en el conjunto de activos de la empresa. Por los motivos expuestos en el capítulo II, las mayores variaciones de la volatilidad de la rentabilidad de las acciones son directamente atribuibles a empresas con mayor relevancia de las opciones reales , como consecuencia de la mayor inestabilidad de la distribución de los pesos entre opciones reales y AiP y también de la mayor sensibilidad ante cambios en el riesgo de los procesos subyacentes.²⁷

Para comprobar la influencia de las opciones reales sobre la relación entre rentabilidad y estos factores de riesgo, el modelo [M2] se reestima en cada uno de los subgrupos en que queda segmentada la muestra en función de la relevancia de las opciones reales de la empresa. Para aproximar la relevancia de estas opciones utilizamos el coeficiente de asimetría de las rentabilidades.²⁸ Los resultados de estas estimaciones se recogen en la tabla IV.5.

²⁷ De acuerdo con esta supuesta relación entre volatilidad de las rentabilidades y opciones, Smith y Watts (1992) y Gaver y Gaver (1993), entre otros, utilizan la varianza de las rentabilidades como medida de la relevancia de las oportunidades de crecimiento.

²⁸ Como ya se ha expuesto con anterioridad, la ventaja de esta variable, frente a otras *proxies* de opciones reales, es la mayor frecuencia de la información disponible, equiparable a la necesaria para el cálculo de la rentabilidad media, que permite capturar el efecto inmediato de los cambios en la relevancia de las opciones reales.

Tabla IV.5: Influencia de la relevancia de las opciones reales (aproximada por el coeficiente de asimetría) en la relación entre rentabilidad y las variables de factores de riesgo y cambios en la volatilidad

Esta tabla resume los resultados de las estimaciones mensuales del modelo [M2] con la muestra segmentada en quintiles según la relevancia de las opciones reales aproximada por el coeficiente de asimetría de las rentabilidades. Para cada variable se presenta el valor promedio de los coeficientes obtenidos para cada uno de los 144 meses comprendidos en el período 2001-2012 y, entre paréntesis, el estadístico *t*, cociente entre el valor promedio de los coeficientes y su error estándar. Las columnas recogen los resultados para cada uno de los quintiles, ordenados en sentido descendente, de mayor a menor relevancia de las opciones reales. El R-cuadrado se obtiene como promedio de los coeficientes de determinación de cada una de las regresiones de corte transversal.

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
BETA	0.02226 (0.50)	0.00356 (0.12)	-0.00918 (-0.35)	-0.03033 (-0.84)	-0.06811 (-1.42)
BME	0.00149 (0.06)	0.00154 (0.07)	0.00574 (0.27)	0.01447 (0.62)	0.01733 (1.02)
SIZE	-0.00934 (-1.56)	-0.00644 (-1.35)	-0.00020 (-0.05)	0.00509 (0.91)	-0.00274 (-0.51)
PAST_R	-0.01868 (-0.55)	-0.00269 (-0.08)	0.00056 (0.02)	0.02888 (0.90)	0.00710 (0.24)
ΔVOL	2.1550 (3.44***)	1.6350 (1.81*)	0.52545 (0.67)	-0.79792 (-1.12)	-2.24735 (-4.86***)
R-cuadrado	0.28	0.19	0.17	0.21	0.38

*, **, *** = Estadísticamente significativo al 10%; 5% y 1%, respectivamente.

El principal resultado de estas estimaciones es que la rentabilidad de las acciones no depende ni de la beta, ni de las variables de BME o tamaño, en ninguno de los quintiles considerados. La única variable que muestra poder explicativo es la relativa a los cambios en la volatilidad. Con relación al coeficiente beta, los resultados confirman su falta de poder explicativo en todas las submuestras, independientemente de la relevancia de las opciones reales. La beta no explica los cambios en la rentabilidad de las empresas con mayor peso de opciones reales (columna [1]), pero tampoco en las empresas con mayor peso de AiP (columna [5]) en donde su influencia es negativa pero no significativamente distinta de cero.

La segmentación por asimetría de las rentabilidades provoca además que la variable BME pierda el poder explicativo que exhibía en la muestra completa. Este resultado sugiere que la influencia de esta variable podría estar transmitiendo su relación con la relevancia de las opciones reales, tal y como se plantea en Andrés *et al.* (2006), Bernardo *et al.* (2007) y Grullón *et al.* (2012), entre otros.

Con relación a la variable de cambios en la volatilidad, los resultados son coherentes con la hipótesis de Grullón *et al.* (2012) sobre su capacidad para aproximar las volatilidades de los procesos subyacentes de los que depende el valor de la empresa y su influencia sobre las rentabilidades. La influencia de los cambios en la volatilidad aumenta a medida que incrementa el peso de las opciones reales, medido por la asimetría.

En los dos subgrupos con mayor relevancia de las opciones reales (columnas [1] y [2]), la influencia de los cambios en la volatilidad es positiva y estadísticamente significativa (más en el grupo de empresas con más opciones). En este tipo de empresas, el incremento de la volatilidad subyacente provoca el aumento del valor de estas opciones por encima de la disminución del valor de sus AiP, con el consiguiente incremento del valor de la empresa y de la rentabilidad observada.

En los dos subgrupos con menor peso de las opciones reales (columnas [4] y [5]) la influencia de los cambios en la volatilidad presenta signo negativo y, en el caso más extremo, es estadísticamente significativa (al 1%). Este resultado es coherente con el hecho de que en estas empresas la disminución del valor de los AiP derivado del aumento del riesgo de los procesos subyacentes domina al incremento del valor de las opciones, de modo que el resultado neto es la reducción del valor de

la empresa y de la rentabilidad realizada. Este resultado permite además rechazar la hipótesis que interpreta los cambios en la volatilidad como medida de la relevancia de las opciones reales. De cumplirse esta hipótesis, los coeficientes no debieran guardar relación con los quintiles de asimetría y, en caso de presentar significación estadística positiva, el coeficiente de la variable de cambios en la volatilidad estaría actuando como corrector de la beta de las acciones, mediante la incorporación de una prima adicional por el mayor riesgo de las opciones respecto al de sus subyacentes, que debiera mantenerse también en el grupo de empresas con menores opciones.

La tabla IV.6 presenta los resultados de reestimar el modelo [M2] cuando la muestra es segmentada con otras *proxies* de la relevancia de las opciones reales utilizadas en la literatura: el tamaño, medido por el activo total (panel A), el MBA (panel B) y el PER (panel C). En todos los casos, se sigue el mismo criterio de ordenación descendente de los subgrupos en columnas, de mayor a menor relevancia de las opciones reales. Este tipo de segmentaciones elimina el poder explicativo de todas las variables consideradas en todos los quintiles en los que la muestra queda segmentada. Lejos de aportar robustez a los resultados previos, la comparación de estos nuevos resultados parece apuntar a la presumible menor capacidad de estas variables para aproximar adecuadamente la relevancia de las opciones reales y, en todo caso, cuestiona la capacidad explicativa de las variables consideradas.

Tabla IV.6: Influencia de la relevancia de las opciones reales (aproximada por tamaño, ratios MBA y PER, alternativamente) en la relación entre rentabilidad y las variables de factores de riesgo y cambios en la volatilidad

Esta tabla resume los resultados de las estimaciones mensuales del modelo [M2] con la muestra segmentada en quintiles. Para cada variable se presenta el valor promedio de los coeficientes obtenidos para cada uno de los 144 meses comprendidos en el período 2001-2012 y, entre paréntesis, el estadístico *t*, cociente entre el valor promedio de los coeficientes y su error estándar. Cada uno de los paneles recoge diferentes segmentaciones de la muestra, según la variable utilizada para aproximar la relevancia de las opciones reales. Las columnas recogen los resultados para cada uno de los quintiles, ordenados en sentido descendente, de mayor a menor relevancia de las opciones reales. El R-cuadrado se obtiene como promedio de los coeficientes de determinación de cada una de las regresiones de corte transversal.

Panel A: *Proxy* de las opciones reales: Activo total

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
BETA	-0.00743 (-0.14)	0.00857 (0.18)	-0.00544 (-0.11)	0.00471 (0.11)	-0.00820 (-0.33)
BME	0.01111 (0.33)	0.01111 (0.27)	-0.00196 (-0.05)	0.00565 (0.19)	0.00132 (0.06)
SIZE	-0.00364 (-0.23)	-0.00129 (-0.07)	-0.00723 (-0.43)	-0.00319 (-0.24)	0.00007 (0.01)
PAST_R	0.00151 (0.04)	0.01430 (0.39)	0.01277 (0.31)	0.01796 (0.47)	-0.00084 (-0.02)
Δ Vol	0.3838 (0.60)	0.71308 (0.95)	0.76006 (1.07)	0.70535 (0.75)	0.76436 (0.64)
R-cuadrado	0.13	0.15	0.16	0.16	0.18

Panel B: *Proxy* de las opciones reales: MBA

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
BETA	0.00007 (0.002)	0.00257 (0.07)	-0.00803 (-0.20)	-0.00302 (-0.07)	-0.00678 (-0.14)
BME	0.00373 (0.11)	0.01446 (0.30)	0.00066 (0.01)	0.02503 (0.36)	-0.01528 (-0.35)
SIZE	-0.00213 (-0.34)	0.00048 (0.09)	-0.00157 (-0.27)	0.00022 (0.04)	-0.00404 (-0.59)
PAST_R	0.01274 (0.36)	0.00458 (0.12)	0.00958 (0.25)	0.00601 (0.15)	0.01509 (0.37)
Δ Vol	0.72166 (0.86)	0.55659 (0.65)	0.47416 (0.56)	1.01527 (1.19)	0.96279 (1.28)
R-cuadrado	0.15	0.15	0.15	0.16	0.15

Panel C: *Proxy* de las OR: PER

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
BETA	0.00025 (0.006)	-0.00321 (-0.08)	0.00530 (0.16)	0.00133 (0.04)	-0.00925 (-0.22)
BME	0.02118 (0.66)	0.00511 (0.19)	0.00279 (0.12)	0.00212 (0.09)	0.00723 (0.30)
SIZE	-0.00317 (-0.32)	-0.00291 (-0.37)	-0.00187 (-0.32)	-0.00196 (-0.38)	-0.00216 (-0.39)
PAST_R	0.01093 (0.29)	0.00757 (0.20)	0.01479 (0.41)	0.02006 (0.55)	0.01027 (0.26)
ΔVol	0.44755 (0.65)	0.86646 (1.07)	0.83606 (0.92)	0.97676 (1.11)	0.83442 (1.01)
R-cuadrado	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15

Finalmente, la tabla IV.7 presenta los resultados de las estimaciones del modelo [M2] cuando se incorpora información relativa a la pertenencia a un sector supuestamente intensivo en opciones reales. Concretamente, consideramos los sectores de Tecnología, de Recursos Naturales y de Otros sectores diferentes a los primeros dos mencionados. La pertenencia al sector se introduce a través de una variable ficticia, $IND_{i,\tau}$, que toma los valores uno o cero, según la actividad de la empresa coincida o no con el grupo considerado. Esta variable *dummy* se incluye en el modelo a través de su interacción con la variable de cambios en la volatilidad, $IND_{i,\tau} \Delta VOL_{i,\tau}$. Es de esperar que la variable de cambios en la volatilidad de la rentabilidad de las acciones cuente con mayor poder explicativo de las rentabilidades realizadas en los sectores en que las firmas son más intensivas en opciones reales.

Este análisis permite comprobar la fiabilidad de los resultados obtenidos de la segmentación de la muestra con la variable de asimetría como *proxy* del peso de las opciones reales.

Tabla IV.7: Influencia del sector de actividad en la relación entre rentabilidad y los cambios contemporáneos en la volatilidad

Esta tabla resume los resultados de las estimaciones mensuales del modelo [M2]. La muestra total es segmentada según la actividad principal. Dentro del sector de Tecnología se incluyen las empresas cuyo negocio principal es Equipamiento Eléctrico (SIC 22), Telecomunicaciones (SIC 33), Computadoras (SIC 36), Equipamiento Electrónico (SIC 37) o Equipamiento de Medición y Control (SIC 38). En el sector de Recursos Naturales se incluyen las empresas cuyo negocio principal es Metales Preciosos (SIC 28), Minería No Metálica (SIC 29) ó Petróleo y Gas Natural (SIC 31). Para cada variable se presenta el valor promedio de los coeficientes obtenidos para cada uno de los 144 meses comprendidos en el período 2001-2012 y, entre paréntesis, el estadístico *t*. El R-cuadrado se obtiene como promedio de los coeficientes de determinación de cada una de las regresiones de corte transversal.

	Tecnológico	Rec. Naturales	Otros
BETA	0.00008 (0,01)	0.00022 (0.03)	0.00044 (0.06)
BME	0,01041 (4.16***)	0.00901 (3.97***)	0.00893 (3.93***)
SIZE	-0.00178 (-0.48)	-0.00165 (-0.44)	-0.00193 (-0.52)
PAST_R	0,00831 (0.94)	0.00909 (1.02)	0.00805 (0.90)
Δ VOL	0,58752 (3.42***)	0,54456 (3.42***)	1.03793 (4.75***)
Δ VOL * IND	0.08509 (0.49)	0.72845 (3.48***)	-0.49305 (-4.70***)
$[\Delta$ VOL * IND]+ Δ VOL	0.67261 (1.94*)	1.27301 (3.45***)	0.54488 (0.79)
R-cuadrado	0.12	0.11	0.11

*; **; *** = Estadísticamente significativo al 10%; 5% y 1%, respectivamente.

Los resultados de la tabla IV.7 difieren poco de los obtenidos para el conjunto de la muestra: ni la beta, ni el tamaño son relevantes en la explicación de la rentabilidad de las acciones y sí lo son, y con el signo esperado, la ratio BME y los cambios en la volatilidad. La variable de interacción no añade significación estadística a la variable de cambios en la volatilidad para el caso del sector tecnológico, pero sí lo hace en el sector de los recursos naturales. El coeficiente positivo y significativo del término de interacción en el sector de recursos naturales

indica que los cambios en la volatilidad ejercen un efecto positivo sobre la rentabilidad realizada. Más interesante aún es que en el caso del resto de empresas, no pertenecientes a los sectores con supuestamente mayores opciones reales, los cambios en la volatilidad ejercen una influencia negativa y significativa, tal y como cabría esperar de la disminución del valor en una cartera formada principalmente por AiP.

IV.3 Las Opciones Reales y la Rentabilidad Realizada (Hipótesis 4)

La última de las hipótesis a contrastar parte de la distinción entre rentabilidades requeridas y *realizadas* y plantea la posible influencia de las opciones reales sobre las segundas: Cuanto mayor es el peso de las opciones reales en el conjunto de activos de la empresa, mayor es la rentabilidad *realizada* de las acciones. Como medida principal del peso de las opciones reales utilizamos el coeficiente de asimetría de la rentabilidad. Como ya hemos comentado, la relevancia de las opciones reales tiene su reflejo directo en la asimetría, puesto que su presencia y ejercicio tienen como principal consecuencia el incremento de las ganancias potenciales y la acotación de las posibles pérdidas.

Primero, presentamos los resultados de la evaluación de la influencia sobre las rentabilidades realizadas de la variable de asimetría, sin considerar el efecto de los cambios en la volatilidad para, posteriormente, mostrar los del estudio de los efectos de ambas variables simultáneamente, tal como propone el modelo [M3], y tanto para la muestra completa como para los quintiles formados en función de una *proxy* adicional de las opciones reales.

La tabla IV.8 presenta los resultados de evaluar el efecto de la variable de asimetría para el conjunto de la muestra, junto con beta y los otros factores de riesgo. Se observa que la asimetría influye de manera positiva y estadísticamente significativa (al 1%) en la rentabilidad de las acciones, tal y como se plantea en la hipótesis 4. Es más, su introducción en el modelo hace que el factor BME pierda su poder explicativo y que el coeficiente de determinación aumente hasta el 34%. Este resultado está en línea con la evidencia empírica previa obtenida en Fletcher (2002) y Fletcher y Kihanda (2005) acerca de la influencia de la asimetría sobre la rentabilidad de las empresas del Reino Unido.

La columna [5] permite evaluar la influencia conjunta de los cambios contemporáneos en la volatilidad y el coeficiente de asimetría. Los resultados obtenidos revelan que el peso de las opciones reales medido por la asimetría de las rentabilidades tiene mayor efecto sobre la rentabilidad que el incremento de la volatilidad de los procesos subyacentes. El coeficiente de la variable de asimetría es positivo y estadísticamente significativo (al 1%) mientras que el de los cambios en la volatilidad deja de ser significativo. Una posible explicación de esta superioridad es la consideración de la muestra conjunta, sin distinción entre empresas con más o menos opciones en su conjunto de activos.

Tabla IV.8: Rentabilidad, factores de riesgo y asimetría

Esta tabla resume los resultados de las estimaciones mensuales del modelo [M3]. Para cada variable se presenta el valor promedio de los coeficientes obtenidos para cada uno de los 144 meses comprendidos en el período 2001-2012 y, entre paréntesis, el estadístico t , calculado como el cociente entre el valor promedio de los coeficientes y su error estándar (desviación estándar de los coeficientes mensuales entre la raíz cuadrada del número de meses). El R-cuadrado se obtiene como promedio de los coeficientes de determinación de cada una de las regresiones de corte transversal.

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
BETA	-0.01976 (-0.23)	-0.00982 (-0.62)	-0.00553 (-0.79)	-0.01013 (-0.63)	-0.00666 (-0.44)

BME	0.00980 (3.85***)	0.01025 (0.86)	0.00880 (3.35***)	0.00967 (0.81)	0.00823 (4.23***)
SIZE	-0.00173 (-0.45)	-0.00244 (-0.93)	-0.00175 (-0.50)	-0.00246 (-0.93)	-0.00229 (-0.92)
PAST_R			0.00781 (0.82)	0.00924 (0.02)	0.00286 (0.18)
Δ Vol					0.43802 (1.37)
SKEW		0.02983 (12.87***)		0.02943 (12.70***)	0.02614 (11.99***)
R-cuadrado	0.057	0.340	0.066	0.345	0.37

*, **, *** = Estadísticamente significativo al 10%; 5% y 1%, respectivamente.

La tabla IV.9 presenta los resultados de la estimación del modelo [M3] que confronta rentabilidad con el conjunto de factores de riesgo, los cambios en la volatilidad y la asimetría de manera simultánea, en cada uno de los quintiles en los que queda clasificada la muestra con la variable PER, como aproximación del peso de las opciones reales. Se observa la prevalencia de la asimetría sobre los cambios en la volatilidad ahora con independencia del supuesto peso de las opciones reales en el activo de la empresa. Los coeficientes de la asimetría disminuyen en valor a medida que se pasa de un quintil de empresas con más opciones reales a otro que cuenta con menos, con la única excepción del cuarto quintil, en donde ninguna de las variables cuenta con significación estadística. Este resultado es coherente con la hipótesis 4. Aunque en todos los quintiles, las opciones reales poseídas por sus empresas conducen a aumentar el promedio de las rentabilidades realizadas, el efecto será previsiblemente más acusado en aquellas empresas que cuenten con mayores posibilidades (opciones) de actuación.

Tabla IV.9: Rentabilidad, cambios en la volatilidad y asimetría por quintiles de PER

Esta tabla resume los resultados de las estimaciones mensuales del modelo [M3]. Para cada variable se presenta el valor promedio de los coeficientes obtenidos para cada uno de los 144 meses comprendidos en el período 2001-2012 y, entre paréntesis, el estadístico *t*. Las columnas recogen los resultados para cada uno de los quintiles, ordenados en sentido descendente, de mayor a menor PER. La última columna muestra los resultados para la muestra completa. El R-cuadrado se obtiene como promedio de los coeficientes de determinación de las regresiones de corte transversal.

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	Total
Beta	-0.00946 (-0.22)	-0.01046 (-0.28)	-0.00870 (-0.28)	0.00598 (0.18)	-0.00838 (-0.22)	-0.00666 (-0.44)
BME	0.02353 (0.73)	0.00577 (0.22)	-0.00408 (-0.17)	0.00772 (0.33)	0.00369 (0.14)	0.00823 (4.23***)
Size	-0.00528 (-0.53)	-0.00390 (-0.52)	-0.00240 (-0.42)	-0.00075 (-0.16)	-0.00257 (-0.49)	-0.00229 (-0.92)
Past_R	0.00561 (0.16)	0.00773 (0.22)	-0.00295 (-0.08)	0.01399 (0.36)	0.00809 (0.22)	0.00286 (0.18)
Δ Vol	0.10596 (0.17)	0.56805 (0.75)	0.34501 (0.42)	0.59112 (0.71)	0.72751 (0.93)	0.43802 (1.37)
SKEW	0.03670 (6.3***)	0.02950 (5.92***)	0.02121 (3.52***)	0.01540 (1.59)	0.01696 (3.10***)	0.02614 (11.99***)
R-cuadrado	0.42	0.39	0.39	0.40	0.40	0.37

*, **, *** = Estadísticamente significativo al 10%; 5% y 1%, respectivamente.

IV.4 Análisis de Robustez: Opciones Reales, Rentabilidades Realizadas y Betas Condicionadas por Mercados Alcistas y Bajistas

La literatura empírica previa en general, y en el Reino Unido en particular, ha aportado evidencia del poder explicativo de la beta condicionada por la etapa del ciclo bursátil. Estos resultados han sido interpretados en términos de rentabilidades realizadas, supuesta la coincidencia de los periodos en los que la rentabilidad del activo libre de riesgo supera a la rentabilidad de mercado con aquéllos en los que la

rentabilidad de las acciones con menor beta es mayor que la de mayor riesgo sistemático (Pettengil *et al.* 1995). Tal y como planteamos en el capítulo II, el enfoque de opciones reales ofrece una explicación complementaria basada precisamente en el efecto de la gestión de dichas posibilidades sobre las rentabilidades y las betas de las acciones. Para poder evaluar el poder explicativo de las opciones reales sobre los resultados condicionados por el tipo de mercado, reestimamos los modelos anteriores separando periodos alcistas (*up*) y bajistas (*down*).

En la tabla IV.10 se muestran los resultados de la influencia de la beta y otros factores de riesgo, junto con las variables de cambios contemporáneos en la volatilidad y el coeficiente de asimetría, sobre las rentabilidades registradas por separado en mercados alcistas y bajistas. En las columnas [1] y [2], cuando no son consideradas las variables relacionadas con las opciones reales, la beta se revela como la única variable relevante en la explicación de las rentabilidades en los dos tipos de mercado y, de manera coherente con la evidencia previa disponible, la influencia cambia del signo positivo en los mercados alcistas, al negativo en los bajistas.

Tabla IV.10: Rentabilidad, factores de riesgo y cambios en la volatilidad en mercados alcistas (*up*) y bajistas (*down*)

Esta tabla resume los resultados de las estimaciones mensuales en los periodos correspondientes a mercados alcistas (cuando la rentabilidad de mercado es superior a la rentabilidad sin riesgo) y mercados bajistas (cuando a la rentabilidad de mercado es inferior a la rentabilidad sin riesgo). Para cada variable se presenta el valor promedio de los coeficientes obtenidos para cada uno de los meses evaluados; en el caso de los mercados alcistas son 78 y en el de los bajistas son 66. Se presentan el promedio de los coeficientes obtenidos y, entre paréntesis, el estadístico t. El R-cuadrado se obtiene como promedio de los coeficientes de determinación de las regresiones de corte transversal.

	Up [1]	Down [2]	Up [3]	Down [4]	Up [5]	Down [6]
Beta	0,02611 (1,92*)	-0,03671 (-0,56*)	0,02855 (2,27**)	-0,03377 (-1,69*)	0,01721 (1,42)	-0,04244 (-2,04**)
Size	0,00149	-0,00566	0,00132	-0,00572	0,0014	-0,00702

	(0,64)	(-1,71*)	(0,62)	(-1,84*)	(0,66)	(-2,17**)
BME	0,01078	0,01158	0,00993	0,00791	0,00955	0,00982
	(1,04)	(0,81)	(1,04)	(0,59)	(0,96)	(0,69)
Past_R	0,00896	0,01270	0,00799	0,01004	0,00507	0,01415
	(0,61)	(0,64)	(0,55)	(0,53)	(0,38)	(0,82)
Δ Vol			1,13613	0,05002		
			(3,76***)	(0,13)		
SKEW					0,02735	0,0319
					(13,45***)	(12,02***)
R-cuadrado	0,08	0,05	0,12	0,08	0,37	0,31

*, **, *** = Estadísticamente significativo al 10%; 5% y 1%, respectivamente.

Adicionalmente, también el tamaño se comporta de modo diferente dependiendo del tipo de mercado, y con poder explicativo de las rentabilidades solo en el caso de los bajistas, lo que también es coherente con evidencia anterior obtenida con datos de Reino Unido (Hung *et al.*, 2003). Finalmente, ni la ratio BME ni las rentabilidades pasadas muestran poder explicativo alguno. La ausencia de capacidad explicativa de BME es contraria a la evidencia previa obtenida por Hung *et al.* (2003) y Morelli (2007) para este mismo mercado.

En las columnas [3] y [4] observamos que el comportamiento de las variables beta, tamaño, ratio BME y rentabilidad pasada, en general, no difieren con lo mostrado en las columnas [1] y [2]. Nuevamente hay una influencia significativa de beta, positiva en los mercados alcistas y negativa en los de excesos de rentabilidad negativos. Más interesante aún es el tipo de influencia manifestado por la variable de cambios en la volatilidad. Esta variable presenta una influencia positiva y significativa (al 1%) en los periodos alcistas y no presenta relación con las

rentabilidades en los mercados bajistas. En los mercados alcistas, el coeficiente asociado a la variable de los cambios en la volatilidad supera en significación estadística al correspondiente de la beta. En el caso de los mercados bajistas, solo beta y tamaño cuentan con capacidad predictiva sobre la rentabilidad realizada.

La pérdida de poder explicativo de los cambios en la volatilidad en los mercados a la baja encuentra explicación sólo entre empresas con mayor peso relativo de AiP, puesto que si los cambios en la volatilidad aproximan cambios en el riesgo de los procesos subyacentes, el incremento del valor de las opciones derivado del aumento del riesgo subyacente resulta mayor, *ceteris paribus*, en las opciones “*out-of-the-money*”, propias de mercados bajistas, que en las “*in-the-money*”, características de mercados alcistas.

Las columnas [5] y [6] reemplazan la variable de cambios en la volatilidad por la variable de asimetría (*SKEW*) como medida del peso de las opciones reales. Los resultados en su conjunto corroboran el poder explicativo de la variable de asimetría tanto en mercados alcistas como bajistas. De hecho, esta variable es la que mejor explica las rentabilidades, siendo la única con significación estadística en los mercados alcistas; mientras que en los mercados bajistas comparte poder explicativo con el coeficiente beta y la variable de tamaño.

El signo positivo de la influencia de la variable de asimetría sobre la rentabilidad de las acciones es coherente con su capacidad para aproximar el peso de las opciones reales. Dado que las opciones reales constituyen derechos que son ejercidos solo si repercute en una mayor rentabilidad y pospuestos o abandonados en otro caso, su presencia incrementa la rentabilidad de las acciones tanto en los mercados alcistas como bajistas. Es más, en los mercados bajistas, la influencia

positiva de las opciones reales sobre la rentabilidad encuentra fácil explicación en el mayor valor de la opción de posponer ante las negativas condiciones de su ejercicio, frente al impacto negativo que reflejará la disminución del valor de los AiP sobre la rentabilidad de las acciones.

Los resultados de la tabla IV.11 permiten profundizar en la credibilidad empírica de la interpretación en clave de opciones reales de la influencia de los cambios en la volatilidad sobre las rentabilidades en mercados alcistas y bajistas. La tabla presenta las estimaciones del modelo [M2], que confronta rentabilidad y cambios en la volatilidad por quintiles contruidos con la variable de asimetría como *proxy* de la relevancia de las opciones reales, calculadas de manera separada para mercados alcistas (panel A) y mercados bajistas (panel B).

De acuerdo con nuestro planteamiento, el incremento del riesgo de los procesos subyacentes tiene una influencia positiva (negativa) sobre el valor de las opciones (AiP), de manera que, en el grupo de empresas con mayor peso de opciones reales (AiP), la variable de cambios en la volatilidad debiera presentar un coeficiente positivo (negativo). Este resultado debiera ser independiente del tipo de mercado. Los resultados de la tabla IV.11 confirman esta conjetura. La variable de cambios en la volatilidad es, en general, la que mejor explica las rentabilidades tanto en los mercados alcistas como bajistas.

Más importante aún es el cambio de signo de su influencia que pasa de positiva y estadísticamente significativa en el grupo de empresas con mayor peso de las opciones reales, a negativo y estadísticamente significativo en el grupo de empresas con mayor peso de AiP. Este resultado es además independiente del tipo de mercado, aunque en los mercados alcistas la significación estadística de esta variable

es mayor en el grupo de empresas con mayores opciones, mientras que en los mercados bajistas la mayor significación estadística corresponde al grupo de empresas con mayor peso de los AiP.

Respecto al resto de variables, cabe destacar la pérdida de poder explicativo que presenta la beta, e incluso el tamaño, respecto a los resultados de la tabla IV.10, que no distinguía entre la mayor o menor relevancia de las opciones reales. A pesar de la pérdida de poder explicativo, estas variables mantienen el signo esperado y el R cuadrado aumenta, como consecuencia de la aportación conjunta de los cambios en la volatilidad y la segmentación por opciones reales, tanto en mercados alcistas como bajistas.

Tabla IV.11: Rentabilidad, factores de riesgo y cambios en la volatilidad en mercados alcistas (*up*) y bajistas (*down*) por quintiles de asimetría

Esta tabla resume los resultados de las estimaciones mensuales del modelo [M2] para cada uno de los quintiles en los que queda dividida la muestra cuando las acciones son ordenadas en función de la asimetría de la rentabilidad de las acciones como *proxy* de la relevancia de las opciones reales. Las columnas recogen los resultados para cada uno de los quintiles, ordenados en sentido ascendente, de mayor asimetría (mayor relevancia de las opciones reales) a menor asimetría (menor relevancia de las opciones reales). Para cada variable se presenta el valor promedio de los coeficientes obtenidos para cada uno de los 144 meses comprendidos en el período 2001-2012 y, entre paréntesis, el estadístico t. El R-cuadrado se obtiene como promedio de los coeficientes de determinación de cada una de las regresiones de corte transversal.

Panel A: Mercados alcistas

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
Beta	0.03836 (1.16)	0.02971 (1.22)	0.02510 (1.31)	0.00738 (0.31)	-0.04540 (-1.49)
BME	-0.00165 (-0.09)	0.00963 (0.50)	0.01277 (0.76)	0.01419 (0.77)	0.02365 (1.97*)
Size	-0.00587 (-1.25)	-0.00318 (-0.78)	0.00079 (0.23)	0.00828 (2.04*)	0.00246 (0.66)
Past_R	-0.03272 (-1.26)	-0.00322 (-0.11)	0.00642 (0.26)	0.02562 (1.01)	-0.00036 (-0.01)

ΔVol	2.64583 (5.45***)	1.98929 (2.82***)	0.94415 (1.43)	-0.56086 (-0.97)	-1.87496 (-5.45***)
R-cuadrado	0.32	0.20	0.19	0.21	0.37

Panel B: Mercados bajistas

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
Beta	0.00324 (0.05)	-0.02781 (-0.74)	-0.05162 (-1.47)	-0.07559 (-1.50)	-0.04540 (-1.49)
BME	0.00520 (0.18)	-0.00801 (-0.30)	-0.00257 (-0.10)	0.01480 (0.51)	0.02365 (1.97*)
Size	-0.01344 (-1.76*)	-0.01030 (-1.85*)	-0.00137 (-0.24)	0.00126 (0.17)	0.00246 (0.66)
Past_R	-0.00209 (-0.05)	-0.00207 (-0.05)	-0.00636 (-0.15)	0.03280 (0.82)	-0.00036 (-0.02)
ΔVol	1.57491 (1.94*)	1.21637 (1.07)	0.03061 (0.03)	-1.07810 (-1.24)	-1.87496 (-5.45***)
R-cuadrado	0.22	0.18	0.15	0.22	0.37

Estadísticamente significativo al 1% (***), 5% (**) y 10% (*)

Como último contraste de robustez, evaluamos el poder explicativo del coeficiente de asimetría, como *proxy* de las opciones reales, en empresas con diferente peso de las opciones reales. De acuerdo con el razonamiento de opciones, la influencia positiva de las opciones reales sobre las rentabilidades realizadas debiera mantenerse con independencia del peso de estas opciones, pero el efecto será

previsiblemente más acusado en aquellas empresas que cuenten con mayores posibilidades (opciones) de actuación. Con este objetivo, dividimos la muestra por quintiles en función de la ratio PER, como medida del peso de las opciones reales en el conjunto de activos de la empresa, e incorporando en el modelo la variable de asimetría junto con el resto de factores de riesgo. Los resultados se muestran en la tabla IV.12.

Tabla IV.12: Rentabilidad, factores de riesgo y asimetría de la rentabilidad en mercados alcistas (*up*) y bajistas (*down*) por quintiles de PER

Esta tabla resume los resultados de las estimaciones mensuales para cada uno de los quintiles en los que queda dividida la muestra cuando las acciones son ordenadas con el ratio de precio-ganancia (PER) como *proxy* de la relevancia de las opciones reales. Las columnas recogen los resultados para cada uno de los quintiles, ordenados en sentido ascendente, de menor PER (mayor relevancia de las opciones reales) a mayor PER (menor relevancia de las opciones reales). Para cada variable se presenta el valor promedio de los coeficientes obtenidos para cada uno de los 144 meses comprendidos en el período 2001-2012 y, entre paréntesis, el estadístico t. El R-cuadrado se obtiene como promedio de los coeficientes de determinación de las regresiones de corte transversal.

Panel A: Quintiles para mercados alcistas.

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
Beta	0.00109 (0.03)	0.01601 (0.52)	0.02531 (1.03)	0.02194 (0.87)	0.02736 (1.00)
BME	0.01993 (0.67)	0.00537 (0.23)	0.00944 (0.45)	0.00282 (0.14)	0.00736 (0.35)
Size	-0.00055 (-0.06)	0.00034 (0.05)	0.00080 (0.16)	-0.00005 (-0.01)	0.00094 (0.22)
Past_R	0.00389 (0.12)	0.00625 (0.19)	0.00073 (0.02)	-0.00118 (-0.04)	0.00855 (0.28)
Skewness	0.03238 (3.98***)	0.02777 (5.74***)	0.02265 (3.60***)	0.00650 (0.52)	0.01696 (2.72**)
R-cuadrado	0.42	0.39	0.39	0.40	0.41

Panel B: Quintiles para mercados bajistas.

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
--	-----	-----	-----	-----	-----

Beta	-0.03077 (-0.56)	-0.04694 (-0.96)	-0.05360 (-1.27)	-0.01862 (-0.39)	-0.05156 (-0.92)
BME	0.02890 (0.72)	0.01006 (0.32)	-0.01880 (-0.62)	0.01395 (0.45)	-0.00112 (-0.03)
Size	-0.01209 (-0.97)	-0.00910 (-1.00)	-0.00724 (-1.04)	-0.00201 (-0.36)	-0.00747 (-1.06)
Past_R	0.00815 (0.19)	0.00739 (0.18)	-0.00259 (-0.06)	0.03634 (0.72)	0.00217 (0.05)
Skewness	0.04306 (5.82***)	0.03600 (5.67***)	0.02802 (5.23***)	0.02878 (5.73***)	0.02315 (4.74***)
R-cuadrado	0.34	0.34	0.34	0.36	0.35

Estadísticamente significativo al 1% (***), 5% (**) y 10 % (*)

Los resultados que muestra la tabla IV.12 confirman la importancia de las opciones reales en la explicación de las rentabilidades realizadas, por encima del resto de factores considerados e independientemente del tipo de mercado. Nuevamente observamos que la beta pierde todo su poder explicativo cuando es considerada junto con el coeficiente de asimetría tanto en los mercados alcistas como bajistas y en todos los quintiles.

Más interesante aún es el comportamiento de la variable de asimetría de las rentabilidades como aproximativa de las opciones reales. Con la sola excepción del quintil 4 en los mercados alcistas, esta variable es la única que presenta poder explicativo (al 1%). El signo de su influencia es siempre positivo, como cabría esperar de una medida del peso de las opciones reales. Además, su influencia no depende del tipo de mercado, alcista o bajista, como cabría esperar de la

interpretación en clave de opciones. Por último, los valores estimados de los coeficientes de esta variable guardan la relación esperada entre quintiles: la influencia de las opciones reales en la rentabilidad realizada de las acciones se hace notar más en el grupo de empresas cuyo activo está compuesto en mayor medida por este tipo de derechos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIÓN

Este trabajo aborda el estudio de la relación entre la rentabilidad y el riesgo de las acciones desde la perspectiva de las opciones reales. Nuestra investigación toma como punto de partida la literatura empírica disponible sobre la escasa capacidad del coeficiente beta para explicar las rentabilidades de las acciones cotizadas en diferentes mercados y períodos, incluido el Reino Unido, que contrasta con la relevancia manifestada por otros factores como el tamaño de la empresa o la ratio BME. La falta de poder explicativo del coeficiente beta sobre las rentabilidades ha impulsado el escrutinio masivo de la evidencia disponible, pero también ha estimulado la discusión teórica sobre posibles explicaciones de los fallos del modelo y los modos de completarlo.

Algunos trabajos recientes defienden que una de las posibles razones que explica la falta de capacidad predictiva de beta proviene del conjunto de opciones reales de la empresa, cuyo efecto sobre el riesgo y la rentabilidad de las acciones se manifiesta en algunas de las regularidades empíricas detectadas. Por ejemplo, sugieren que las opciones reales pueden explicar el efecto de los factores de riesgo diferentes del coeficiente beta sobre las rentabilidades, o aportan evidencia de que la beta del CAPM presenta un mayor poder explicativo de las rentabilidades de las acciones en firmas con menos opciones reales.

De acuerdo con el enfoque de opciones reales, el valor de mercado de la firma refleja la suma de dos componentes de diferente naturaleza: el derivado de las asignaciones actuales de recursos –AiP– y el derivado de futuras reasignaciones –opciones reales–. La singular naturaleza de cada uno de estos dos tipos de activos se manifiesta en niveles de riesgo también diferentes, de modo que cualquier cambio en el *mix* de componentes tenga repercusión en el riesgo del conjunto de activos de la empresa. Además estos cambios en la composición de activos no son infrecuentes, sino que, al contrario, representan el proceso natural y continuo de transformación de opciones reales en AiP. Esta presunta influencia de las opciones reales sobre la rentabilidad y el riesgo de las acciones sostiene el interés por el estudio teórico de fundamentos y el análisis empírico de sus implicaciones.

A pesar del interés del problema, la investigación en este campo es todavía escasa y no exenta de polémica. La mayoría de los trabajos previos defienden que las opciones reales presentan más riesgo –también sistemático– que los AiP. La fundamentación de esta proposición proviene de la mayor volatilidad de las opciones respecto al de sus subyacentes. La principal conclusión queda materializada en la hipótesis que establece que el riesgo de las acciones de la empresa es mayor a medida que aumenta el peso de las opciones reales en el conjunto de activos de la empresa. Además, en la medida en que este riesgo requiera de una recompensa por el mercado, el mayor peso de las opciones reales se traducirá también en una mayor rentabilidad esperada.

Este planteamiento parece no tener en cuenta la posible correlación negativa entre AiP y opciones reales, que pudiera provocar que una cartera conformada por AiP y opciones presente un menor riesgo que otra formada sólo por AiP. La correlación negativa puede producirse entre AiP y opciones de flexibilidad –de tipo *put*– cuyo valor aumenta a medida que disminuye el de su subyacente. Pero también puede manifestarse entre AiP y opciones de crecimiento –de tipo *call*–, cuando el valor de su subyacente se encuentre negativamente correlacionado con el de los actuales AiP.

Nuestra investigación profundiza en esta discusión teórica, identificando como piezas clave del conflicto de posturas la separación de los efectos ejercidos por las opciones reales sobre el riesgo y sobre la rentabilidad de las acciones, así como la distinción entre rentabilidades *realizadas* y *requeridas*. El estudio se articula en torno a cuatro hipótesis sobre la influencia de las opciones reales en: el riesgo sistemático de las acciones (hipótesis 1 y 2), en el poder explicativo del coeficiente beta (hipótesis 3) y en las rentabilidades realizadas (hipótesis 4). Los resultados de la estimación de estas hipótesis sobre una muestra de empresas cotizadas en la bolsa de Londres, durante el período 2001-2012, aportan información valiosa para avanzar en la comprensión del problema objeto de estudio y para conciliar argumentos contrarios de la literatura precedente.

Para poder diseccionar el riesgo sistemático en sus distintos componentes nos hemos apoyamos en la supuesta existencia de clases de riesgo, que implica admitir que los riesgos de los AiP y de las opciones reales son independientes de la firma que invierte en ellos. Las empresas deciden las clases de riesgo en las que

participar y la cantidad de riesgo que están dispuestas a asumir en cada una de ellas. Aunque sujeto al error de aproximación de las clases de riesgo, este supuesto posibilita la estimación de las hipótesis de que el riesgo sistemático de las acciones de la firma depende positiva y linealmente de las opciones reales y de que el riesgo de las opciones supera al de sus AiP. Los resultados de la estimación dependen de la aproximación utilizada para el valor de las opciones reales. Cuando se utiliza la diferencia entre el valor de mercado y el valor contable de la firma, los resultados son favorables a las hipótesis planteadas, en línea con la evidencia de la literatura previa en otros mercados. Sin embargo, cuando se utilizan otros instrumentos aproximativos propuestos en la literatura previa (concretamente, el modelo de descuento perpetuo de Kester, 1984 y el algoritmo iterativo de Andrés *et al.*, 2010), los resultados sugieren el rechazo de la supuesta influencia de las opciones reales en el riesgo sistemático de las acciones y de que el riesgo de estas opciones supere al de los AiP de la empresa.

Aunque contrario a lo esperado, este resultado está en línea con la propuesta y evidencia empírica de Ai y Kiku (2013) y Trigeorgis y Lambertides (2014), quienes aportan dudas razonables sobre la estricta relación positiva entre riesgo sistemático y opciones reales. Su argumentación se basa en el efecto conjunto de opciones tipo *call* y *put*. El ejercicio de una opción de crecimiento puede generar una opción de abandono que esté negativamente correlacionada con los AiP. En estos casos, la presencia de ambos tipos de opciones y de AiP puede presentar un riesgo sistemático más bajo que una cartera de activos compuesta únicamente por AiP.

Para evaluar si beta cuenta con menor poder explicativo de las rentabilidades de las acciones en aquellas firmas con más opciones reales, hemos segmentado la muestra en quintiles según el peso de las opciones reales en el conjunto de activos de la empresa. Nuestras estimaciones reflejan la ausencia de poder explicativo del coeficiente beta con independencia de la relevancia de las opciones reales y para todas las variables utilizadas para su aproximación. Con respecto a la influencia de otros factores de riesgo, nuestras estimaciones son coherentes con la evidencia previa. De especial interés resulta la confirmación de que la influencia de los cambios en la volatilidad de la rentabilidad de las acciones depende del peso de las opciones reales, tal y como encuentran Grullón *et al.* (2012) para el caso estadounidense. La coherencia de este resultado puede interpretarse como una prueba de fiabilidad del resto de nuestras conclusiones.

Finalmente, la evidencia analizada permite confirmar nuestra hipótesis sobre la influencia de las opciones reales sobre las rentabilidades *realizadas* de las acciones de la muestra. Los resultados son especialmente robustos cuando el peso de las opciones reales se aproxima con el coeficiente de asimetría de las rentabilidades. Las opciones reales reflejan la capacidad de sus directivos para adoptar decisiones en respuesta a los cambios en las condiciones imperantes. Mediante el ejercicio de esta capacidad, los directivos incrementan las ganancias potenciales y/o limitan las posibles pérdidas y, de esta forma, incrementan las rentabilidades medias *ex post* de las acciones.

Nuestro análisis de la beta condicionada por la etapa del ciclo bursátil aporta solidez a la distinción entre rentabilidades requeridas y realizadas. Previa

comprobación de los resultados esperados entre el coeficiente beta y las rentabilidades realizadas en mercados alcistas y bajistas, nuestro estudio revela que el peso de las opciones reales, medido por la asimetría de las acciones, supera claramente en poder explicativo al resto de factores considerados. Cuando se analiza el comportamiento de beta en mercados alcistas y bajistas sin distinguir entre empresas con más o menos opciones, el coeficiente beta exhibe la misma capacidad explicativa de la rentabilidad observada en la literatura previa, con un efecto positivo (negativo) en los mercados alcistas (bajistas).

Uno de los instrumentos con los que cuentan los directivos para incrementar las ganancias potenciales y reducir las posibles pérdidas es la gestión activa de la beta, aumentándola en periodos alcistas y reduciéndola en periodos bajistas. Cuanto mayor sea el peso de las opciones reales, mayores serán las posibilidades de actuación sobre el coeficiente beta. En este caso, las opciones reales puede que no exhiban una relación clara con el riesgo sistemático de las acciones y, aun así, contribuirán a incrementar las rentabilidades realizadas independientemente de la etapa bursátil. La evidencia analizada resulta coherente con esta explicación.

El principal descubrimiento de esta tesis se deriva precisamente de la interpretación conjunta de la evidencia contraria a la influencia de las opciones sobre la rentabilidad *requerida* (riesgo sistemático) pero favorable a la influencia sobre la rentabilidad *realizada*: las opciones reales no ejercen una influencia clara sobre el riesgo de las acciones (como consecuencia de la interrelación entre los valores de los AiP y las opciones *call* y *put*) y, por tanto, tampoco sobre las

rentabilidades requeridas (que dependen del riesgo soportado), pero sí influyen, y de manera notoria y lógica, sobre las rentabilidades *realizadas*.

Con relación a la influencia de las opciones sobre la rentabilidad requerida, la distinción entre opciones de crecimiento (*CALL*) y abandono/reducción (*PUT*) tiene relevancia. Cuando se trate de opciones negativamente (positivamente) correlacionadas con los AiP, su presencia en el *mix* de activos de la empresa puede tener efectos negativos (positivos) sobre el riesgo sistemático y las rentabilidades requeridas. Por ello, el efecto sobre el riesgo y la rentabilidad esperada dependerá del tipo de opciones con que cuente la firma. Con respecto a las rentabilidades realizadas, la influencia de las opciones es siempre positiva. Por tanto, su influencia sobre la rentabilidad sólo depende del peso de las opciones en el conjunto de activos de la empresa.

Estos resultados no representan una prueba contraria al CAPM, sino que subrayan la necesidad de complementar la parte del riesgo sistemático medido por la beta con otros indicadores de la influencia de las opciones reales. Además, las opciones reales influyen en las rentabilidades realizadas de una forma que no es capturada por beta y su presencia y ejercicio provocan continuos cambios en el coeficiente beta de la empresa.

Entre las contribuciones de este trabajo, destacamos las cuatro siguientes. Primero, nuestro análisis ha permitido profundizar en los fundamentos teóricos sobre la influencia de las opciones reales en la relación entre rentabilidad y riesgo, mediante la formulación de hipótesis contrastables. Segundo, la interpretación de los resultados empíricos resulta relevante para la revisión de las hipótesis y,

especialmente, para la conciliación de posturas aparentemente contrarias. Tercero, aportamos evidencia empírica sobre empresas del Reino Unido. A pesar de la relevancia internacional de este mercado en el contexto internacional, el estudio de los efectos de las opciones reales sobre el riesgo y la rentabilidad no ha sido directamente abordado en este contexto. Finalmente, nuestro trabajo ofrece una explicación complementaria a la evidencia sobre el signo cambiante de la influencia de la beta en las rentabilidades realizadas de mercados alcistas y bajistas.

La relevancia de estas contribuciones trasciende el campo de la valoración de activos financieros y repercute directamente sobre la práctica de los directivos financieros en la selección de las oportunidades de inversión de la empresa. Los trabajos iniciales en este campo ponen de manifiesto la importancia de distinguir entre el coeficiente de riesgo sistemático atribuible a cada componente de valor para el éxito en las decisiones de presupuestación de capital de una firma, donde aplicar la beta de las acciones para valorar un proyecto puede conducir a decisiones tan erróneas, como aplicar el coste de capital medio ponderado para valorar un proyecto con un nivel de riesgo diferente al de sus activos promedio. Da *et al.* (2012) demuestran que a pesar de la influencia de las opciones reales en el riesgo de las acciones, la utilización del CAPM para la selección de proyectos de inversión puede ser válido. Nuestro trabajo destaca la importancia de considerar el efecto de las opciones reales sobre las rentabilidades *ex post* utilizadas para la estimación de la beta del proyecto, aun cuando dichas opciones carezcan de efecto sobre su riesgo sistemático.

La conclusión de este trabajo abre directamente varias líneas para la futura investigación. Primero, la más obvia y directa consiste en la contrastación de nuestras hipótesis con la evidencia ampliada de otros mercados y períodos. En segundo lugar, se hace necesario revisar los resultados con aproximaciones alternativas del valor de las opciones reales y de las clases de riesgo. En tercer lugar, se plantea el interés de reestimar las hipótesis con técnicas econométricas diferentes , por ejemplo mediante el método generalizado de los momentos. En cuarto y último lugar, los resultados sugieren el interés de comprobar empíricamente la supuesta gestión activa del coeficiente beta por parte de los directivos de la empresa como estrategia para potenciar las ganancias y acotar las pérdidas en periodos alcistas y bajistas.

BIBLIOGRAFÍA

- Adam, T., Goyal, V. (2008). The Investment Opportunity Set and its Proxy Variables. *Journal of Financial Research*, 31(1), 41-63.
- Ai, H., Kiku, D. (2013). Growth to Value: Option Exercise and the Cross Section of Equity Returns. *Journal of Financial Economics*, 107, 325-349.
- Alessandri, T., Lander, D., Bettis, R. (2007). Strategic Implications of Valuation: Evidence from Valuing Growth Options. En: Jeffrey J. Reuer and Tony W. Tong (Eds.). *Real Options Theory, Advances in Strategic Management*, Edición Especial (Real Options Theory), 24, 459-484.
- Al-Horani, A., Pope, P., Stark, A. (2003). Research and Development Activity and Expected Returns in the United Kingdom. *European Finance Review*, 7(1), 27-46.
- Alonso, S. (2007). *La Valoración de las Opciones Reales Mediante la Simulación de Monte Carlo. El Caso de la Inversión de Endesa en Latinoamérica*. Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid.
- Alonso, S., Azofra, V., Fuente, G. (2008). The Value of Real Options: The Case of Endesa's Takeover of Enersis. *Journal of Finance Case Research*, 52-63.
- Alonso, S., Azofra, V., Fuente, G. (2009). Real Options Value and Random Jumps: Application of a Simulation Model. *Applied Economics*, 41, 2977-2989.

- Alonso, S., Azofra, V., Fuente, G. (2013). Alternative Monte Carlo Simulation Models and the Growth Option with Jumps. *Investment Management and Financial Innovations*, 10(3), 19-29.
- Amram, M., Howe, K. (2002). Capturing the Value of Flexibility. *Strategic Finance*, 84(6), 10-13.
- Anderson, C., García-Feijoo, L. (2006). Empirical Evidence on Capital Investment, Growth Options and Security Returns. *Journal of Finance*, 61(1), 171-194.
- Andrés, P., Azofra, V., Fuente, G. (2005). Real Options as a Component of the Market Value of Stocks: Evidence from the Spanish Stock Market. *Applied Economics*, 37(14), 1673-1691.
- Andrés, P., Azofra, V., Fuente, G. (2006). The Real Options Component of Firm Market Value: The Case of Technological Corporation. *Journal of Business Finance & Accounting*, 33(1)(2), 133-149.
- Andrés, P., Fuente, G., Fortuny-Ayuso, P. (2010). Estimating the Assets in Place Beta: A Feedback Algorithm. *SSRN Electronic Paper Collection*.
- Angelis, D. (2000). Capturing the Value of R&D. *Research Technology Management*, 43(4), 31-34.
- Antoniou, A.; Garrett, I., Priestley, R. (1998). Macroeconomic Variables as Common Pervasive Risk Factors and the Empirical Content of the Arbitrage Pricing Theory. *Journal of Empirical Finance*, 5, 221-240.

- Arcas, M. (1991). Estudio de la Asociación entre el Riesgo Sistemático del Mercado y Determinadas Variables Contables. *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 20(66), 127-150.
- Azofra, V., Fuente, G. (2001). Extensión de los Modelos de Opciones Financieras a la Valoración de las Opciones Reales: Problemas y Soluciones. *Economía y Finanzas 2001. Libro Homenaje al Profesor D. Francisco Pérez Calatayud*. Dirección General de Universidades e Investigación del Gobierno de Canarias.
- Azofra, V., Fuente, G., Fortuna, J. (2004). Las Opciones Reales en la Industria de Componentes del Automóvil. *Cuadernos de Economía y Dirección de Empresas*, 18, 97-120.
- Baldwin, C. (1991). How Capital Budgeting Deters Innovation-and What to do About It. *Research Technology Management*, 34(6), 39-45.
- Banz, R. (1981). The Relationship Between Return and Market Value of Common Stocks. *Journal of Financial Economics*, 9, 3-18.
- Beaver, W., Kettler, P., Scholes, M. (1970). The Association between Market Determined and Accounting Determined Risk Measures. *The Accounting Review*, 45(4), 654 – 682.
- Beaver, W., Manegold, J. (1975). The Association Between Market – Determined and Accounting – Determined Measures of Systematic Risk: Some Further Evidence. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 10(2), 231 – 284.

- Beenstock, M., Chan, K. (1986). Testing the Arbitrage Pricing Theory in the United Kingdom. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 48(2), 121-141.
- Beenstock, M., Chan, K. (1988). Economic Forces in the London Stock Market. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 50(1), 27-39.
- Benson, K., Faff, R. (2013). β . *Abacus*, 49, 24-31.
- Berger, F., Ofek, E., Swary, I. (1998). Investor Valuation of the Abandonment Option. *Journal of Financial Economics*, 42, 257-287.
- Berk, J., Green, R., Naik, V. (1999). Optimal Investment, Growth Options and Security Returns. *Journal of Finance*, vol. 54(5), 1553 - 1607.
- Bernardo, A., Chowdhry, B., Goyal, A. (2007). Growth Options, Beta, and the Cost of Capital. *Financial Management*, 36(2), 1-13.
- Black, F. (1972). Capital Market Equilibrium with Restricted Borrowing. *The Journal of Business*, 45(3), 444-455.
- Black, F. (1993). Beta and Return. *The Journal of Portfolio Management*, 20(1), 8-18.
- Black, F., Jensen, M., Scholes, M. (1972). The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Tests. en Jensen, M. (Ed.). *Studies in Theory of Capital Markets*. Praeger: New York, NY.
- Blume, M. (1971). On the Assessment of Risk. *Journal of Finance*, 26(1), 1-10.

- Blume, M., Friend, I. (1973). A New Look at the Capital Asset Pricing Model. *Journal of finance*, 28(1), 19-33.
- Boer, F. (2000). Valuation of Technology Using Real Options. *Research Technology Management*, Julio – Agosto, 26-30.
- Bowman, R. (1979). The Theoretical Relationship between Systematic Risk and Financial (Accounting) Variables. *Journal of Finance*, 34(3), 617-630.
- Bowman, E., Hurry, D. (1993). Strategy Through The Options Lens: An Integrated View of Resource Investments and the Incremental-Choice Process. *Academy of Management Review*, 18(4), 760-782.
- Brealey, R., Myers, S. (1996). *Principles of Corporate Finance*. 5^a ed. McGraw-Hill: New York.
- Brealey, R., Myers, S., Allen, F. (2011). *Principles of Corporate Finance*. 10^aed. Mc Graw Hill Irwin: New York.
- Brennan, M. (1995). Corporate Finance Over the Past 25 Years. *Financial Management*, 24(2), 9-22.
- Brennan, M., Schwartz, E. (1985). Evaluating Natural Resource Investments. *Journal of Finance*, 58(2), 135-157.
- Brenner, M., Smidt, S. (1978). Asset Characteristics and Systematic Risk. *Financial Management*, 7(4), 33 – 39.

- Bowman, R. (1979). The Theoretical Relationship Between Systematic Risk and Financial (Accounting) Variables. *Journal of Finance*, 34(3), 617-630.
- Bowman, E., Hurry, D. (1993). Strategy Through the Options Lens: An Integrated View of Resource Investments and the Incremental Choice-Process. *Academy of Management Review*, 18(4), 760-782.
- Bulan, L. (2005). Real Options, Irreversible Investment and Firm Uncertainty: New Evidence for US Firms. *Review of Financial Economics*, 14, 255-279.
- Cao, C., Simin, T., Zhao, J. (2008). Can Growth Options Explain the Trend in Idiosyncratic Risk? *The Review of Financial Studies*, 21(6), 2599-2633.
- Carlson, M., Fisher, A., Giammarino, R. (2004). Corporate Investment and Asset Price Dynamics: Implications for the Cross – Section of Returns. *SSRN Electronic Paper Collection*.
- Chan, A., Chui, A. (1996). An Empirical Re-examination of the Cross Section of Expected Returns: UK Evidence. *Journal of Business Finance & Accounting*, 23(9), 1435-1452.
- Chan, L., Hamao, Lakonishok, J. (1991). Fundamental and Stock Returns in Japan. *Journal of Finance*, 46(5), 1739-1789.
- Chen, N.; Roll, R., Ross, S. (1986). Economic Forces and the Stock Markets. *Journal of Business*, 59(3), 383-403.

- Chi, T., Mc Guire, D. (1996). Collaborative Ventures and Value of Learning: Integrating the Transaction Cost and Strategic Option Perspectives on the Choice of Market Entry. *Journal of International Business Studies*, 27(2), 285-307.
- Chung, K., Charoenwong, C. (1991). Investment Options, Assets in Place, and the Risk of Stocks. *Financial Management*, Autumn, 21 – 33.
- Chung, Y., Johnson, H., Schill, M. (2004). Asset Pricing When Returns Are Nonnormal: Fama-French Factors vs. Higher-order Systematic Co-Moments. *The Journal of Business*, vol. 79(2), 923-940.
- Chung, K., Kim, K. (1997). Growth Opportunities and Investment Decisions: A New Perspective on the Cost of Capital. *Journal of Business Finance and Accounting*, 24(3), 413-424.
- Clare, A., Thomas, S. (1994). Macroeconomic Factors, the APT and the UK Stockmarket. *Journal of Business, Finance and Accounting*, 21, 309-330.
- Clare, A., Smith, P., Thomas, S. (1997). UK Stock Returns and Robust Tests of Mean Variance Efficiency. *Journal of Banking & Finance*, 21, 641-660.
- Clare, A., Priestley, R, Thomas, S. (1998). Reports of Beta's Death are Premature: Evidence From the UK. *Journal of Banking & Finance*, 22, 1207-1229.
- Connor, G., Korajczyk, R. (1988). Risk and Return in Equilibrium APT. Application of a New Test Methodology. *Journal of Financial Economics*, 25, 255-289.

- Cooper, M.; Gulen, H., Schill, M. (2008). Asset Growth and the Cross Section of Stock Returns. *Journal of Finance*, 63(4), 1609-1650.
- Cortázar, G., Schwartz, E. (1998). Monte Carlo Evaluation of an Undeveloped Oil Field. *Journal of Energy, Finance and Development*, 3(1), 73-84.
- Da, Z., Guo, R., Jagannathan, R. (2012). CAPM for Estimating the Cost of Equity Capital: Interpreting the Empirical Evidence. *Journal of Financial Economics*, 103(3), 204-220.
- Damodaran, A. (2002). *Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset*, 2^aed., John Wiley & Sons: New York.
- Danbolt, J., Hirst, I., Jones, E. (2002). Measuring Growth Opportunities. *Applied Financial Economics*, 12, 203 -212.
- Danbolt, J., Hirst, I., Jones, E. (2011). The Growth Companies Puzzle: Can Growth Opportunities Measures Predict Firm Growth?. *The European Journal of Finance*, 17(1), 1-25.
- Davis, J. (1994). The Cross-section of Realised Stock Returns: the Pre-COMPUSTAT Evidence. *Journal of Finance*, 49(5), 1579-1593.
- Del Viva, L., Kasanen, E., Trigeorgis, L. (2013). Growth Options as Determinants of Skewness. *ESADE Working Papers Series*, Departamento de Gestión Financiera y Control, Barcelona, España.

- Dimson, E., Marsh, P., Staunton, M. (2008). The Worldwide Equity Premium: A Smaller Puzzle. En: Mehra, R. (Ed.). *Handbook of the Equity Risk Premium*, 467-514.
- Dixit, A. (1989). Entry and Decisions Under Uncertainty. *The Journal of Political Economy*, 97(3), 620-638.
- Dixit, A., Pindyck, R. (1995). The Options Approach to Capital Investment. *Harvard Business Review*, mayo-junio, 105-115.
- Driouchi, T., Bennet, D. (2011). Real Options in Multinational Decision-Making: Managerial Awareness and Risk Implications. *Journal of World Business*, 46, 205-219.
- Elsas, R. El-Shaer, M., Theissen, E. (2003). Beta and Returns Revisited: Evidence from the German Stock Market. *Journal of International Financial Markets Institutions and Money*, 13, 1-18.
- Elton, E., Gruber, M. (1978). Taxes and Portfolio Composition. *Journal of Financial Economics*, 6, 339-410.
- Estrada, I., Fuente, G., Martín, N. (2010). Technological Joint Venture Formation Under the Real Options Approach. *Research Policy*, 39(9), 1185-1197.
- Faulkner, T. (1996). Applying Options Thinking to R&D Valuation. *Research Technology Management*, 39(3), 50-56.
- Fama, E. (1970). Multi-Period Consumption-Investment Decision. *American Economic Review*, 60, 163-174.

Fama, E., French, K. (1992). The Cross – Section of Expected Stock Returns. *Journal of Finance*, 47(2), 427 – 465.

Fama, E., French, K. (1993). Common Risk Factors in the Returns on Stock and Bonds. *Journal of Financial Economics*, 33, 3 – 56.

Fama, E., French, K. (1996). Multifactor Explanations of Asset Pricing Anomalies. *The Journal of Finance*, vol. 51(1), 55 – 84.

Fama, E., French, K. (1996). The CAPM is Wanted Dead or Alive. *Journal of Finance*, 51(5), 1947-1958.

Fama, E., French, K. (1997). Industry Costs of Equity. *Journal of Financial Economics*, 43, 153 – 193.

Fama, E., French, K. (2015). A Five Factor Asset Pricing Model. *Journal of Financial Economics*, 116, 1-22.

Fama, E., MacBeth, J. (1973). Risk, Return and Equilibrium: Empirical Tests. *The Journal of Political Economy*, 81(3), 607-636.

Fernández, P. (2015). La Prima de Riesgo del Mercado: Histórica, Esperada, Exigida e Implícita. *SSRN Electronic Paper Collection*.

Fernández, P., Bermejo, V. (2014). Betas Utilizadas por Directivos y Profesores Europeos en 2009. *SSRN Electronic Paper Collection*.

Fisher, I. (1930). *The Theory of Interest*. 1ªed. The MacMillan Company: New York.

- Fletcher, J. (1997). An Examination of the Cross-Sectional Relationship of Beta and Return: UK Evidence. *Journal of Economics and Business*, 49, 211-221.
- Fletcher, J. (2000). On the Conditional Relationship between Beta and Return in International Stock Returns. *International Review of Financial Analysis*, 9, 235-245.
- Fletcher, J. (2002). Examination of Conditional Asset Pricing in UK Stock Returns. *The Financial Review*, 37, 447-468.
- Fletcher, J., Kihanda, J. (2005). An Examination of Alternative CAPM-based Models in UK Stock Returns. *Journal of Banking & Finance*, 29, 2995-3014.
- Folta, T., Miller, K. (2002). Option Value and Entry Timing. *Strategic Management Journal*, 23, 77-88.
- Folta, T., O'Brien J. (2004). Entry in the Presence of Dueling Options. *Strategic Management Journal*, 25(2), 121-138.
- Fuente, G. (1999). *Las Opciones Reales en la Decisión de Inversión. Propuesta y Aplicación de un Modelo de Valoración al Caso de una Multinacional Española*. Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid.
- Gârleanu, N., Panageas, S., Yu, J. (2012). Technological Growth and Asset Pricing. *Journal of Finance*, 67(4), 1265-1292.

- Galai, D., Masulis, R. (1976). The Option Pricing Model and the Risk Factor of Stock. *Journal of Financial Economics*, 3, 53-81.
- Gahlon, J., Gentry, J. (1982). "On the Relationship Between Systematic Risk and the Degrees of Operating and Financial Leverage. *Financial Management*, 11(2), 15-23.
- García, C., Herrero, M. (2001). Efectos de las Opciones de Crecimiento de una Empresa en su Riesgo Sistemático: Evidencia para el Caso Español. *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 30(109), 765 – 794.
- Gaver, J., Gaver, K. (1993). Additional Evidence on the Association between the Investment Opportunity Set and Corporate Financing, Dividend and Compensation Policies. *Journal of Accounting and Economics*, vol. 16, 125-160.
- Graham, J., Harvey, J. (2001). The Theory and Practice of Corporate Finance: Evidence from the Field. *Journal of Financial Economics*, 60(2)(3), 187-243.
- Gray, P., Johnson, J. (2011). The Relationship between Asset Growth and The Cross-Section of Stock Returns. *Journal of Banking & Finance*, 35, 670-680.
- Grenadier, S., Weiss, A. (1997). Investment in Technological Innovations: An Option Pricing Approach. *Journal of Financial Economics*, 44, 397-416.

- Grullón, G., Lyandres, E., Zhdanov, A. (2012). Real Options, Volatility and Stock Returns. *Journal of Finance*, 67(4), 1499-1537.
- Gunther, R. (1997). A Real Options Logic for Initiating Technology Positioning Investments. *The Academy of Management Review*, 22(4), 974-996.
- Guthrie, G. (2013) Growth Options and the Cross Section of Expected Stock Returns. *Journal of Economic Surveys*, vol.0(0), 1-19.
- Hamada, R. (1972). The Effect of the Firm's Capital Structure on the Systematic Risk of Common Stock. *The Journal of Finance*, 27(2), 435 – 458.
- Harvey, C., Siddique, A. (2000). Conditional Skewness in Asset Pricing Tests. *The Journal of Finance*, 55(3), 1263-1295.
- Herath, H., Bremser, W. (2005). Real Options Valuation of Research and Development Investments: Implications for Performance Measurement. *Managerial Auditing Journal*, 20(1), 55-72.
- Herath, H., Park, C. (1999). Economic Analysis of R&D Projects: An Options Approach. *The Engineering Economist*, 44(1), 1-35.
- Hirshleifer, J. (1958). On the Theory of Optimal Investment Decision. *Journal of Political Economy*, 66, 329-352.
- Hirst, I., Danbolt, J., Jones, E. (2008). Required Rates of Return for Corporate Investment Appraisal in the Presence of Growth Opportunities. *European Financial Management*, 14(5), 989-1006.

- Ho, R., Strange, R., Piesse, J. (2000). CAPM Anomalies and the Pricing of Equity: Evidence from Hong Kong Market. *Applied Economics*, 32, 1629-1636.
- Hung, D., Shackleton, M., Xu, X. (2003). CAPM, Higher Co-moment and Factor Models of UK Stock Returns. *Artículo presentado en 2003 JBFA Capital Market Conference*.
- Hwang, T., Gao, S., Owen, H. (2012). A Two-Pass Model Study of the CAPM: Evidence from the UK Stock Market. *Studies in Economics and Finance*, 29(2), 89-104.
- Isakov, D. (1999). Is Beta Still Alive? Conclusive Evidence from the Swiss Stock Market. *The European Journal of Finance*, 5(3), 202-212.
- Jacquier, E., Titman, S., Yalcin, A. (2001). Growth Opportunities and Assets in Place: Implications for Equity Betas. *SSRN Electronic Paper Collection*.
- Jagannathan, R., Wang, Z. (1996). The Conditional CAPM and the Cross Section of Expected Returns. *Journal of Finance*, 51(1), 3-53.
- Jensen, M., Meckling, W. (1976). Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs and Ownership Structure. *Journal of Financial Economics*, 3(4), 305-360.
- Kallapur, S. (2001). The Investment Opportunity Set, Determinants, Consequences and Measurement. *Managerial Finance*, 27(3), 3-15.

- Kallapur, S., Trombley, M. (1999). The Association Between Investment Opportunity Set and Realized Growth. *Journal of Business Finance & Accounting*, 26(3-4), 505-519.
- Kasanen, E., Trigeorgis, L. (1991). Flexibility, Synergy, and Control in Strategic Investment Planning. En: Aggarwal, R. (Ed.), *Capital Budgeting under Uncertainty*, Prentice Hall: New Jersey.
- Kean, J. (2004). Robust Analysis of Linear Models. *Statistical Science*, 19(4), 562-570.
- Kemna, A. (1993). Case Studies on Real Options. *Financial Management*, 22, 259-270.
- Kester, W. (1984). Today's Options for Tomorrow Growth. *Harvard Business Review*, 62(2), 153-160.
- Kogut, B. (1991). Joint Ventures and the Option to Expand and Acquire. *Management Science*, 37(1), 19-33.
- Kogut, B., Kulatilaka, N. (1994). Options Thinking and Platform Investments: Investing in Opportunity. *California Management Review*, 36(2), 52-71.
- Kothari, S., Shanken, J., Sloan, R. (1995). Another Look at the Cross – Section of Expected Stock Returns. *The Journal of Finance*, 50(1), 185-224.
- Kraus, A., Litzenberger, R. (1976). Skewness Preference and the Valuation of Risk Assets. *The Journal of Finance*, 31(4), 1085-1100.

Kulatilaka, N. (1988). Valuing the Flexibility of Flexible Manufacturing Systems. *Engineering Management*, 35(4), 250-257.

Kulatilaka, N. (1993). The Value of Flexibility: The Case of a Dual-Fuel Industrial Stream Boiler. *Financial Management*, 22, 271-280.

Kulatilaka, N., Marcus, A. (1992). Project Valuation Under Uncertainty: When Does DCF Fail? *Journal of Applied Corporate Finance*, 5(3), 92-100.

Kulatilaka y Trigeorgis. (1994). The General Flexibility to Switch: Real Options Revisited. *International Journal of Finance*, 6(2), 778-798.

Kumar, R. (2005). The Value from Acquiring and Divesting a Joint Venture: A Real Options Approach. *Strategic Management Journal*, 26(4), 321-331.

Lam, S. (2001). The Conditional Relation between Beta and Returns in the Hong Kong Stock Market. *Applied Financial Economics*, 11, 669-680.

Leahy, J., Whited, T. (1996). The Effect of Uncertainty on Investment: Some Stylized Facts. *Journal of Money, Credit and Banking*, 28(1), 64-83.

Lehmann, B., Modest, D. (1988). The Empirical Foundations of the Arbitrage Pricing Theory. *Journal of Financial Economics*, 21, 213-254.

Levis, M. (1985). Are Small Firms Big Performers? *The Investment Analyst*, 76, Abril, 21-26.

Levis, M. (1989). Stock Market Anomalies: A Reassessment Based on the UK Evidence. *Journal of Banking & Finance*, 13, 675-696.

Liti, J., Montager, R. (1998). Beta, Size and Return: A Study on the French Stock Exchange. *Applied Financial Economics*, 8(1), 13-20.

Lintner, J. (1965). The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *Journal of Finance*, 47(1), 13-37.

Lintner, J. (1969). The Aggregation of Investors Diverse Judgments and Preferences in Purely Competitive Security Markets. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 4(4), 347-400.

Long, M., Wald, J., Zhang, J. (2002). A Cross Sectional Analysis of Firm Growth Options. *Documento de Trabajo Departamento de Finanzas y Economía Rutgers Business School*.

Luehrmann, T. (1998). Strategy as a Portfolio of Real Options. *Harvard Business Review*, 76(5), 89-99.

Lyandres, E., Sun, L., Zhang, L. (2007). The New Issues Puzzle: Testing the Investment-Based Explanation. *The Review of Financial Studies*, 21(6), 2825-2855.

Majd, S., Pindyck, R. (1987). Time to Build, Option Value and Investment Decisions. *Journal of Financial Economics*, 18(1), 7-27.

Mandelker, G., Ghon, S. (1984). The Impact of the Degrees of Operating and Financial Leverage on Systematic Risk of Common Stock. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 19(1), 45-57.

- Mayers, D. (1972). Nonmarketable Assets and Capital Market Equilibrium under Uncertainty. En Jensen, M. (Ed.) *Studies in Theory of Capital Markets*. Praeger: New York.
- Mc Donald, R., Siegel, D. (1985). Investment and the Valuation of Firms When There is an Option to Shut Down. *International Economic Review*, 26, 331-349.
- Mc Donald, R., Siegel, D. (1986). The Value of Waiting to Invest. *The Quarterly Journal of Economics*, 101(4), 707-728.
- Miller, M., Modigliani, F. (1961). Dividend Policy, Growth and the Valuation of Shares. *The Journal of Business*, 34(4), 411-433.
- Mitchell, G., Hamilton, W. 1988. Managing R&D as a Strategic Option. *Research Technology Management*, 31(3), 15-22.
- Modigliani, F., Miller, M. (1958). The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment. *The American Economic Review*, 48, 261-297.
- Moel, A., Tufano, P. (1999). When are Real Options Exercised? An Empirical Study of Mine Closings. *Documento de Trabajo Harvard Business School*.
- Morelli, D. (2007). Beta, Size, Book-to-Market Equity and Returns: A Study Based on UK Data. *Journal of Multinational Financial Management*, 17, 257-272.

- Mossin, J. (1966). Equilibrium in a Capital Asset Market. *Econometrica*, 34(4), 768-783.
- Myers, S. (1977). Determinants of Corporate Borrowing. *Journal of Financial Economics*, 5, 147-175.
- Myers, S. (1984). Finance Theory and Financial Strategy. *Interfaces*, 14(1), 126-137.
- Myers, S. (1996) Fischer Black`s Contributions to Corporate Finance. *Financial Management*, 25(4), 95-103.
- Myers, S., Majd, S. (1990). Abandonment Value and Project Life. *Advances in Futures and Options Research*, 4, 1-21.
- Myers, S., Turnbull, M. (1977). Capital Budgeting and the Capital Asset Pricing Model: Good News and Bad News. *Journal of Finance*, 32(2), 321-336.
- Oriani, R. (2007). "Technology Switching Option and the Market Value of the Firm: A Model and an Empirical Test". En: Jeffrey J. Reuer and Tony W. Tong (eds.), *Advances in Strategic Management, Edición Especial (Real Options Theory)*, 24 (Junio), 429-458.
- Oriani, R., Sobrero, M. (2008). Uncertainty and the Market Valuation of R&D Within a Real Options Logic. *Strategic Management Journal*, 29(4), 343-361.
- Ozdagli, A. (2012). Financial Leverage, Corporate Investment and Stock Returns. *Review of Financial Studies*, 25, 1033-1069.

- Paddock, J., Siegel, D., Smith, J. (1988). Option Valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases. *Quarterly Journal of Economics*, 103(3), 479-508.
- Pettengill, G., Sundaram, S., Mathur, I. (1995). The Conditional Relation between Beta and Returns. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 30(1), 101-105.
- Pindyck, R. (1988). Irreversible Investment, Capacity Choice and the Value of the Firm. *The American Economic Review*, 78(5), 969-985.
- Poon, S., Taylor, S. (1991). Macroeconomic Factors and the UK Stock Markets. *Journal of Banking and Finance*, 16, 37-59.
- Quigg, L. (1993). Empirical Testing of Real Option – Pricing Models. *Journal of Finance*, 48(2), 621 – 640.
- Reinganum, M. (1981). A New Empirical Perspective on the CAPM. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 16(4), 439-462.
- Reuer, T., Tong, T. (2007). Real Options in Strategic Management. *En: Real Options Theory, Advances in Strategic Management*, Edición Especial (Real Options Theory), 24, 3-28.
- Roll, R. (1977). A Critique of the Asset Pricing Theory's Tests: On Past and Potential Testability of the Theory. *Journal of Financial Economics*, 4, 129-176.

- Ross, S. (1976). The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing. *Journal of Economic Theory*, 13, 341-360.
- Roll, R., Ross, S. (1980). An Empirical Investigation of the Arbitrage Pricing Theory. *Journal of Finance*, 35(5), 1073-1103.
- Sandoval, E., Saens, R. (2004). The Conditional Relationship between Portfolio Beta and Return: Evidence from Latin America. *Cuadernos de Economía*, 41, 65-89.
- Schwartz, E. (2004). Patents and R&D as Real Options. *Economic Notes*, 33(1), 23-54.
- Schwartz, E., Moon, M. (2001). Rational Pricing of Internet Companies Revisited. *Financial Review*, 36, 7-26.
- Sharpe, W. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. *Journal of Finance*, 19(3), 425-442.
- Skinner, D. (1993). The Investment Opportunity Set and Accounting Procedure Choice. *Journal of Accounting and Economics*, 16, 407-445.
- Smit, H. (1997). Investment Analysis of Offshore Concessions in the Netherlands. *Financial Management*, 26(2), 5-17.
- Smit, H., Van Vliet, P. (2001). Growth Options and the Value – Size Puzzle. *Trabajo presentado en Financial Management Association Annual Meeting*.

- Smith, C., Watts, R. (1992). The Investment Opportunity Set and Corporate Financing, Dividend and Compensation Policies. *Journal of Financial Economics*, 32, 263-292.
- Strong, N., Xu, X. (1997). Explaining the Cross-Section of UK Expected Stock Returns. *British Accounting Review*, 29, 1-23.
- Tang, G., Shum, W. (2003). The Conditional Relationship between Beta and Returns: Recent Evidence from International Stock Markets. *International Business Review*, 12, 109-126.
- Tong, T., Reuer, J., Peng, M. (2008). International Joint Ventures and the Value of Growth Options. *The Academy of Management Journal*, 51(5), 1014-1029.
- Trigeorgis, L. (1988). A Conceptual Options Framework for Capital Budgeting. *Advances in Futures and Options Research*, 3, 145-167.
- Trigeorgis, L., Lambertides, N. (2014). The Role of Growth Options in Explaining Stock Returns. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 49(3), 749-771.
- Trigeorgis, L., Mason, S. (1987). Valuing Managerial Flexibility. *Midland Corporate Finance Journal*, 5(1), 14-21.
- Velasco, M. (2014). *The Value of Corporate Diversification: An Analysis through the Real Options Lens*. Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid.

World Federation of Exchanges. (2013). *2013 Annual Report & Statistics*.

Disponible en : <http://www.world-exchanges.org> [Último acceso: septiembre de 2015]

Ziedonis, A. (2007). Real Options in Technology Licensing. *Management Science*, 53(10), 1618-1633.

Zingales, L. (2000). In Search of New Foundations. *Journal of Finance*, vol. 55(4), 1623-1653.

ANEXOS

Anexo I: Composición de las clases de riesgo. Hipótesis 1 y 2

Esta tabla presenta la composición de cada clase de riesgo, considerando las industrias que las conforman y su código *Standard Industrial Classification* (SIC)

Código SIC	Clases de riesgo	Número de firmas
Alimentos		
0100-0799; 2048-2048	Agricultura	12
2080-2085	Bebidas Alcohólicas	2
2064-2068; 2086-2087; 2096-2097	Bebidas No Alcohólicas	3
Total Alimentos		17
Comercio		
5000-5099; 5100-5199	Mayorista	19
5200-5299; 5300-5399; 5400-5499; 5500-5599; 5600-5699; 5700-5736; 5900-5999	Minorista	25
Total Comercio		44
Construcción		
1500-1549; 1600-1699; 1700-1799	Construcción	23
0800-0899; 2400-2439; 2450-2459; 2490-2499; 2950-2952; 3200-3219; 3240-3259; 3261; 3264; 3270-3299; 3420-3442; 3446-3452; 3490-3499; 3996.	Materiales Construcción	17
Total Construcción		40
Maquinarias		
3510-3536; 3540-3569; 3580-3599	Maquinarias	14
3600-3621; 3623-3629; 3640-3646; 3648-3649; 3660; 3691-3692; 3699	Equipos Eléctricos	5
2296; 2396; 3010-3011; 3537; 3647; 3694; 3700-3716; 3790-3792; 3799	Automóviles y Camiones	7
Total Maquinarias		26

Químicos		
2800-2829; 2850-2899	Productos Químicos	11
2830-2836	Productos Farmacéuticos	10
Total Químicos		21
Recursos Naturales		
1040-1049; 1000-1039; 1060-1099; 1400-1499; 1200-1299	Minería	13
1310-1389; 2900-2911; 2990-2999	Petróleo y Gas	13
Total Recursos Naturales		26
Servicios		
2700-2749; 2770-2799;	Imprenta y Editorial	13
7020-7021; 7030-7039; 7200-7212; 7215; 7299; 7395; 7500; 7520-7549; 7600-7699; 8100-8199; 8200-8299; 8300-8399; 8400-8499; 8600-8699; 8800-8899; 2750-2759; 3993; 7300-7372; 7374-7394; 7397; 7399; 7510-7519; 8700-8748; 8900-8999	Serv. Pers. y Empres.	75
5800-5813; 5890; 7000-7019; 7040-7049; 7213	Restauración y Hotelería	11
Total Servicios		99
Tecnología		
3600-3621; 3623-3629; 3640-3646; 3648-3649; 3660; 3691-3692; 3699	Equipamiento Electrónico	24
3570-3579; 3680-3689; 3695; 7373	Ordenadores	10
Total Tecnología		34
Transporte		
4000-4099; 4100-	Transporte	22

4199; 4200-4299; 4400-4499; 4500- 4599; 4600-4699; 4700-4799		
Total Transporte		22
Otros		
2100-2199	Tabaco	2
2200-2295; 2297- 2299; 2393- 2395; 2397-2399	Textiles	2
2300-2390; 3020- 3021; 3100-3111; 3130-3159; 3965	Vestuario	1
2047; 2391-2392; 2510-2519; 2590- 2599; 2840-2844; 3160-3199; 3229- 3231; 3260; 3263- 3263; 3269; 3630- 3639; 3750-3751; 3800; 3860-3879; 3910-3919; 3960- 3961; 3991; 3995	Bienes Consumo	5
2520-2549; 2600- 2639; 2670-2699; 2760-2761; 3950- 3955	Productos de Oficina	4
3000; 3050-3099	Goma y Plástico	4
7800-7841; 7900- 7999	Entretenimiento	8
Total Otros		26
Total		355