

*Don GABRIEL DE LA FUENTE HERRERO recibiendo el 2.º Premio «Estudios Financieros», que comparte con don PABLO DE ANDRÉS ALONSO y don VALENTÍN AZOFRA PALENZUELA.*

**PABLO DE ANDRÉS ALONSO**  
**VALENTÍN AZOFRA PALENZUELA**  
**GABRIEL DE LA FUENTE HERRERO**

*Departamento de Economía y Administración de Empresas.  
Universidad de Valladolid*

Este trabajo ha sido seleccionado y obtenido el **2.º Premio Estudios Financieros 2002** en la Modalidad de **CONTABILIDAD Y ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**.

El Jurado ha estado compuesto por: don José Luis LÓPEZ COMBARROS, don Rafael María CORONA MARTÍN, don José Luis DÍEZ GARCÍA, don Juan José DURÁN HERRERA, doña Pilar GONZÁLEZ DE FRUTOS y don José Antonio GONZALO ANGULO.

Los trabajos se presentan con seudónimo y la selección se efectúa garantizando el anonimato de los autores.

**Extracto:**

El presente trabajo estudia la posible influencia de la cartera de opciones reales de la empresa sobre su valor de mercado. Partiendo del reconocimiento de la naturaleza generalmente no observable de las opciones reales para el inversor externo, evaluamos la relación empírica existente entre la fracción del valor total de la empresa no explicado por sus inversiones en funcionamiento (*assets-in-place*) y una serie de variables de las que, teóricamente, se nutren las expectativas de los inversores relativas al valor de sus opciones reales. Efectuamos el análisis empírico a partir de una muestra de 393 empresas del sector tecnológico cotizadas en las principales bolsas de la OCDE en 1999. Nuestros resultados confirman, primero, la esperada relevancia de la fracción del valor de mercado no atribuible a las inversiones en funcionamiento y, segundo, que esta última se comporta con relación a las variables esfuerzo en  $I + D$ , riesgo y asimetría de la rentabilidad de las acciones y tamaño, de la misma forma que lo haría el valor de mercado de las opciones reales. Los resultados se muestran robustos frente al control de la fecha de valoración, la consideración del efecto país e industria y diferentes medidas del riesgo.

---

## Sumario:

---

1. Introducción.
2. La cartera de opciones reales y el valor de mercado de la empresa.
3. Muestra de análisis y definición de variables.
4. Evidencia.
5. Conclusiones.

### Bibliografía.

**NOTA:** Agradecemos los comentarios y sugerencias aportados por Michel DUBOIS, Han T.J. SMIT, y los participantes en el *SMS 21<sup>st</sup> Annual International Conference* celebrado en San Francisco y en el *5.º Workshop in Finance* celebrado en Segovia. El proyecto de investigación en el que se enmarca este trabajo se ha beneficiado de la ayuda concedida por DGESIC (proyecto PB97-0594) y FEDER (proyecto 1-FD97-1227).

## 1. INTRODUCCIÓN

Las finanzas que conocemos y que, a menudo, al referirnos a su contenido, denominamos finanzas modernas, son el resultado de la confluencia que, a comienzos de la segunda mitad del siglo pasado se produjo entre dos corrientes del análisis que hasta aquel momento habían evolucionado por separado: las finanzas empresariales (*Corporate Finance*) y las finanzas de mercado (*Asset Pricing*).

Fue el comienzo de una nueva época, el inicio de una nueva etapa, en el discurrir de las finanzas que, apoyándose en la teoría de la elección individual iba a servir de nexo de unión entre ambos ámbitos de las finanzas. Hasta entonces, postrimerías de los años cincuenta, las finanzas empresariales habían venido centrando su interés en las políticas óptimas de inversión y de financiación, pero con escasa o nula consideración de la naturaleza del equilibrio en los mercados financieros y del efecto de los incentivos individuales sobre esas políticas (JENSEN y SMITH, 1984). Tampoco las finanzas de mercado habían alcanzado un «estado del arte» propio de una disciplina científica. De hecho, hasta la aportación seminal de MARKOWITZ (1952), en el enfoque dominante primaba la idea de que el proceso de formación de los precios en los mercados financieros era lo suficientemente complejo como para imposibilitar su determinación, siquiera aproximada, mediante modelos teóricos de valoración.

Con la confluencia de las finanzas de mercado y las finanzas de empresa iba a producirse uno de los avances más espectaculares experimentados por las disciplinas económicas en su evolución histórica. Por un lado, el desarrollo de modelos de valoración de activos financieros, forjados a partir de las teorías encaminadas a explicar la formación de los precios en los mercados de capitales y, lo que es más importante, susceptibles de aplicación a las finanzas empresariales. Y por otro, la gestación de una teoría de la asignación del presupuesto de capital de la empresa, que trajo consigo el desarrollo, durante la segunda mitad de los años cincuenta, de nuevos métodos y técnicas para la selección de proyectos de inversión y que, con las proposiciones MM de irrelevancia de la estructura de capital y de la política de dividendos (MODIGLIANI y MILLER, 1958 y 1961), acabaría transformando el tradicional enfoque prescriptivo de las finanzas empresariales en otro más positivo y

analítico, centrado en la toma de decisiones y en su contribución a la creación de valor. Como resultado de estos profundos cambios, los directores financieros comenzaron a plantearse la valoración de la empresa desde la perspectiva de los aportantes de recursos y a analizar el efecto de las decisiones financieras sobre el valor de la empresa en el mercado.

Por lo que a la asignación del presupuesto de capital se refiere, la idea de que los directores financieros debieran evaluar las oportunidades de inversión de la empresa de la misma manera que los inversores valoran sus carteras de activos financieros, propició la aplicación de los modelos de las finanzas de mercado a la resolución de los *puzzles* de las finanzas empresariales y, con ella, la concreción de la denominada «síntesis neoclásica» y su plasmación en un modelo de valoración al que subyace la concepción de la empresa como una cartera de proyectos de inversión: el modelo de cartera de proyectos.

Entre las implicaciones más importantes del modelo de cartera de proyectos para la valoración de las inversiones empresariales cabe referirse a las posibilidades que el CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) o modelo de equilibrio de activos financieros ofrece a la hora de estimar la tasa de descuento ajustada al riesgo con la que actualizar el valor de los flujos netos de tesorería que generarían las oportunidades de inversión y decidir, por ende, su inclusión o no en la cartera de proyectos. Siguiendo estas pautas, los directores financieros evalúan la cartera de proyectos de la empresa como si de una cartera de valores se tratase, diluyéndose así la dicotomía en términos de valoración, característica de las finanzas empresariales, entre activos financieros y activos productivos.

A la dilución de esta dicotomía está también contribuyendo, y además de manera significativa, la aplicación de los modelos de opciones financieras a la valoración de las oportunidades de inversión generadas por las empresas. Este emergente ámbito de aplicación de los modelos de valoración de opciones responde a la necesidad de explicar las divergencias observadas entre el valor de la cartera de proyectos y el valor de la empresa en el mercado.

El problema estriba en la incapacidad de los modelos de valoración basados en la técnica del descuento de flujos para determinar el valor de las opciones de crecimiento y flexibilidad vinculadas a las inversiones que componen la actual cartera de proyectos de la empresa. O lo que es lo mismo decir, las insuficiencias de los modelos basados en el descuento de flujos para captar la contribución al valor de las opciones reales que forman también parte de la cartera de proyectos.

Tales insuficiencias son hoy bien patentes a la hora de explicar los precios de los activos financieros –principalmente los de las acciones– emitidos por las empresas para financiar sus inversiones y también a la hora de justificar la realización de determinados proyectos de inversión que *a priori* no parecen contribuir a la creación de valor y que, a la luz de los modelos basados en el descuento de flujos, debieran ser rechazados. Y es que, como MYERS (1977) puso de manifiesto, el valor de mercado de la empresa viene determinado no sólo por sus inversiones actuales (*assets-in-place*) sino también por sus oportunidades futuras de inversión (*real options*), las cuales no pueden ser valoradas correctamente mediante los modelos desarrollados en el ámbito de la síntesis neoclásica.

Este trabajo de MYERS se encuentra en el origen de la corriente de investigación en finanzas conocida como enfoque de opciones reales y que, en línea con la concepción de la empresa inspirada por JENSEN y MECKLING (1976), vuelca su atención en las implicaciones de la separación entre la propiedad y el control, y la influencia de las características de los contratos de financiación en el comportamiento de los agentes y, por ende, en la discrecionalidad de la dirección para actuar sobre los flujos de renta generados por las inversiones actuales y futuras de la empresa.

Dos son las señas de identidad características del enfoque de opciones reales: (1) la noción de valor actual de un proyecto de inversión en función de la corriente de flujos netos de tesorería que se deriva de una gestión activa y continuada del mismo por parte de la dirección, y (2) la profundización en la analogía conceptual existente entre las opciones financieras y las posibilidades de actuación sobre los resultados del proyecto a efectos de mejorar las técnicas de valoración.

Desde este enfoque, la inversión proporciona a la empresa el derecho a decidir tanto sobre los resultados, tangibles e intangibles, generados a lo largo del tiempo, como sobre los propios recursos asignados al proyecto, por lo que una correcta valoración de aquélla pasa por determinar el valor de la correspondiente cartera de derechos de decisión. A este respecto, la patente similitud de dichos derechos con opciones financieras de compra y de venta estimula la adopción de principios y técnicas de valoración procedentes del análisis de derivados financieros –ampliamente contrastados– para la evaluación de este otro singular tipo de opciones.

Mientras que las investigaciones enmarcadas en el enfoque de opciones reales se multiplican y empiezan a aparecer los primeros manuales en esta materia <sup>1</sup>, son todavía pocos los académicos y profesionales que se han dejado seducir por los sólidos fundamentos y el sugerente lenguaje que proporciona. Las razones de esta demora en la sustitución del modelo tradicional del descuento por el enfoque de opciones reales se comprenden a la luz de la aún elevada complejidad operativa y variedad de los modelos de valoración, así como de la todavía insuficiente contrastación empírica.

Los escasos trabajos empíricos publicados hasta el momento pueden clasificarse en una de las dos siguientes categorías. Por un lado, la contrastación empírica de hipótesis de comportamiento deducidas de los modelos teóricos de opciones reales sobre las decisiones de inversión adoptadas en la empresa y que agrupa trabajos tales como HURRY, MILLER y BOWMAN (1992); KOGUT (1991); o McGRATH y NERKAR (2001) y en donde se consigue demostrar la superioridad predictiva del enfoque sobre el modelo tradicional del descuento.

<sup>1</sup> DIXIT y PINDYCK (1994) y TRIGEORGIS (1996) representan dos de los primeros y mejores manuales de opciones reales. Una perspectiva más práctica del enfoque es la contenida en AMRAM y KULATILAKA (1999) y COPELAND y ANTIKAROV (2001). Comienza asimismo a ser frecuente el dedicar un capítulo específico al enfoque de opciones reales en los manuales de finanzas más prestigios, como en BREALEY y MYERS (1998, cap. 21), VAN HORNE (1996, cap. 7), WESTON y COPELAND (1995, cap. 12); en los textos de valoraciones de inversiones, éste es el caso de COPELAND, KOLLER y MURRIN (1996, cap. 15); DAMODARAN (1996, cap. 18) o FERNÁNDEZ (1999, cap. 26); o incluso en los manuales dedicados al análisis de los activos derivados, como en FERNÁNDEZ (1996). También buena prueba del actual interés por el enfoque de opciones reales nos la brindan las recopilaciones de artículos contenida en TRIGEORGIS (1995 y 1999) y BRENNAN y TRIGEORGIS (2000) y en TRIGEORGIS y SCHWARTZ (2002), o los números monográficos de la *Midland Corporate Finance Journal* y de la *Quarterly Review of Economics and Finance*.

Por otro, el análisis empírico de la relevancia de las opciones reales en el valor de mercado de las empresas y de los proyectos de inversión empresarial, que reúne a la mayoría de los trabajos empíricos del enfoque de opciones reales aun cuando su implementación requiere la resolución de un importante inconveniente, cual es, el hecho de que tanto las opciones reales como los factores de los que depende su valor representan, por lo general, variables no directamente observables. El método empleado para salvar la dificultad de observación de las opciones reales es precisamente la característica que permite diferenciar, dentro de esta segunda vertiente de trabajos empíricos, otras tres subcategorías.

Un primer grupo de estudios que optan por el método del caso como medio de obtención de la información privada relevante para la valoración de las opciones. Son buen ejemplo de este tipo de estudios los publicados en TRIGEORGIS (1999) o los ya bien conocidos de BJERKSUND y EKERN (1990); EDLESON y REINHARDT (1995); KEMNA (1993); KULATILAKA (1993); LAUGHTON y JACOBY (1991); SMIT (1997) o TRIGEORGIS (1990).

Un segundo grupo de estudios centra el análisis en la valoración de las opciones reales vinculadas a contratos e inversiones sobre las que existe información pública disponible. Éste es por ejemplo el caso de las opciones reales asociadas los contratos de explotación de reservas petrolíferas (PADDOCK, SIEGEL y SMITH, 1988; y ADAM y GOYAL, 2000) o también el de las opciones inherentes a la propiedad de bienes inmuebles (QUIGG, 1993).

En tercer y último lugar se encuentran aquellos trabajos en los que son evaluadas las propiedades de la parte del valor de mercado no explicado por el valor de sus inversiones en funcionamiento (*assets-in-place*) con el objeto de averiguar su posible correspondencia con el valor de las opciones reales de la empresa. El precedente de este tipo de contraste se sitúa en los trabajos de KESTER (1984 y 1986), GIL (1991) y, más recientemente, COPELAND, KOLLER y MURRIN (1996) en donde se evidencia que el valor actual de la corriente de flujos futuros de tesorería de diversas empresas apenas alcanza el 50% de su valor de mercado y, en algunos casos –caracterizados por la elevada volatilidad de su demanda y por la posesión de importantes oportunidades de crecimiento– dicha estimación no llega a justificar el 20% de su valor de mercado.

En esta misma línea, AL-HORANI, POPE y STARK (2000) obtienen evidencia empírica a favor de la relación entre las variables tamaño y la ratio valor contable a valor de mercado, y el valor de las opciones reales de la empresa. Esta evidencia es esgrimida por AL-HORANI, POPE y STARK como explicación lógica a la relación estadísticamente significativa encontrada en los sucesivos trabajos de FAMA y FRENCH entre la rentabilidad de las acciones y los mencionados factores. De manera similar, ADAM y GOYAL (2000) observan que el valor de mercado de las oportunidades de inversión de una muestra de empresas se halla significativamente relacionado con la ratio valor contable a valor de mercado de sus activos; mientras que SMIT (2000) demuestra que el valor estimado de la cartera de opciones de crecimiento se encuentra positivamente relacionado con las variables I+D, riesgo total y sistemático y la asimetría de la rentabilidad de las acciones, variables todas ellas indicativas de la relevancia de las opciones de crecimiento en el activo total de la empresa.

Nuestro trabajo se enmarca en este último grupo. Más en concreto, nuestra investigación plantea como hipótesis principal que el valor de mercado de la empresa refleja las expectativas de los inversores acerca del valor de la cartera de opciones reales de la misma. De verificarse la descomposición del valor total de la empresa propuesta por el enfoque de opciones, la diferencia entre el valor de mercado de la empresa y el valor actual de sus inversiones en funcionamiento debiera corresponderse con el valor de la cartera de opciones de la misma. Previa estimación del mencionado valor de mercado de las inversiones en funcionamiento, comprobamos la relación entre la proporción del exceso del valor de mercado de la empresa no justificado por el modelo de descuento de flujos y un conjunto de variables teóricamente relacionadas con el valor de la cartera de opciones reales.

La investigación empírica se efectúa a partir de una muestra de 391 empresas tecnológicas cotizadas en los principales mercados de capitales de la OCDE en el período comprendido entre diciembre de 1994 y diciembre de 2000. La elección de la muestra de análisis viene motivada por la extendida presunción acerca de la significativa relevancia de las opciones reales en el valor de mercado de las empresas pertenecientes a la industria tecnológica, *a priori* superior al esperado en el correspondiente valor de mercado de aquellas otras empresas que desarrollan su actividad en el marco de la «vieja economía». El centrar el análisis en un negocio concreto nos permite además aislar el efecto que sobre el valor de mercado ejercen otros factores específicos de la actividad de la empresa.

Los resultados obtenidos en la investigación empírica son consistentes con las predicciones realizadas, incrementando así la evidencia empírica existente a favor de la relevancia de las opciones reales en el valor de mercado de las empresas de tecnología. Los resultados ponen de manifiesto no sólo la esperada magnitud del valor de mercado de las empresas de la muestra que no encuentra justificación en el modelo de descuento de flujos sino también la significativa relación del mismo con variables representativas de la relevancia de las opciones reales en la cartera de activos de la empresa, tales como, el esfuerzo inversor en las actividades de investigación y desarrollo, la beta de las acciones o el tamaño de la empresa. Se comprueba asimismo que estos resultados son robustos a cambios en la fecha de valoración, a la inclusión de variables sub-sectoriales, a la consideración del efecto país, y a medidas alternativas del riesgo y la asimetría de la rentabilidad.

El resto del trabajo se estructura de la manera siguiente. El apartado segundo plantea el modelo que relaciona el valor de mercado de la empresa con la cartera de opciones reales y propone las hipótesis a contrastar. El diseño de la investigación empírica es expuesto en el apartado tercero mediante la descripción de la muestra, variables y metodología econométrica empleadas. El apartado cuarto presenta los resultados obtenidos y muestra el análisis de sensibilidad efectuado sobre aquéllos. Cierra la investigación el apartado quinto mediante la discusión de las principales conclusiones.

## 2. LA CARTERA DE OPCIONES REALES Y EL VALOR DE MERCADO DE LA EMPRESA

Desde que MYERS (1977) sugiriera la utilización de la teoría de opciones para la valoración de las decisiones discrecionales de inversión de la empresa, un número creciente de trabajos han compartido el objetivo de proponer y desarrollar modelos contingentes adaptados a la valoración de opciones reales de diversa naturaleza. Subyace en todos estos modelos la convicción de que una

parte significativa del valor total de mercado de la empresa procede del valor aportado por la cartera de opciones reales, es decir, por decisiones que aún no han sido adoptadas, pero para cuya implementación la empresa se encuentra ventajosamente preparada. Apenas existen, sin embargo, estudios que proporcionen evidencia empírica respecto a la efectiva valoración de las opciones reales por parte del mercado, excepción hecha de las estimaciones antes mencionadas de KESTER (1984 y 1986), GIL (1991), o COPELAND, KOLLER y MURRIN (2000), los análisis sectoriales realizados por ADAM y GOYAL (2000); PADDOCK, SIEGEL y SMITH (1988); y QUIGG (1993), o los recientes trabajos de DANBOLT, HIRST y JONES (2002) y SMIT (2000).

De acuerdo con este enfoque, la cartera de proyectos de una empresa está formada por dos componentes de diferente naturaleza: las inversiones en funcionamiento (*assets-in-place*) y las opciones reales. Las primeras 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 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 procede no sólo de los flujos esperados de una determinada asignación de recursos, sino más bien de los recursos en sí mismos y, por tanto, también de los flujos de tesorería generados por cualquier otra asignación alternativa que la empresa pudiera efectuar a dichos activos y capacidades. Los derechos a decidir diferentes asignaciones de los recursos y competencias 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.

De verificarse esta concepción del valor planteada por el enfoque de opciones, la hipótesis de mercados eficientes predice que el valor total de mercado de la empresa ha de reflejar el proveniente de su cartera de opciones reales. A su vez, como las opciones reales son normalmente variables no observables, este componente del valor de mercado dependerá de las expectativas de los inversores respecto a la estrategia opciones reales de la empresa. Los inversores explotarán la información disponible sobre la efectiva tenencia de opciones por parte de una empresa, así como sobre su capacidad para gestionar estas opciones de manera eficiente.

Si de entre las diversas alternativas hubiese que elegir una variable aproximativa de la relevancia de las opciones reales en la estructura de inversión de la empresa, el negocio en el que la empresa desarrolla su actividad sería, probablemente, una de las primeras alternativas barajadas. Factores tales como las necesidades y capacidad de compra de los consumidores de un determinado mercado, el grado de liberalización y rivalidad de los mercados de productos y factores, el nivel de globalización del sector, el estadio tecnológico de los sistemas productivos o la existencia y grado de eficiencia de los mercados de activos empresariales, son fuente de oportunidades de inversión y de abandono que son simultáneamente compartidas por las empresas que operan en una determinada industria y/o territorio.

Con todo, la pertenencia a un determinado sector no determina, por sí sola, la composición de la cartera de opciones reales de la empresa. Lo que comúnmente se entiende por opciones reales no son las oportunidades latentes en los mercados, sino el particular derecho de acceso a las mismas que posee cada empresa en concreto y que vendrá determinado por su estructura específica de recursos y capacidades. De ahí que, si de lo que se trata es de determinar las variables utilizadas por los

inversores para aproximar el valor de mercado de la cartera de opciones de cada empresa, haya que recurrir a factores que informen sobre la particular capacidad de la empresa para apropiarse de las mencionadas oportunidades y para explotarla eficientemente o, en su defecto, a variables que revelen la efectiva posesión y ejercicio de dichas opciones. De hecho, la disparidad en el valor de las carteras de opciones reales de las empresas pertenecientes a un mismo sector –y por tanto co-propietarias de las mismas opciones compartidas<sup>2</sup>– revelan diferentes percepciones con respecto a los mecanismos adoptados en cada empresa para su identificación, adquisición, mantenimiento y ejercicio óptimo subsiguiente.

Entre las variables de las que se dispone de información pública y que proporcionan una aproximación, más certera que el sector de actividad, del valor de la cartera de opciones reales, la literatura precedente propone: la inversión en investigación y desarrollo (ADAM y GOYAL, 2000; SMITH, 2000; BERNADO *et al.*, 2000; CALLEN y GELB, 2000), la irreversibilidad de los activos (PINDYCK, 1988), el riesgo y asimetría de la rentabilidad de las acciones (SMIT, 2000), el apalancamiento financiero (MYERS, 1977; MCCONELL y SERVAES, 1995; CALLEN y GELB, 2000) y el tamaño empresarial (ADAM y GOYAL, 2000 y BERNARDO *et al.*, 2000).

Las inversiones en actividades de investigación y desarrollo representan uno de los mecanismos principales con los que cuenta la empresa para generar los recursos y competencias que sustentan sus opciones de expansión en nuevos productos y mercados. Como afirman MITCHELL y HAMILTON (1988) y NEWTON y PEARSON (1994), el resultado principal de los proyectos de I+D no son los flujos de tesorería, sino el aprendizaje y el conocimiento necesarios para invertir en futuros proyectos de expansión. Es de esperar por consiguiente que la proporción del valor de mercado de una empresa procedente de sus opciones de crecimiento aumente a medida que lo hace el esfuerzo relativo de la misma en proyectos de investigación y desarrollo.

La irreversibilidad del activo incrementa, por su parte, el coste de oportunidad del ejercicio de una opción de inversión. En la medida que el compromiso de los recursos pueda ser diferido, la fecha óptima de inversión viene determinada por el momento en el cual el valor del subyacente supera la suma del valor de ejercicio más el de valor de ejercitar dicha opción de inversión en cualquier fecha posterior. (INGERSOL y ROSS, 1995). Por ello, cuanto mayor es la irreversibilidad de las inversiones de una empresa mayor es el valor del aplazamiento del ejercicio de sus opciones, aumentando así la importancia relativa del valor de mercado de sus opciones de inversión en comparación con sus inversiones en funcionamiento.

La beta de las acciones refleja también la efectiva posesión de opciones de inversión. Puesto que el riesgo de estas opciones es mayor que el riesgo de sus activos subyacentes, y dado que el valor de aquéllas aumenta con el riesgo de la inversión, el peso relativo de las opciones reales sobre el valor total de mercado de la empresa es, *ceteris paribus*, función creciente del riesgo sistemático de sus acciones<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Acerca de la diferencia entre opciones exclusivas y compartidas véase, por ejemplo, KESTER (1984).

<sup>3</sup> Una descripción más detallada de la relación entre oportunidades de crecimiento y beta de las acciones puede verse en CHUNG y CHAROENWONG (1991), CHUNG y KIM (1997).

Otra variable presumiblemente relacionada con el valor de las opciones reales es la asimetría de los rendimientos de las acciones. En la medida en que las decisiones discrecionales atinentes al ejercicio de las opciones reales permite a los directivos incrementar los beneficios a la par que limitar las pérdidas, la posesión y gestión de opciones reales sesga la distribución de probabilidad de los rendimientos de las acciones hacia la derecha. En consecuencia, la proporción del valor de mercado de una empresa asociado a sus opciones reales es mayor, *ceteris paribus*, cuanto mayor es la asimetría de la rentabilidad de sus acciones.

Entre las variables habitualmente utilizadas como medidas aproximativas de la capacidad de una empresa para gestionar sus opciones de una manera eficiente hay que referirse al apalancamiento financiero y tamaño de la empresa. El apalancamiento financiero de la empresa aumenta la probabilidad de que se presenten problemas de subinversión por mor tanto de los problemas de agencia como de restricciones financieras, de ahí que cuanto mayor es el endeudamiento empresarial menor es la proporción del valor total de mercado atribuible a sus opciones de inversión.

Consideramos finalmente la variable tamaño que esperamos esté relacionada con el valor de mercado de las opciones reales, si bien, no establecemos *a priori* el signo de esta relación. El tamaño puede ser una fuente de información con respecto a las posibilidades de la empresa para recabar fondos con los que adquirir, mantener y ejercer sus opciones reales, y por ello, estaría positivamente relacionado con el valor de las opciones reales. Contrariamente, BERNARDO *et al.* (2000) predicen una relación negativa entre la importancia de las opciones reales y el tamaño de la empresa, debido a que este último puede considerarse como una *proxy* de la situación en la que se encuentra la empresa en cada momento dentro del proceso lógico de expansión definido por la sustitución de sus opciones de crecimiento por inversiones en funcionamiento.

En suma, de verificarse la presunción del enfoque de opciones según la cual el valor de mercado de la empresa no atribuible a sus inversiones en funcionamiento refleja el valor asignado por los inversiones a la cartera de opciones reales de la misma, este último debiera relacionarse positivamente con las variables investigación y desarrollo, irreversibilidad del activo y la beta y asimetría de sus acciones; y negativamente con el apalancamiento financiero. Existen asimismo razones suficientes para esperar que dicho exceso del valor de mercado dependa del tamaño de la empresa, aunque *a priori* el signo de dicha relación se revela ambiguo.

### 3. MUESTRA DE ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES

La muestra de empresas empleada en el análisis empírico es obtenida de la base de datos *Compustat (Global Vantage)*. La confección de la muestra de análisis se inició con la selección del conjunto de compañías que, operando en el sector tecnológico, cotizasen en los principales mercados de capitales de la OCDE. Se alcanzó así una muestra inicial de 1.040 empresas cuyos negocios, en términos de la clasificación industrial estándar (SIC), se enmarcaban en los subsectores de Equipos Informáticos (Códigos SIC 3570, 3571, 3572, 3576 & 3577), Equipos de Comunicaciones, Semiconductores e Instrumental de Grabación Óptica (códigos 3661, 3663, 3669, 3674 & 3695),

Instrumentos de Precisión, Oftalmológicos y Relojes (códigos del 3821 al 3827, 3829 y 3861), Venta al por mayor de Equipos informáticos y Software (5045), y Programación y Proceso de Datos (7370, 7371, 7372 & 7374).

De este conjunto inicial de empresas fueron excluidas aquellas que no satisfacían alguna de estas tres condiciones: 1) disponer de una serie completa de cotizaciones mensuales durante el período comprendido entre diciembre de 1994 y diciembre de 1999, 2) disponer de información relativa al balance de situación y a la cuenta de resultados (incluyendo la información sobre la inversión en investigación y desarrollo) para el año 1999 y 2000, y, por último, 3) registrar flujos de tesorería positivos en las fechas de valoración. La muestra final se compone de 393 empresas que contabilizan el 65 por 100 de la facturación total atribuida por *Compustat* al sector tecnológico. Según su procedencia geográfica, la muestra está compuesta de un 39,9 por 100 de empresas norteamericanas, un 16,8 por 100 de empresas de la Europa Continental, un 15,5 por 100 de empresas japonesas, un 6,4 por 100 de compañías británicas, un 5,1 por 100 de empresas canadienses, un 3,4 por 100 de firmas taiwanesas, un 2,1 por 100 de empresas nórdicas y, por último, un 10,8 por 100 de empresas del resto de países de la OCDE.

Las variables implicadas en nuestro análisis son diez. Una variable dependiente: la proporción del valor de mercado de la empresa atribuible a su cartera de opciones reales. Seis variables independientes: el esfuerzo en investigación y desarrollo, la irreversibilidad del activo, la beta y asimetría de la rentabilidad de las acciones, el apalancamiento financiero y el tamaño de la firma. Y, por último, tres variables de control: la adscripción sectorial, el efecto país y una medida combinada del riesgo y la asimetría de la rentabilidad de las acciones.

Dado que el valor de la cartera de opciones reales es una variable de naturaleza no observable su estimación debe efectuarse partiendo de algunos supuestos. Siguiendo el planteamiento propuesto por el enfoque de opciones reales, según el cual el valor de mercado de la empresa equivale a la suma del valor de sus inversiones en funcionamiento (*assets in place*) y de sus opciones reales, el valor de cualquiera de estos tres elementos queda automáticamente determinado por los dos restantes. De acuerdo con este razonamiento, calculamos el valor de las opciones reales de cada empresa como diferencia entre el valor total de mercado de sus títulos (capitales propios más deuda) y el valor estimado de sus inversiones en funcionamiento.

La aproximación de este último valor no está exenta de dificultades. A los problemas de información relacionados con la estimación de la futura corriente de flujos netos de tesorería de las inversiones en funcionamiento, hay que añadir la práctica imposibilidad de obtener una aproximación adecuada al riesgo de esta renta, ya que los estimadores usualmente empleados en la estimación del riesgo –por ejemplo, el coeficiente beta– se encuentran vinculados al conjunto de activos de la empresa y, por tanto, reflejan no sólo el riesgo asociado a sus inversiones en funcionamiento, sino también el derivado de sus opciones reales.

El método elegido para resolver el problema de la estimación de la corriente de flujos netos de tesorería esperados de las inversiones en funcionamiento, consiste en suponer que éstas proporcionan una renta perpetua de término constante idéntico al registrado en el último ejercicio. En rela-

ción con el cálculo de la tasa de descuento optamos por emplear tres criterios de distinta exigencia: el coste de capital medio del sector tecnológico calculado a partir de la beta media sectorial ( $K_{tec}$ ), la tasa de rentabilidad del activo libre de riesgo ( $R_f$ ), y el coste de capital de cada empresa calculado a partir de la beta de los activos ( $K_i$ )<sup>4</sup>.

Se obtienen así tres estimaciones diferentes del valor de los *assets-in-place* de cada empresa (*VAIP*): un primer valor calculado como el cociente entre el flujo neto de tesorería y el coste de capital medio del sector tecnológico ( $VAIP[K_{tec}]$ ), un segundo valor derivado de la actualización del precitado flujo neto de tesorería al tipo de interés libre de riesgo ( $VAIP[R_f]$ ) y, un tercer y último valor procedente del descuento del flujo neto tesorería el coste de capital de la firma ( $VAIP[K_i]$ ).

Conjugados estas tres estimaciones con el valor total de mercado de la empresa, se obtienen otras tantas ratios aproximativas del valor de las opciones reales (*ROR*). Concretamente, la relevancia de la cartera de opciones reales en el valor de mercado de la empresa es identificada con el cociente entre las referidas estimaciones del valor los *assets-in-place* (*VAIP*) y el valor de mercado observado para cada empresa. La utilización de tres ratios diferentes de valoración en la aproximación de la relevancia de las opciones reales ( $ROR[K_{tec}]$ ,  $ROR[R_f]$ , y  $ROR[K_i]$ ) favorece el análisis de la robustez de las hipótesis planteadas en función de la exigencia de la estimación.

El esfuerzo en investigación y desarrollo (*R&D*) se aproxima a través del cociente entre los gastos en investigación y desarrollo y las ventas. La beta de las acciones (*BETA*) se estima empleando las rentabilidades mensuales, de diciembre de 1994 a diciembre de 1999, de las acciones de la empresa y del índice MSCI (*Morgan Stanley Corporate Index*) con el que aproximamos la cartera mundial de acciones. Las rentabilidades mensuales son también empleadas para estimar el coeficiente de asimetría de la rentabilidad de las acciones (*SKEW*). El grado de irreversibilidad de los activos (*IRREV*) es aproximado a través del cociente entre el valor contable del activo fijo y el valor contable de los activos totales, en la idea de que las empresas que tienen mayores cargas de estructura presentan un menor grado de reversibilidad de sus activos. El apalancamiento financiero (*LEV*) es calculado como el cociente entre el valor contable de la deuda con coste y del activo total. Por último, el tamaño de la empresa (*SIZE*) es medido a través del logaritmo del valor contable de los activos.

Para garantizar la robustez de los resultados se incluyen diversas variables de control como la adscripción sectorial de las empresas, el efecto país y una medida combinada del riesgo y la asimetría de la rentabilidad de las acciones. El efecto sectorial es introducido mediante la construcción de una

<sup>4</sup> Como demostraron CHUNG y KIM (1997), la beta del activo de una empresa es afectada por el mayor nivel de riesgo de las opciones y, por tanto, el coste de capital resultante de esa beta podría ser demasiado elevado para estimar el valor de los *assets-in-place*. Con objeto de suavizar el efecto de las opciones reales de cada empresa en la beta de sus activos (en su coste de capital), empleamos la beta media del sector tecnológico (el coste de capital) que, aunque también influida por la cartera media de opciones reales del sector, se aproxima más al verdadero nivel de riesgo sistemático de la inversión tecnológica.

Las betas son estimadas a partir de las rentabilidades mensuales de las acciones y de la cartera mundial elaborada por MORGAN STANLEY (*MSCI-W*), desde diciembre de 1994 hasta diciembre de 1999. La beta de los activos ha sido calculada teniendo en cuenta el apalancamiento financiero y los impuestos. La beta del sector tecnológico es la media aritmética de la beta de los activos de las empresas incluidas en la muestral.

serie de variables *dummy* que discriminan entre los cinco subsectores principales del negocio tecnológico y que, de acuerdo con la clasificación SIC, son: 357 (Equipos de Oficina y Computación); 36 (Equipos eléctricos); 38 (Instrumentos de medida); 737 (Programación, Software y servicios); y el resto de segmentos de alta tecnología proporcionado por la base de datos *Compustat*. Las variables *dummy* empleadas en la consideración del efecto país vienen definidas por la procedencia de una de las siguientes regiones: Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, Japón, Europa y el resto del mundo.

Finalmente, el análisis empírico incluye una medida combinada de la beta y el coeficiente de asimetría de la rentabilidad de las acciones. Más en concreto, consideramos la denominada beta de Leland (*LBETA*) que es una medida del riesgo que contiene todos los componentes del riesgo, incluyendo asimetría y curtosis, y que, por tanto, permite considerar de manera conjunta el efecto de las opciones reales de la empresa sobre la distribución de probabilidad de la rentabilidad de sus acciones y la preferencia de los inversionistas por las rentabilidades sesgadas positivamente.

La beta de Leland es una medida del riesgo que es consistente con el modelo de valoración en equilibrio propuesto por RUBINSTEIN (1976), aunque su estimación no requiere mayor información que la utilizada en la aproximación de la beta del CAPM. En particular, la beta de Leland se define como:

$$LBETA = \frac{cov [R_i; - (1 + R_M)^{-b}]}{cov [R_M; - (1 + R_M)^{-b}]}$$

donde  $R_i$  y  $R_M$  son, respectivamente, las rentabilidades de la acción  $i$  y el mercado, y el coeficiente  $b$  es el exceso de la prima de mercado instantánea dividida por la varianza de la rentabilidad instantánea de mercado <sup>5</sup>.

#### 4. EVIDENCIA

La **tabla 1** muestra los estadísticos descriptivos básicos de las principales variables empleadas en el modelo. Con carácter de generalidad, los datos recogidos hablan a favor de la relevancia de las opciones reales en el sector tecnológico, aun a pesar de la gran dispersión existente entre las empresas de la muestra. La ratio de opciones reales estimada a través del coste de capital del sector tecnológico [ $ROR(K_{tec})$ ] alcanza un valor medio de 0,81 y una desviación típica de 0,163, con valores comprendidos en el rango entre 0,02 y 1 <sup>6</sup>.

<sup>5</sup> La beta de LELAND (*LBETA*) es estimada a partir de las rentabilidades mensuales registradas desde diciembre de 1994 hasta diciembre de 1999. Al igual que en el cálculo de las betas, la cartera de mercado es aproximada con índice mundial MSCI.

<sup>6</sup> Con el fin de comprobar el efecto del *crack* bursátil del año 2000 en los referidos resultados, las ratios de opciones reales fueron reestimadas a partir de los datos actualizados a diciembre de 2000. Los resultados así obtenidos apenas difieren de los presentados en la **tabla 1**, aunque ciertamente los valores estimados de las opciones reales son menores que los registrados en 1999 (el valor medio de la ratio de opciones reales calculada con la tasa de descuento sectorial pasa de 0,80 a 0,71) y la volatilidad es mayor (la desviación típica pasa de 0,16 a 0,18).

TABLA 1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

	ROR( $K_{tec}$ )	ROR( $R_f$ )	ROR( $K_i$ )	R&D	IRREV	BETA	SKEW	LEV	SIZE
N .....	391	391	369	391	391	369	369	391	391
Media .....	0,8086	0,4263	0,7522	0,0847	0,1849	1,3197	0,6706	0,1440	6,1635
Mediana .....	0,8506	0,5522	0,8472	0,0743	0,1562	1,2589	0,4723	0,0969	6,0067
Desv. Típ. ....	0,1628	0,4880	0,4700	0,0622	0,1288	0,7325	0,9732	0,1492	1,7414
Min .....	0,0241	0,0163	0,0089	0,0000	0,0103	-0,7454	-1,9445	0,0000	2,4249
Max .....	0,9999	0,9999	3,5604	0,3172	0,6876	4,1214	6,9546	0,5771	11,3793
Percentiles									
25	0,7547	0,2646	0,7281	0,0353	0,0965	0,8331	0,1415	0,0059	4,9772
50	0,8506	0,5522	0,8472	0,0743	0,1562	1,2589	0,4723	0,0969	6,0067
75	0,9181	0,7544	0,9262	0,1261	0,2424	1,7308	1,0462	0,2492	7,2374

Para contrastar el contenido explicativo de las variables anteriormente definidas en el valor de mercado de las opciones reales, estimamos mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO) el modelo de regresión siguiente:

$$ROR(k)_i = \alpha + \beta_1 RD_i + \beta_2 SKEW_i + \beta_3 BETA_i + \beta_4 IRREV_i + \beta_5 LEV_i + \beta_6 SIZE_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

donde  $i$  representa a cada empresa ( $i = 1, \dots, N$ ),  $\alpha$  y  $\beta_j$  con los coeficientes a estimar, y  $\varepsilon_i$  representa el término error. Con el fin de contrastar la robustez de los resultados, el modelo es estimado para cada una de las variables propuestas como *proxies* del valor de mercado de la cartera de opciones reales [ $ROR(K_{tec})$ ,  $ROR(R_f)$ , y  $ROR(K_i)$ ], y posteriormente reestimado para incluir la medida combinada de la beta y la asimetría de los títulos ( $LBETA$ ), la clasificación en subsectores y el efecto país.

La **tabla 2** muestra los resultados de la estimación cuando se emplea  $ROR(K_{tec})$  como variable dependiente. Los resultados revelan que el valor de la cartera de opciones reales de las empresas incrementa con el esfuerzo en investigación y desarrollo ( $R&D$ ), el coeficiente de asimetría ( $SKEW$ ), la beta de las acciones ( $BETA$ ), la irreversibilidad de los activos ( $IRREV$ ) y el tamaño ( $SIZE$ ), y disminuye con el endeudamiento ( $LEV$ ); aunque sólo las variables  $R&D$ ,  $BETA$ , y  $SIZE$  se muestran estadísticamente significativas al 5 por 100 o menos.

Los resultados de la **tabla 2** confirman el efecto positivo y significativo del esfuerzo en I+D sobre el valor de las opciones reales, sugiriendo que los inversores consideran el esfuerzo en investigación y desarrollo de las empresas cuando valoran su cartera de opciones reales. Idéntica relación se encuentra, entre otros, en los trabajos de SMIT (2000) y ADAM y GOYAL (2000). El coeficiente significativo y positivo ( $p$ -value=0,000) de la variable tamaño sugiere que los inversores reconocen en el tamaño una señal de la capacidad de la empresa para gestionar eficientemente las opciones reales. Como sugieren ADAM y GOYAL (2000), esta relación es favorable a la idea de que cuanto mayor sea el tamaño de la empresa mayor es su capacidad para obtener los fondos necesarios para adqui-

rir, mantener y ejercitar las opciones reales de manera eficiente. Por otra parte, también podría indicar que la participación simultánea en diferentes negocios y mercados, propiciada por la dimensión, favorece la adquisición de conocimiento y experiencia, dos de las principales fuentes de las opciones de crecimiento.

Conforme a lo previsto en el epígrafe segundo y a los resultados obtenidos en los trabajos de SMIT (2000) y CHUNG & CHAROENWONG (1991), los coeficientes de las variables asimetría y beta <sup>7</sup> reflejan el efecto de las opciones de crecimiento tanto en el desplazamiento de la distribución de probabilidad de las rentabilidades hacia la derecha como en el incremento el riesgo sistemático de las acciones, aunque sólo el coeficiente BETA se muestra estadísticamente significativo ( $p\text{-value}=0,02$ ) al 5 por 100. El coeficiente positivo de la irreversibilidad es coherente con la idea de que la irreversibilidad incentiva el aplazamiento de nuevas inversiones y, por tanto, incrementa el plazo durante el cual las opciones de inversión son mantenidas sin ser ejercitadas en la cartera de activos de la empresa. Por último, el coeficiente negativo del endeudamiento (*LEV*) concuerda con la relación inversa entre apalancamiento financiero y opciones de crecimiento propuesta en la literatura previa y justificada en términos del problema de subinversión (*under-investment*) definido por MYERS (1977). No obstante, la significación estadística de este coeficiente es insuficiente para confirmar esta relación.

**TABLA 2. REGRESIONES POR MCO DE ROR(k) SOBRE R&D, SKEW, BETA, IRREV, LEV Y SIZE**

*Variable Dependiente: ROR ( $K_{tec}$ )*

	C	R&D	IRREV	BETA	SKEW	LEV	SIZE
Coef. ....	0,5964	0,3266	0,0366	0,0281	0,0153	-0,0475	0,0220
Stand. Error .....	0,0383	0,1478	0,0644	0,0120	0,0087	0,0588	0,0050
P-value .....	***[0,000]	**[0,0277]	[0,5700]	**[0,0202]	*[0,0781]	[0,4191]	***[0,000]
<i>R</i> 2	0,1053			<i>F</i>	7,0975		
<i>R</i> 2 <i>Aj.</i>	0,0904	<i>N</i>	369	<i>P-value</i>	***[0,000]		

\*\*\* indica significación al 1%; \*\* al 5%; y \* al 10%.

Nuestro modelo es redefinido introduciendo las variables país y las variables sectoriales y reestimado para las tres medidas alternativas del valor de la cartera de opciones reales. Los paneles A, B y C de la **tabla 3** muestran los resultados de la estimación para cada una de las regresiones. Con independencia de la medida empleada en la aproximación de la relevancia de las opciones rea-

<sup>7</sup> Los resultados de CHUNG y CHAROENWONG (1991) se refieren únicamente la beta de las acciones.

les, los resultados confirman la relación positiva entre  $ROR$  y las variables esfuerzo en I+D ( $R\&D$ ), coeficiente de asimetría ( $SKEW$ ), beta ( $BETA$ ), irreversibilidad de los activos ( $IRREV$ ) y tamaño ( $SIZE$ ), y la relación negativa entre  $ROR$  y el endeudamiento ( $LEV$ )<sup>8</sup>.

Los resultados en la **tabla 3** revelan nuevamente que la investigación y desarrollo ( $R\&D$ ), la beta ( $BETA$ ), y el tamaño de la empresa ( $SIZE$ ) son las únicas variables estadísticamente significativas al 5 por 100 en las tres estimaciones. Los coeficientes de las variables país y sector no son, en términos generales, estadísticamente significativas, sugiriendo que las diferencias en el valor de mercado de las opciones reales no pueden ser atribuidas a su adscripción sectorial y regional. En definitiva, los resultados obtenidos permiten confirmar las relaciones obtenidas anteriormente, así como el signo de la relación y su significación estadística.

El modelo fue nuevamente reestimado incluyendo el mencionado indicador que sintetiza el efecto combinado de la beta de las acciones y del coeficiente de asimetría de la rentabilidad de las acciones. Con este propósito, las variables  $BETA$  y  $SKEW$  fueron sustituidas por la beta de Leland ( $LBETA$ ). Como ya ha sido comentado, este indicador tiene la ventaja de permitir la consideración del efecto que la gestión de las opciones reales ejerce sobre la distribución de probabilidad de la rentabilidad de los títulos. De acuerdo con su definición, la teoría predice una relación positiva entre el valor de la cartera de opciones reales ( $ROR$ ) y la beta de Leland ( $BLELAND$ ).

**TABLA 3: REGRESIONES POR MCO DE ROR(k) SOBRE R&D, SKEW, BETA, IRREV, LEV, SIZE Y DUMMIES SECTORIALES Y PAÍS**

<i>Panel A. Variable Dependiente: ROR(<math>K_{tec}</math>)</i>							
	<b>C</b>	<b>R&amp;D</b>	<b>IRREV</b>	<b>BETA</b>	<b>SKEW</b>	<b>LEV</b>	<b>SIZE</b>
Coef. ....	0,6313	0,5992	-0,0526	0,0318	-0,0012	-0,0215	0,0152
Stand. Error ....	0,0734	0,1533	0,0652	0,0122	0,0085	0,0570	0,0050
P-value ....	***[.000]	***[.000]	[.421]	***[.009]	[.884]	[.707]	***[.003]
<i>R</i> 2	0,2355			<i>F</i>	7,2483		
<i>Adj-R</i> 2	0,2030	<i>N</i>	369	<i>P-value</i>	***[.000]		
<i>Panel B. Variable Dependiente: ROR(<math>R_f</math>)</i>							
	<b>C</b>	<b>R&amp;D</b>	<b>IRREV</b>	<b>BETA</b>	<b>SKEW</b>	<b>LEV</b>	<b>SIZE</b>
Coef. ....	0,1140	1,0619	0,0717	0,0633	0,0080	-0,0338	0,0201
Stand. Error ....	0,1212	0,2533	0,1090	0,0211	0,0145	0,0953	0,0084
P-value ....	[.347]	***[.000]	[.511]	***[.003]	[.583]	[.723]	**[.017]
<i>R</i> 2	0,2003			<i>F</i>	5,0095		
<i>Adj-R</i> 2	0,1603	<i>N</i>	333	<i>P-value</i>	***[.000]		

<sup>8</sup> La única excepción a los resultados previstos es el signo negativo, aunque no significativo, de la irreversibilidad de los activos en el panel A.

<i>Panel C. Variable Dependiente: ROR(K<sub>i</sub>)</i>							
	<b>C</b>	<b>R&amp;D</b>	<b>IRREV</b>	<b>BETA</b>	<b>SKEW</b>	<b>LEV</b>	<b>SIZE</b>
Coef. ....	0,5979	0,5658	0,0731	0,0683	0,0136	-0,2344	0,0148
Stand. Error .....	0,1112	0,2343	0,1005	0,0188	0,0132	0,0877	0,0077
P-value .....	***[.000]	**[.016]	[.468]	***[.000]	[.303]	***[.008]	*[.056]
<i>R</i> 2	0,1943			<i>F</i>	5,4677		
<i>Adj-R</i> 2	0,1588	<i>N</i>	316	<i>P-value</i>	***[.000]		

\*\*\* indica significación al 1%; \*\* al 5%; y \* al 10%.

Los paneles A, B y C de la **tabla 4** muestran los resultados de la estimación por mínimos cuadrados ordinarios de las tres medidas del valor de la cartera de opciones reales sobre las variables *R&D*, *LBETA*, *IRREV*, *LEV*, *SIZE*, y las variables país de procedencia. Los resultados ponen de manifiesto lo siguiente. En primer lugar, se confirma la relación positiva y significativa entre la beta de Leland (*LBETA*) y las tres medidas alternativas de la relevancia del valor de las opciones reales. En segundo lugar, corroboran nuestras conjeturas previas acerca del signo del resto de coeficientes: el valor de las opciones reales (*ROR*) está positivamente correlacionado con el esfuerzo en investigación y desarrollo (*R&D*), la irreversibilidad de los activos (*IRREV*), y el tamaño de la empresa (*SIZE*), y negativamente como el apalancamiento financiero (*LEV*)<sup>9</sup>. Y en tercer y último lugar, ratifican que *R&D*, *LBETA*, y *SIZE* son las tres únicas variables con suficiente significación estadística en todas las estimaciones realizadas<sup>10</sup>.

Para completar nuestra investigación empírica y con el fin de garantizar la robustez de nuestros resultados ante diferentes valoraciones, reestimamos el modelo con los datos correspondientes al año 2000. Los resultados de las nuevas regresiones se muestran en la **tabla 5**. En términos generales, los resultados son consistentes con las conclusiones previas, descartando por tanto la posibilidad de que aquellos procedan de una valoración excesivamente optimista de las empresas de alta tecnología. Independientemente de la medida de valoración empleada, las tres aproximaciones al valor de mercado de la cartera de opciones reales están positivamente correlacionadas con el esfuerzo en I+D (*R&D*), la beta de Leland (*LBETA*) y el tamaño de la empresa (*SIZE*). Nuevamente, el coeficiente de *R&D* es positivo y significativo en las tres estimaciones, mientras que la significación de *LBETA* y *SIZE* varía en función de la variable dependiente elegida.

La única diferencia con los resultados anteriores es la relación significativa y negativa entre dos de las variables dependientes y la *proxy* de la irreversibilidad de los activos (*IRREV*). Dada la dificultad que entraña el explicar, al menos, desde el marco conceptual del que partimos, una influen-

<sup>9</sup> Nuevamente, la única excepción es el signo negativo de la irreversibilidad en el panel A, aunque sigue siendo no significativo

<sup>10</sup> Excepción hecha de la variable tamaño cuyo *p-value* en el panel C es 0.102.

cia negativa de la irreversibilidad de las inversiones sobre el valor de las opciones reales, este último resultado nos obliga a poner en tela de juicio nuestro acierto en la definición de la variable con la que aproximamos la irreversibilidad de los activos.

**TABLA 4: REGRESIONES POR MCO DE ROR(k) SOBRE R&D, LBETA, IRREV, LEV, SIZE Y DUMMIES POR PAÍSES**

<i>Panel A. Variable Dependiente: ROR(<math>K_{tec}</math>)</i>						
	<b>C</b>	<b>R&amp;D</b>	<b>IRREV</b>	<b>LBETA</b>	<b>LEV</b>	<b>SIZE</b>
Coef. ....	0,6586	0,7058	-0,0359	0,0376	-0,0105	0,0126
t .....	11,9003	4,7047	-0,5770	2,9637	-0,2300	2,6278
P-value .....	***[0,000]	***[0,000]	[0,5643]	***[0,003]	[0,8182]	***[0,009]
<i>R</i> <sup>2</sup>	0,1980			<i>F</i>	8,9300	
<i>Adj-R</i> <sup>2</sup>	0,1760	<i>N</i>	393	<i>P-value</i>	***[0,000]	
<i>Panel B. Variable Dependiente: ROR(<math>R_f</math>)</i>						
	<b>C</b>	<b>R&amp;D</b>	<b>IRREV</b>	<b>LBETA</b>	<b>LEV</b>	<b>SIZE</b>
Coef. ....	0,1770	1,1428	0,0444	0,0759	-0,0334	0,0149
t .....	2,0262	4,5894	0,4362	3,5481	-0,4566	1,8979
P-value .....	**[0,0436]	***[0,000]	[0,663]	***[0,000]	[0,6483]	*[0,059]
<i>R</i> <sup>2</sup>	0,1780			<i>F</i>	6,6470	
<i>Adj-R</i> <sup>2</sup>	0,1510	<i>N</i>	335	<i>P-value</i>	***[0,000]	
<i>Panel C. Variable Dependiente: ROR(<math>K_i</math>)</i>						
	<b>C</b>	<b>R&amp;D</b>	<b>IRREV</b>	<b>LBETA</b>	<b>LEV</b>	<b>SIZE</b>
Coef. ....	0,6161	0,6180	0,0491	0,0683	-0,2023	0,0121
t .....	5,5562	2,6668	0,4964	3,5114	-2,8096	1,6389
P-value .....	***[0,000]	***[0,008]	[0,6199]	***[0,000]	***[0,005]	[0,102]
<i>R</i> <sup>2</sup>	0,1960			<i>F</i>	5,9710	
<i>Adj-R</i> <sup>2</sup>	0,1630	<i>N</i>	358	<i>P-value</i>	***[0,000]	

\*\*\* indica significación al 1%; \*\* al 5%; y \* al 10%.

**TABLA 5: REGRESIONES POR MCO DE ROR(k) SOBRE R&D, LBETA, IRREV, LEV, SIZE Y DUMMIES PAÍS**

*Fecha de valoración: 31-12-2000*

<i>Panel A. Variable Dependiente: ROR(<math>K_{tec}</math>)</i>						
	<b>C</b>	<b>R&amp;D</b>	<b>LBETA</b>	<b>LEV</b>	<b>IRREV</b>	<b>SIZE</b>
Coef. ....	0,5671	0,3857	0,0241	-0,0318	-0,2729	0,0074
t .....	10,5083	2,7555	2,0450	0,5359	-3,6920	1,3420
P-value .....	***[0,000]	***[0,006]	**[0,041]	[0,592]	***[0,000]	[0,180]
<i>R</i> 2	0,1489			<i>F</i>	6,6116	
<i>Adj-R</i> 2	0,1264	<i>N</i>	388	<i>P-value</i>	***[0,000]	
<i>Panel B. Variable Dependiente: ROR(<math>R_f</math>)</i>						
	<b>C</b>	<b>R&amp;D</b>	<b>LBETA</b>	<b>LEV</b>	<b>IRREV</b>	<b>SIZE</b>
Coef.....	0,3262	0,3648	0,1159	-0,3252	-0,1510	0,0119
t .....	4,6186	2,0834	7,2979	-3,5897	-2,0143	1,7005
P-value .....	***[0,000]	**[0,038]	***[0,000]	***[0,000]	**[0,045]	*[0,09]
<i>R</i> 2	0,3132			<i>F</i>	16,9214	
<i>Adj-R</i> 2	0,2947	<i>N</i>	381	<i>P-value</i>	***[0,000]	
<i>Panel C. Variable Dependiente: ROR(<math>K_i</math>)</i>						
	<b>C</b>	<b>R&amp;D</b>	<b>LBETA</b>	<b>LEV</b>	<b>IRREV</b>	<b>SIZE</b>
Coef.....	0,3908	0,7438	0,0344	-0,3084	-0,0148	0,0041
t .....	3,1050	2,9098	1,4027	-1,8131	-0,1312	0,3605
P-value .....	***[0,002]	***[0,004]	[0,162]	*[0,071]	[0,896]	[0,719]
<i>R</i> 2	0,1582			<i>F</i>	3,7951	
<i>Adj-R</i> 2	0,1165	<i>N</i>	212	<i>P-value</i>	***[0,000]	

\*\*\* indica significación al 1%; \*\* al 5%; y \* al 10%.

En suma, nuestra investigación empírica proporciona nueva evidencia acerca de la relevancia del valor de las opciones reales en el sector tecnológico. Los resultados revelan con cierta robustez una relación clara entre el valor de mercado de la empresa debido a las opciones reales y el esfuerzo en investigación y desarrollo, la beta de las acciones y el tamaño de la empresa. Hemos encon-

trado que, en términos generales, ni la significación estadística de las variables explicativas, ni el signo de la relación con el valor de las opciones reales dependen de la medida utilizada para aproximar esta última. Más aún, nuestras conclusiones son robustas a cambios en la fecha de valoración, a la inclusión de variables sub-sectoriales, a la inclusión del efecto país, y a medidas alternativas del riesgo y la asimetría.

## 5. CONCLUSIONES

El enfoque de opciones reales establece que el valor total de mercado de una empresa es la suma del valor de sus inversiones en funcionamiento y el valor de sus opciones reales. Sin embargo, se han realizado hasta el momento pocas investigaciones empíricas acerca de la efectiva valoración de las opciones reales por el mercado. La investigación previa se reduce a algunas estimaciones genéricas de la parte que del valor de mercado viene explicada por las opciones reales para unas pocas empresas bien conocidas y algunos estudios recientes centrados la identificación de la mejor manera de aproximar el componente del valor de mercado de la empresa asociado a las opciones reales.

De verificarse los fundamentos del enfoque de opciones reales, la hipótesis de mercados eficientes predice que los precios de las acciones reflejan la información disponible relativa a la cartera de opciones reales. Esta información se condensa en variables tales como las inversiones en I+D de la empresa, la irreversibilidad de su activo, el riesgo y la asimetría de sus acciones, su apalancamiento financiero y su tamaño, entre otras.

Siguiendo el razonamiento de las opciones reales, hemos planteado proposiciones contrastables que relacionan la parte del valor de mercado de la empresa vinculada a sus opciones reales y las variables antes mencionadas. Para verificar estas hipótesis hemos utilizado una muestra de 393 empresas de sectores de alta tecnología cotizadas en las principales bolsas de valores de la OCDE durante el período comprendido entre diciembre de 1994 y diciembre de 2000.

Nuestros resultados son consistentes con las predicciones. El análisis realizado indica que los inversores reconocen el valor de las opciones reales que poseen las empresas de alta tecnología. La estimación del componente del valor de la empresa explicado por sus opciones reales a finales de 1999 presenta un valor medio que varía entre 0,43 y 0,81, dependiendo del coste de capital tomado para aproximar el valor de las inversiones en funcionamiento. También hemos encontrado que estos resultados no vienen inducidos por una valoración excesivamente optimista de las empresas de alta tecnología en 1999, como distintos analistas han sugerido. La estimación del valor de las opciones reales antes mencionado, calculado tras la caída de las cotizaciones acontecida en el año 2000 se sitúa en un valor medio que oscila entre 0,45 y 0,71, dependiendo de nuevo del coste de capital de las inversiones realizadas.

Nuestros resultados confirman también la relación propuesta desde el enfoque de opciones reales entre la proporción del valor total de mercado de una empresa asociada a sus opciones reales y algunas de las variables que pueden afectar a esta última. Hemos analizado el efecto de la inversión

en I+D, la irreversibilidad del activo, la beta y asimetría de las acciones, el apalancamiento financiero y el tamaño sobre las estimaciones del valor de las opciones reales. La evidencia encontrada prueba la existencia de una relación positiva y estadísticamente significativa entre las variables de I+D, beta de las acciones y tamaño, y el valor estimado de las opciones reales de la empresa.

Además, hemos analizado la relación entre el valor de las opciones reales de la empresa y un indicador que sintetiza el efecto combinado de la beta y la asimetría de las acciones. Nuestros resultados revelan una asociación positiva y estadísticamente significativa entre ambas *proxies*. Este hecho refuerza la hipótesis de que la parte del valor total de mercado de una empresa no explicado por sus inversiones en funcionamiento refleja las expectativas de los inversores acerca de sus opciones reales. Finalmente, hemos examinado la robustez de nuestros resultados controlando por el año de la valoración, el subsector y el país, no obteniendo en general evidencia de que nuestros resultados sean sensibles a estas variables.

A pesar de que hemos obtenido una cierta evidencia sobre la efectiva valoración de las opciones reales por parte del mercado e identificado algunas de sus variables explicativas, la investigación futura debiera avanzar en el planteamiento de un modelo que permitiera incluir estimaciones aún más precisas del valor de mercado de las opciones reales y de algunas de las variables independientes, tales como la irreversibilidad de las inversiones. Nuestro trabajo confirma asimismo la necesidad de disponer de un modelo apropiado para cuantificar el valor asignado por los inversores a las opciones reales vinculadas a las estrategias y asignaciones de recursos de la empresa. Sin embargo, dado que las opciones reales no son generalmente observables por inversores externos, este modelo debiera incorporar aquellas variables que son utilizadas por los inversores para aproximar el valor de mercado de las opciones reales de la empresa. Los resultados de nuestro trabajo evidencian que la inversión en I+D, la beta de las acciones y el tamaño pueden ser tres de ellas. La investigación futura pudiera ayudar a precisar y completar el modelo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADAM, T. y V.K. GOYAL (2000): «The Investment Opportunity Set and its Proxy Variables: Theory and Evidence», *SSRN Electronic Paper Collection*, febrero.
- AL-HORANI, A.; P.F. POPE y A.W. STARK (2000): «Research and Development Expenditures, Real Options and the Explanation of Expected Returns», *4th Annual International Conference on Real Options: Theory Meets Practice*, July, U. Cambridge, UK.
- AMRAM, M. y N. KULATILAKA (1999): *Real Options. Managing Strategic Investment in an Uncertain World*. Harvard Business School Press.
- BERNARDO, A.; B. CHOWDHRY; D. PALIA y E. SERNOVA (2000): «Real Options and the Diversification Discount». *4th Annual International Conference on Real Options: Theory Meets Practice*, July, U. Cambridge, UK.

- BJERKSUND, P. y S. EKERN (1990): «Managing investment opportunities under price uncertainty: From last chance to wait and see strategies». *Financial Management*, vol. 19, n.º 3, pp. 65-83.
- BOWMAN, E.H. y D. HURRY (1993): «Strategy through the Option Lens: An Integrated View of Resource Investments and the Incremental-Choice Process», *Academy of Management Review*, 18(4), pp. 760-782.
- BREALEY, R. A. y S.C. MYERS (1998): *Fundamentos de financiación empresarial*, McGraw-Hill.
- CALLEN, D. y J. GELB (1999): «Firm Leverage and Unanticipated Growth: A Test of the Myers Conjecture», *Australian Finance and Banking Conference*, Sydney, Australia.
- CHUNG, K.H. y C. CHAROENWONG (1991): «Investment Options, Asset in Place, and The Risk of Stocks», *Financial Management*, 20(3), pp. 21-33.
- CHUNG, K.H. y K.H. KIM (1997): «Growth Opportunities and Investment Decisions: A New Perspective on the Cost of Capital», *Journal of Business & Accounting*, 24(3)&(4), pp. 413-424.
- COPELAND, T y V. ANTIKAROV (2001): *Real Options: A Practitioner's Guide*. Monitor Group.
- COPELAND, T.; T. KOLLER y J. MURRIN (2000): *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies* 3/e. John Wiley & Sons, New York.
- DAMODARAN, A. (1996): *Investment valuation: Tools and techniques for valuing any asset*. John Wiley & Sons.
- DAMODARAN, A. (2001): *The Dark Side of Valuation. Valuing Old Tech, New Tech, and New Economy Companies*. Prentice Hall.
- DANBOLT, J.; I. HIRST y E. JONES (2002): «Measuring Growth Opportunities», *Applied Financial Economics*, 12(3), pp. 203-212.
- DIXIT, A.K. y R.S. PINDYCK (1994): *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press.
- EDLESON, M. E. y F. L. REINHARDT (1995): «Investment in pollution compliance options: The case of Georgia Power». En Trigeorgis (ed.): *Real Options in Capital Investment. Models, strategies, and applications*, pp. 243-263.
- FERNÁNDEZ, P. (1999): *Valoración de empresas*. Gestión 2000.
- GIL, M.E. (1991): *Valoración de inversiones estratégicas: El enfoque de la OPT*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- HURRY, D.; A.T. MILLER y E.H. BOWMAN (1992): «Calls on High-Technology: Japanese Exploration of Venture Capital Investments in the United States». *Strategic Management Journal*, 13, pp. 85-101.
- INGERSOLL, J. y S.A. ROSS (1992): «Waiting to Invest: Investment and Uncertainty», *Journal of Business*, 65(1), pp. 1-29.
- JENSEN, M. C. y C. W. SMITH (1984): «The Theory of Corporate Finance: a Historical Overview», En: JENSEN y SMITH: *The Modern Theory of Corporate Finance*. McGraw-Hill, Nueva York, pp. 2-20.
- JENSEN, M. C. y W.H. MECKLING (1976): «Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs and Ownership Structure». *Journal of Financial Economics*, vol. 3, oct., pp. 305-360.
- KEMNA, A. (1993): «Case studies on real options». *Financial Management*, vol. 22, n.º 3, pp. 259-270.

- KESTER, W.C. (1984): «Today's Options for Tomorrow's Growth», *Harvard Business Review*, March-April, pp. 153-160.
- KESTER, W.C. (1986): «An Options Approach to Corporate Finance», in ALTMAN, E. I. (Ed.): *Handbook of Corporate Finance*, John Wiley & Sons.
- KOGUT, B. (1991): «Joint Ventures and the Option to Expand and Acquire», *Management Science*, 37(1), pp. 19-33.
- KULATILAKA, N. (1993): «The Value of Flexibility: The Case of a Dual-Fuel Industrial Stream Boiler». *Financial Management*, vol. 22, n.º 3, pp. 271-280.
- LAUGHTON, D. G. y H. D. JACOBY (1991): «A Two-Method Solution to the Investment Timing Option». *Advances in Futures and Options Research* 5, pp. 71-87
- LELAND, H. E., (1999): «Beyond Mean-Variance: Performance Measurement in a Nonsymmetrical World» *Financial Analyst's Journal* (January-February), pp. 27-35.
- MARKOWITZ, H.M. (1952): «Portfolio Selection», *Journal of Finance*, vol. 7(1), pp. 77-91.
- MCCONNELL, J. J. y H. SERVAES (1995): «Equity Ownership and the Two Faces of Debt», *Journal of Financial Economics*, vol. 39, pp. 131-157.
- MILLER, M. H. y F. MODIGLIANI (1961): «Dividend Policy, Growth, and the Valuation of Shares». *Journal of Business*, vol. 34, n.º 4, pp. 411-433.
- MITCHELL, G.R. y HAMILTON, W.F. (1988): «Managing R&D as a Strategy Option», *Research Technology Management*, 31, pp. 15-22.
- MODIGLIANI, F. y M. H. MILLER (1958): «The Cost of Capital, Corporate finance and the Theory of Investment». *American Economic Review*, vol. 48, n.º 3, pp. 261-297.
- MYERS, S.C. (1977): «Determinants of Corporate Borrowing», *Journal of Financial Economics*, vol. 5(2), pp. 145-175
- MYERS, S.C. (1984): «Finance Theory and Financial Strategy», *Interfaces*, 14(1), pp. 126-137.
- MYERS, S.C. (1996): «Fisher Black's Contributions to Corporate Finance», *Financial Management*, vol. 25(4), pp. 95-103.
- NEWTON, D.P. y A.W. PEARSON (1994): «Application of Option Pricing Theory to R&D», *R&D Management*, 24(1), pp. 83-89.
- OTTO, R.E. (2000): *Valuation of Corporate Growth Opportunities. A Real Options Approach*. Garland Publishing.
- PADDOCK, J.L.; D.R. SIEGEL y J.L. SMITH (1988): «Option Valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases», *Quarterly Journal of Economics*, 103(3), pp. 479-508.
- PINDYCK, R.S. (1988): «Irreversible Investment, Capacity Choice, and the Value of the Firm», *American Economic Review*, vol. 78(5), pp. 969-985.
- QUIGG, L. (1993): «Empirical Testing of Real Option-Pricing Models», *Journal of Finance*, 48(2), pp. 621-640.

- RUBINSTEIN, M. (1976): «The Valuation of Uncertain Income Streams and the Pricing of Options», *Bell Journal of Economics*, vol. 7(2), pp. 407-425.
- SCHWARTZ, E. S. y L. G. TRIGEORGIS (2001): *Real Options and Investment under Uncertainty*. MIT Press.
- SHARP, D.J. (1991): «Uncovering the Hidden Value in High-Risk Investments», *Sloan Management Review*, vol. 32(2), pp. 69-74.
- SMIT, H. T. J. (1997): «Investment analysis of offshore concessions in the Netherlands». *Financial Management*, vol. 26, no. 2, pp. 5-17.
- SMIT, H. T. J. (2000): «Option Characteristics of Growth Stocks», *4th Annual International Conference on Real Options: Theory Meets Practice*, July, U. Cambridge, UK.
- TRIGEORGIS, L. G. (1990): «A real-options application in natural-resource investments». *Advances in Futures and Options Research*, vol. 4, pp. 153-164.
- TRIGEORGIS, L.G. (1996): *Real Options. Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, MIT Press.
- TRIGEORGIS, L.G. (1999): *Real Options and Business Strategy. Applications to Decision Making*. Risk Books.
- VAN HORNE, J. C. (1996): *Administración financiera*, 9/e. Prentice Hall.