

R. 25.241

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales  
Departamento de Economía Financiera III

T 623

**VALORACION DE OPCIONES  
ESTRATEGICAS:  
EL ENFOQUE DE LA  
"OPTION PRICING THEORY"**



M.<sup>a</sup> Elena Gil García  
Madrid, 1991



La Tesis Doctoral de D.<sup>a</sup> M<sup>a</sup>Elena GIL GARCIA .....

Titulada "Valoración de opciones estatégicas: el enfoque de la option pricing theory" .....

Director Dr.<sup>a</sup> D.<sup>a</sup> Petra MATROS .....

fue leida en la Facultad de CC. Económicas y Empresar. de la UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, el día 16... de .... enero..... de 19 91..., ante el tribunal constituido por los siguientes Profesores:

PRESIDENTE D. Andrés-Santiago SUAREZ SUAREZ .....

VOCAL D. Daniel VILLALBA VILA .....

VOCAL D. Angel SAEZ TORRECTILLA .....

VOCAL D. Alvaro CUERVO GARCIA .....

SECRETARIO D. Juan-Antonio MAROTO ACIN .....

.....

habiendo recibido la calificación de *Apto. con la habilitación* por *unanimidad* .....

Madrid, a 16 de enero de 1991.

EL SECRETARIO DEL TRIBUNAL.

VALORACION DE OPCIONES  
ESTRATEGICAS: EL ENFOQUE DE  
LA "OPTION PRICING THEORY"

M<sup>a</sup> Elena Gil García  
Departamento de Economía Financiera III  
Universidad Complutense de Madrid

Directora: Profesora Dra. Petra Mateos  
Catedrática de Economía Financiera

VALORACION DE OPCIONES  
ESTRATEGICAS: EL ENFOQUE DE  
LA "OPTION PRICING THEORY"

## Agradecimientos

*En el año 1986 cursaba cuarto curso de Ciencias Económicas y Empresariales en el CUNEF y fue en la asignatura de Inversión y Financiación donde oí hablar por primera vez de las opciones financieras. Por aquella clase de tan grato recuerdo me siento en deuda con Petra Mateos, que supo despertar en mí el interés sobre este tema. Fue el impulso inicial que me animó a elaborar mi tesis doctoral sobre la teoría de valoración de opciones. A ello se suma su ofrecimiento a dirigirla lo que acrecienta la deuda contraída con ella.*

*Durante la fase inicial del estudio, fue para mí de grandísimo provecho el intercambio de ideas con algunos especialistas, como el profesor de la State University of New York, Thomas Coleman, que me orientó en el árido tema del cálculo estocástico aplicado a las finanzas. Deseo asimismo reconocer aquí la contribución de mis amigos y compañeros Juan Antonio Maroto y Juan Mascareñas por sus valiosos consejos y sugerencias a la primera versión de este estudio. Eduardo Pérez Goróstegui y Luis Tomás Díez de Castro me facilitaron una valiosa bibliografía que siempre agradeceré. También debo mucho a todos los autores que aparecen en la bibliografía.*

*Estas notas preliminares quedarían injustamente incompletas si no se consignase en ellas lo mucho que el trabajo debe al prof. César Albiñana, no tanto como especialista en finanzas de la empresa, sino como auténtico maestro, todo generosidad y entusiasmo, que supo alentarme en mis momentos de desánimo y cuya rigurosa revisión contribuyó a mejorar este trabajo.*

*También quiero dejar constancia de mi agradecimiento a Marlem Soto por compartir la ingrata tarea de mecanografiar y corregir las numerosas versiones de la tesis, con impecable profesionalidad y buen humor.*

*Después de haberle robado un tiempo precioso a mi vida familiar, no podría olvidar mencionar mi gratitud a mis padres y hermanos (en especial a mi madre por su enorme paciencia) y, en general, a todos mis amigos que también han contribuido de una u otra forma a que pudiese llevar a término esta tesis.*

# INDICE

	<u>Pág.</u>
INTRODUCCION . . . . .	7
 <b>PARTE I: El enfoque de la OPT para valoración de opciones estratégicas.</b>	
 <b>CAPITULO 1 : LA PLANIFICACION ESTRATEGICA Y LA TEORIA DE LAS DECISIONES DE INVERSION</b>	
1.1.- En torno a la planificación estratégica . . .	15
1.2.- Limitaciones de la teoría de las decisiones de inversión . . . . .	23
1.3.- Planificación estratégica y Teoría de las decisiones de inversión . . . . .	29
1.4.- La búsqueda de alternativas . . . . .	35
1.5.- Las inversiones estratégicas: el enfoque de la OPT . . . . .	40
1.6.- Las finanzas al servicio de la estrategia . .	61
 <b>CAPITULO 2: LAS OPCIONES FINANCIERAS Y SUS RELACIONES BASICAS</b>	
2.1.- Introducción . . . . .	64
2.2.- Concepto de opción . . . . .	66
2.2.1.- Opción de compra . . . . .	71
2.2.2.- Opción de venta . . . . .	78
2.2.3.- Otros conceptos básicos . . . . .	82
2.3.- Factores que determinan su precio . . . . .	85
2.4.- Origen y objetivos de las opciones . . . . .	90
2.5.- Paridad entre opciones europeas de compra y de venta . . . . .	97
2.5.1.- Paridad "put-call" con protección contra el pago de dividendos . . . . .	101
2.5.2.- Comportamiento de las acciones tras el pago de dividendos . . . . .	108
2.5.3.- Paridad con dividendos conocidos . . . . .	111
2.5.4.- Paridad con dividendos aleatorios . . . . .	113
2.6.- Ejercicio anticipado de una opción americana . . . . .	118
2.6.1.- Opción de compra americana . . . . .	119
2.6.2.- Opción de venta americana . . . . .	126
2.7.- Paridad entre opciones americanas de compra y de venta . . . . .	131
2.7.1.- Con tipos de interés estocásticos . . . . .	135
2.7.2.- Con tipos de interés conocidos . . . . .	140
2.8.- Conclusiones . . . . .	146

### CAPITULO 3: EL ESTADO ACTUAL DE LA "OPTION PRICING THEORY"

3.1.-	Facetas de la OPT . . . . .	153
3.2.-	Valoración de opciones en ambiente de certeza . . . . .	158
3.3.-	Valoración de opciones en ambiente de riesgo.	
3.3.1.-	Prolegómenos de la valoración de opciones. La cobertura sin riesgo . . . . .	162
3.3.2.-	El modelo de Black-Scholes . . . . .	173
3.3.3.-	Sensibilidad de la fórmula . . . . .	182
3.3.4.-	Consideración de los dividendos . . . . .	185
3.3.5.-	Aplicación de la fórmula . . . . .	189
3.3.6.-	Opciones compuestas . . . . .	194
3.4.-	Otros modelos de valoración de opciones.	
3.4.1.-	Formulación de Roll para opciones de compra americanas . . . . .	199
3.4.2.-	Formulación de Cox de la difusión y la elasticidad constante de la varianza . . . . .	207
3.4.3.-	Fórmula de Merton de difusión con saltos . . . . .	213
3.4.4.-	Técnica binomial . . . . .	225
3.5.-	Valoración de opciones de venta . . . . .	238
3.5.1.-	Opciones de venta europeas . . . . .	239
3.5.2.-	Opciones de venta americanas . . . . .	245
3.6.-	Qué modelo se debe elegir . . . . .	260

### CAPITULO 4: LAS OPCIONES ESTRATEGICAS EN LA EMPRESA

4.1.-	Introducción . . . . .	263
4.2.-	Concepto y tipología de las opciones estratégicas . . . . .	265
4.2.1.-	Opciones de flexibilidad . . . . .	291
4.2.2.-	Opciones de crecimiento . . . . .	296
4.3.-	Valoración de las opciones de flexibilidad	
4.3.1.-	Opción a abandonar un proyecto . . . . .	306
4.3.2.-	Opción a asignar activos con riesgo a un nuevo proyecto . . . . .	323
4.3.3.-	Opción a parar temporalmente la producción . . . . .	337
4.3.4.-	Opción a expandir o contraer el nivel de producción . . . . .	348
4.4.-	Valoración de las opciones de crecimiento	
4.4.1.-	Opción a esperar antes de invertir . . . . .	359
4.4.2.-	Opción sobre el mínimo o el máximo de dos activos con riesgo . . . . .	369
4.5.-	Las opciones y las estrategias competitivas genéricas . . . . .	377
4.6.-	Una propuesta de metodología . . . . .	382

**PARTE II: Las opciones estratégicas para los miembros del mercado bursátil español: Una aplicación de la OPT.**

**CAPITULO 5: EL MARCO DE ACTUACION DE SOCIEDADES Y AGENCIAS DE VALORES.**

5.1.- El proceso de reforma del mercado de valores español	
5.1.1.- Marco internacional . . . . .	389
5.1.2.- La reforma en España . . . . .	395
5.1.3.- Objetivos y efectos inmediatos de la reforma . . . . .	401
5.2.- Las sociedades y agencias de valores	
5.2.1.- Perfil legal . . . . .	406
5.2.2.- Estructura del sector . . . . .	413
5.3.- Escenarios del mercado de valores español: estados económicos de agencias y sociedades de valores y bolsa	
5.3.1.- El modelo de simulación para 1990-95 . . . . .	423
5.3.2.- Sensibilidad del modelo . . . . .	444
5.3.3.- Aplicación del método Hertz . . . . .	451
5.3.4.- ¿Serán rentables las sociedades y agencias de valores y bolsa? . . . . .	464
5.4.- Conclusiones . . . . .	469

**CAPITULO 6: OPCIONES ESTRATEGICAS PARA LOS SUJETOS DEL MERCADO DE VALORES ESPAÑOL.**

6.1.- Planteamiento inicial . . . . .	474
6.2.- Las opciones estratégicas de los sujetos miembros de mercado. . . . .	477
6.2.1.- Estrategias genéricas . . . . .	478
6.2.2.- Estrategias específicas . . . . .	496
6.2.3.- Bases estratégicas . . . . .	500
6.3.- Modelización de las opciones de flexibilidad . . . . .	505
6.3.1.- Opción de los grupos bancarios a abandonar su sociedad de valores . . . . .	506
6.3.2.- Opción de reabsorber por el propio banco las actividades encomendadas a la sociedad de valores . . . . .	511
6.3.3.- Opción de cruzar participaciones con otras sociedades. . . . .	514
6.3.4.- Opción a no desarrollar temporalmente una actividad concreta. . . . .	516
6.3.5.- Opción a elegir el nivel óptimo de la actividad . . . . .	522
6.4.- Modelización de las opciones de crecimiento	
6.4.1.- Opción a implantar una red de oficinas . . . . .	528
6.4.2.- Opción a invertir en tecnología . . . . .	532
6.5.- Notas finales . . . . .	535
CONCLUSIONES . . . . .	537
BIBLIOGRAFIA . . . . .	547

## INTRODUCCION

Durante las últimas décadas la Teoría de las decisiones financieras ha registrado un espectacular avance, impulsada por las nuevas necesidades empresariales y el desarrollo de los mercados financieros. En la búsqueda de conocer cómo se realizan los procesos de inversión y financiación y qué determina el proceso de toma de decisiones en estos ámbitos, han surgido numerosos enfoques de creciente complejidad y sofisticación. Como común denominador, todos ellos atribuyen una gran importancia a la teoría de valoración.

Por ello, la notable extensión que ha alcanzado en la década de los ochenta la teoría de valoración de opciones ("Option Pricing Theory", en adelante OPT) resulta comprensible ya que, partiendo de la valoración de opciones sobre instrumentos financieros, ha pasado a ocuparse de la valoración de todo tipo de derechos contingentes; es decir, de activos cuya rentabilidad se expresa en función del precio de otro u otros activos.

Sin embargo, la OPT no se limita a estas aplicaciones sino que se puede utilizar para el análisis de inversiones, especialmente para aquellas que presentan un fuerte componente estratégico y que entrañan por sí solas una opción. En tanto que la OPT aporte información sobre el análisis de inversiones parece lógico reconocer su importancia a la hora de formular la estrategia empresarial, ya que ésta se plantea ante todo la asignación de recursos entre las distintas actividades que se acometan.

Es en este campo de estudio aún incipiente, donde la tesis se ha marcado los siguientes objetivos:

1\*) Conocer y sistematizar el estado actual de la teoría de valoración de opciones, en especial las financieras por su mayor desarrollo, como base teórica imprescindible para acometer objetivos más ambiciosos sobre el tema.

2\*) Analizar cómo la OPT puede aplicarse al ámbito de opciones estratégicas empresariales, revisando los estudios empíricos abordados desde el sector industrial.

3\*) Demostrar que el enfoque de la OPT no limita su aplicación al sector industrial, sino que también resulta válido para evaluar las opciones estratégicas en el sector financiero.

4\*) Valorar las opciones estratégicas de un sector financiero como es el de las sociedades de valores miembros del mercado de valores español. Ello nos permitirá probar cómo los grupos bancarios que han creado una sociedad de valores no se han ceñido a la mera valoración de los flujos de caja sino que han apostado por "razones estratégicas" para acometer este proyecto.

Con el fin de alcanzar los objetivos deseados se ha estimado oportuno estructurar la tesis en dos partes.

En la parte primera del estudio se plantea, dentro del primer capítulo, cómo la planificación estratégica, a la hora de asignar eficientemente los recursos económicos, ha recurrido a la teoría de las decisiones de inversión.

El análisis en profundidad de la problemática financiera de la empresa nos llevará a concluir la insuficiencia de los criterios de selección de inversiones cuando se trata de valorar los grandes proyectos estratégicos empresariales. En la búsqueda de alternativas nos encontramos con el enfoque de la OPT, como método de análisis de estas inversiones estratégicas.

El capítulo 2 se destina a los conceptos más generales de las opciones financieras. Sirve de referencia para introducir la terminología de reciente acuñación que se utiliza a lo largo de toda la tesis y cuya definición precisa conviene realizar para mejorar la comprensión del estudio. Asimismo, se abordan en este capítulo las principales relaciones analíticas sobre opciones financieras y, en general, de cualquier derecho contingente.

En el capítulo 3 se realiza un análisis sistemático del estado actual de la teoría de valoración de opciones, desde la óptica de las opciones financieras, por estar lo suficientemente desarrollada para permitir una cuantificación precisa de su precio. Ello nos permitirá partir de una base teórica sólida para la posterior modelización del comportamiento de las inversiones estratégicas en capital económico.

Como se contempla en el primer capítulo, existen numerosas dificultades a la hora de valorar determinados aspectos cualitativos de las empresas con los métodos de valoración y selección de inversiones. Esto se debe a que no evalúan la parte del proyecto que no se traduce en flujos de caja, no contemplan la interacción entre las inversiones de hoy y las oportunidades de futuro que pueden generar y no valoran la flexibilidad que muchos proyectos presentan.

Ante estos problemas, la teoría de valoración de opciones ha intentado aportar soluciones que, aunque todavía no están resueltas de forma satisfactoria, tanto en sus aspectos teóricos como prácticos, al menos ofrecen un marco global para realizar el análisis de inversiones de manera consistente.

El objeto del capítulo 4 es mostrar algunas de las opciones estratégicas con las que cuentan muchas empresas, intentando arrojar luz sobre su tipología, sus características intrínsecas y los modelos de valoración específicos para este tipo de opciones. Este capítulo constituye, por otra parte, un marco de referencia para realizar cualquier estudio analítico como el que se acomete en la parte II de esta tesis y, en consecuencia, intenta ofrecer la metodología para su utilización en los sistemas de valoración y en las grandes estrategias empresariales.

En la segunda parte de esta tesis se aborda el estudio de las opciones estratégicas de los sujetos miembros del mercado bursátil español aplicando el enfoque que proporciona la OPT.

Esta parte comienza con el capítulo 5, que revisa escuetamente el proceso de reforma del mercado de valores español, especialmente en lo que a sujetos miembros del mercado se refiere. Si bien el plazo transcurrido desde su inicio es aun breve, los efectos de la reforma ya se han dejado notar; en especial, por las profundas transformaciones habidas en los sujetos del mercado. Es por ello por lo que, en este capítulo, se centra nuestra atención en estos, analizando en primer lugar su perfil legal y su estructura, para posteriormente estudiar los posibles escenarios en los que se puede desenvolver su actividad durante los próximos años.

Todo ello va encaminado a determinar la valoración de un sector financiero con los criterios del valor actual neto y la tasa interna de rendimiento, si bien, de cara a introducir el riesgo inherente a los flujos de caja que puede generar este sector, nos servimos de técnicas más modernas de simulación al objeto de definir los posibles escenarios del mercado de valores español para los sujetos miembros.

El modelo que se construye para analizar el sector de los sujetos miembros de mercado nos permite cuantificar su rentabilidad en relación con la inversión realizada, basándose exclusivamente en la determinación de los flujos de caja que podría generar en el periodo 1990-1995.

La cuestión que subyace en este capítulo es si esas medidas de rentabilidad son suficientes para valorar este sector. Cuando nos encontramos con que numerosas entidades financieras han constituido sus propias sociedades de valores, cabe preguntarse por los motivos que les han impulsado a ello cuando, aparentemente, el único nuevo negocio que aportan corresponde al de tratamiento y ejecución de órdenes bursátiles. La respuesta parece hallarse en los factores "estratégicos" de difícil valoración. Desde el ámbito de las finanzas, el enfoque de la OPT trata de facilitar un sistema de análisis y valoración para las opciones estratégicas empresariales.

En el sexto y último capítulo de esta tesis se da respuesta a las cuestiones suscitadas en el capítulo anterior, apoyándonos en lo visto en la parte primera.



Con el objetivo de comprender el conjunto de decisiones adoptadas a lo largo de la reforma, que han dado lugar a la configuración actual del mercado, se reconocen las opciones estratégicas que poseen los sujetos miembros de mercado, tipificándolas de acuerdo con los criterios descritos en el capítulo 4. A este fin se analizan todos aquellos elementos que, en alguna medida, presuponen un carácter "optativo" para el que los utiliza. Porque, en definitiva, todo aquello que dote a los sujetos del mercado de una flexibilidad y de unas oportunidades de inversión futuras, puede ser contemplado como un derecho contingente, que se puede ejercitar si se dan determinadas condiciones en el futuro.

Partiendo de este análisis podemos reconocer qué tipo de opción financiera se ajusta más a cada perfil de rendimientos y ello nos permite elaborar el modelo conceptual y analítico que, por analogía con las opciones financieras, puede aplicarse al caso.

En definitiva, los distintos estadios que se recorren a lo largo de la tesis van encaminados a realizar una valoración de las opciones estratégicas de los sujetos miembros del mercado de valores español, a la luz del enfoque global que proporciona la "Option Pricing Theory".

Sólo si se valoran todas aquellas oportunidades del sector que no se traducen necesariamente en flujos de caja podremos comprender porqué esas razones estratégicas van más allá de los simples números que arrojan los criterios de valoración y selección de inversiones. Y ello, permitirá integrar los enfoques financiero y estratégico dando respuesta a las cuestiones que tiene planteadas este sector.

## **PARTE I**

# **EL ENFOQUE DE LA OPT PARA VALORACION DE OPCIONES ESTRATEGICAS.**

## CAPITULO 1:

### LA PLANIFICACION ESTRATEGICA Y LA TEORIA DE LAS DECISIONES DE INVERSION.

- 1.1.- En torno a la planificación estratégica.
- 1.2.- Limitaciones de la teoría de las decisiones de inversión.
- 1.3.- Planificación estratégica y teoría de las decisiones de inversión.
- 1.4.- La búsqueda de alternativas.
- 1.5.- Las inversiones estratégicas: el enfoque de la OPT
- 1.6.- Las finanzas al servicio de la estrategia.

## ESTRATEGIA

## 1.1.- EN TORNO A LA PLANIFICACION FINANCIERA.

En el proceso directivo empresarial el papel que juega la estrategia y las decisiones estratégicas resulta destacable en la medida que incluye el proceso de definición de los fines, objetivos y metas de la empresa y de los medios utilizados para alcanzarlos.

En este proceso se tiende a modelizar las asignaciones de recursos en un entorno cambiante que es donde la empresa pretende alcanzar sus objetivos.

Nuestro objetivo aquí no se centra en exponer las distintas acepciones del término estrategia; sin embargo, no resulta ocioso centrar nuestra atención en cuatro de los rasgos básicos que caracterizan, a nuestro juicio, toda estrategia empresarial: horizonte temporal a largo plazo, asignación eficiente de recursos, detección de las posibles áreas de negocio donde la empresa puede presentar ventajas competitivas frente a la competencia y objeto de lograr unas metas previamente definidas.

En este marco, la planificación estratégica surge como un procedimiento que permite formular e implantar la estrategia. Para ello busca, por una parte, ligar la realidad empresarial con el entorno de forma que la estrategia sea viable dentro del contexto que se pueda presentar en el futuro y, por otra, coordinar las distintas actividades encaminadas a la consecución de los objetivos.

Para formalizar la planificación estratégica deberíamos recurrir a tres componentes básicos: a) el plan: donde se definen los objetivos empresariales globales y por centros de estrategia; b) el programa: que analiza las

distintas combinaciones de programas estratégicos (previamente evaluados y seleccionados) que permitirían alcanzar las metas fijadas en el plan; y c) el presupuesto: recoge los distintos programas tácticos y el desarrollo de los presupuestos que permitan realizar la asignación de recursos en función de las restricciones de la empresa y con el objeto de cumplir los programas y el plan estratégico de la empresa.

La planificación estratégica a la hora de asignar recursos financieros ha recurrido a través de la planificación financiera a la teoría de las decisiones de inversión. Porque la planificación financiera "trata de seleccionar y coordinar «ex ante» las decisiones de las diferentes secciones o departamentos empresariales, al objeto de alcanzar unos objetivos previamente definidos, y en función de los diferentes escenarios que a la empresa se le pueden presentar con el transcurso del tiempo" (Suárez; 1988: 607-8).

La planificación financiera, según Brealey y Myers (1989: 661-2) es un proceso de:

- análisis de la interacción entre las alternativas de inversión y de financiación de una empresa.
- previsión de los efectos futuros de las decisiones que se adoptan en el presente, para comprender sus implicaciones.
- decisión sobre las alternativas valoradas.
- control de los resultados en relación con los objetivos establecidos en el plan.

La teoría de las decisiones de inversión ha intentado aportar criterios que permitan valorar y seleccionar inversiones. Es por ello por lo que, la planificación estratégica se ha servido de estos criterios de decisión a la hora de asignar recursos financieros.

Estos criterios u otros nuevos que puedan encontrarse deben ponerse al servicio del proceso directivo, en la búsqueda de la eficiencia en la asignación de recursos para alcanzar los objetivos de la empresa. Su mejora paulatina se alcanzará siempre que el directivo no pierda la visión de los siguientes tres enfoques (Hayes, Abernathy; 1980:68):

- 1º.- A corto plazo: utilizando los activos de la empresa de una forma más eficiente para la obtención de los productos actuales, esto exige obviamente determinación, atención al detalle y perseverancia.
- 2º.- A medio plazo: sustituyendo por nuevas fuentes las existentes, p. ej., bienes de equipo por mano de obra, o mano de obra cualificada por otra menos cualificada; en este plano lo más importante es que se requiere capital y también la voluntad de tomar riesgos financieros.
- 3º.- A largo plazo: desarrollar nuevos productos y procesos que permitan alcanzar un nivel más alto de productividad; aquí todo resulta necesario: imaginación y constancia.

Estos tres enfoques deben presidir la estrategia empresarial. El problema surge cuando sólo se centra en uno de ellos. Así, durante los primeros años de la década de los ochenta, la dirección occidental parecía miope: sólo se veía aquello ubicado en el corto plazo.

Esto tiene mucho que ver con la devoción por los rendimientos a corto plazo y "la gestión por los números" (Hayes, Abernathy; 1980: 70) y también por un olvido de las responsabilidades estratégicas, arrinconando la superioridad tecnológica a largo plazo como arma estratégica.

Conforme se van descentralizando las estructuras organizativas de un conjunto de empresas, cada día más numeroso, éstas tienden a fijar los centros de beneficio como unidades básicas de responsabilidad de gestión. Ello requiere utilizar medidas financieras a corto plazo para poder evaluar el rendimiento de los gestores individuales o de los equipos de gestión.

Así, según la opinión de Hayes y Abernathy (1980:71):

"Especialmente en grandes organizaciones se está observando un aumento en el comportamiento de gestión que podría considerarse como excesivamente cauteloso, incluso pasivo; demasiado analítico y, en general, caracterizado por un estudiado rechazo a la asunción de responsabilidad e incluso de riesgos razonables".

El proceso de decisión se está invirtiendo. Se mira escrupulosamente a las tasas de rendimiento de un proyecto y se olvida si éste es una gran idea o un buen producto.

"La clave del éxito a largo plazo en los negocios es la que siempre ha sido: invertir, innovar, dirigir, crear valor donde antes no existía. Esa decisión, ese esfuerzo por la excelencia, requiere líderes, no sólo controladores, analistas de mercado y gestores de cartera" (Hayes, Abernathy; 1980: 77).

Esta idea no resulta novedosa y entronca con el enfoque schumpeteriano acerca del papel de la innovación en el desarrollo económico. Ahora bien, hay que reconocer que:

"en una época que concede un enorme valor a la formulación matemática y que tiene muy presente la importancia de números y mediciones, las teorías que se expresan en términos cualitativos y, lo que es aún peor, que se resisten a ser cuantificadas con precisión, pueden quizá despertar admiración, pero no hallan ni imitadores ni continuadores del camino que en ellas se marca" (Stolper, 1983: 120).

El resultado de esta visión sobre las cuestiones empresariales se plantea en términos de utilización de la teoría de las decisiones de inversión con planteamientos, en muchos casos, míopes por cuanto pretenden evaluar las inversiones en función exclusiva de los flujos netos de caja que generan a lo largo de su vida económica.

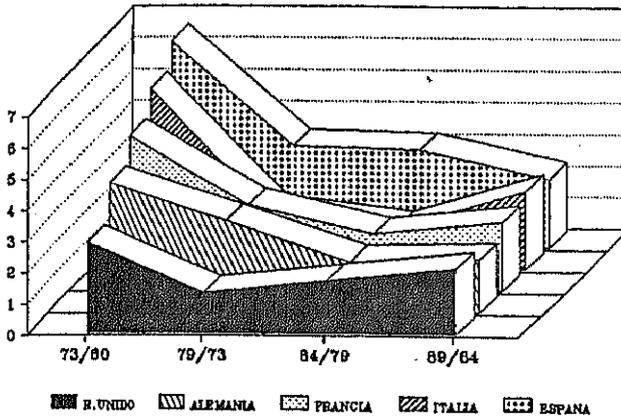
Además, aunque la caída de productividad de diversos países occidentales (figura 1.1.), haya sido achacada a la política económica que imperó en la década de los ochenta, cada vez son más las opiniones que se alzan en contra de esa tesis y que defienden que el problema radica en la gestión y no en la política.

Se ha llegado a comentar que algunas compañías industriales actúan como si fueran bancos. "Todo en lo que están interesados es en la rentabilidad de sus inversiones y en recuperar su dinero, de hecho, algunas veces se comportan como si estuvieran más interesadas en comprar otras empresas que en la venta de sus productos a los clientes" (Hayes; Wheelwright, 1984:7).

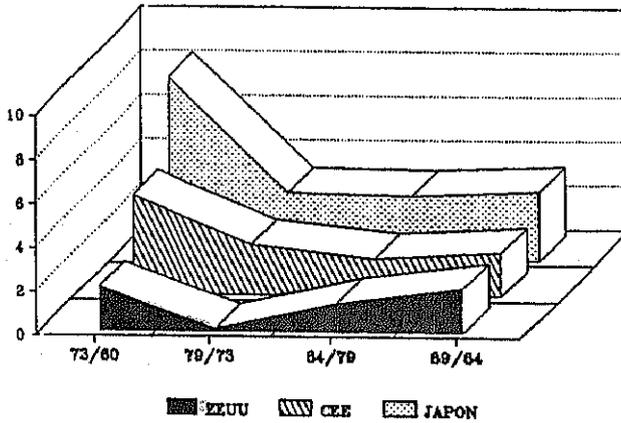
Quizás los tres máximos culpables de la caída de la productividad que apuntan Robert Hayes y William Abernathy (1980:68) sean:

- 1ª.- El énfasis que ha recaído sobre la exhibición analítica y la elegancia estratégica, dejando en un segundo plano la experiencia sobre el terreno y las líneas operativas bien gestionadas.

Figura 1.1



**PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO**  
 (PIB A PRECIOS CONSTANTES POR PERSONA EMPLEADA)  
 (% de variación anual)



FUENTE: Servicios de la Comisión

- 2°.- La principal atención en los resultados a corto plazo en vez de centrarse en los objetivos y habilidades a largo plazo.
- 3°.- El protagonismo conferido a la dirección del marketing y de los recursos financieros a costa de los recursos de producción y tecnológicos.

Si intentamos buscar una explicación a los tres problemas planteados encontraremos las siguientes respuestas que Robert Hayes y David Garvin han dado (1982:72):

- 1.- Las teorías de gestión: que han hecho hincapié en la rentabilidad a corto plazo que ahora domina todo el proceso de decisión empresarial. Esta miopía puede atribuirse a diversas causas: esa tendencia, que se ha consolidado en la pasada década, hacia organizaciones multidivisionales que utilizan medidas financieras a corto plazo para evaluar el rendimiento de sus gestores; el deseo de los gestores más jóvenes de labrarse una rápida y brillante carrera, lo que tiende a reducir el tiempo que una persona se dedica a un mismo trabajo y, por último, la competitividad de la comunidad financiera que cada día presiona más a sus miembros.
- 2.- Las teorías del entorno: que contribuyen con una alta inflación, unos elevados impuestos sobre la renta y las ganancias de capital, un crecimiento del coste de las materias primas, las regulaciones restrictivas y la volatilidad creciente del entorno genérico y específico que afecta a la empresa.
- 3.- Las teorías financieras: que atribuyen a la fiebre de fusiones y adquisiciones la responsabilidad del

descenso de la inversión directa por parte de las empresas. Surge un nuevo contexto en el que las empresas se inclinan por la adquisición de activos existentes a buenos precios en vez de por la inversión con riesgo en nuevos activos a un mayor precio.

Mientras que los caminos seguidos por la teoría de las decisiones de inversión y la planificación estratégica tiendan a separarse (cuando determinadas decisiones de inversión se adoptan al margen de los criterios marcados por la teoría), uno de los objetivos que debe alentar a los estudiosos de las finanzas es la búsqueda de explicaciones que permitan comprender porqué se produce esta divergencia. Sólo así se podrá avanzar en el desarrollo de nuevas teorías que permitan integrarse en el proceso de decisión estratégica de la empresa.

Vamos a analizar a continuación cuáles son las principales limitaciones que presentan los criterios de selección de inversiones. Es el punto de partida previo a la búsqueda de alternativas que sobrepasen las limitaciones apuntadas y que permitan obtener una única visión global a la hora de elaborar el presupuesto de capital. Sólo así conseguiremos aunar los esfuerzos de la teoría de las decisiones de inversión y de la planificación y dirección estratégicas de cara a alcanzar el objetivo común a ambas disciplinas: la asignación eficiente de los recursos financieros.

## 1.2.- LIMITACIONES DE LA TEORIA DE LAS DECISIONES DE INVERSION.

Durante varias generaciones, los profesores de finanzas han enseñado los métodos de valoración de inversiones basados en la técnica del descuento de los flujos netos de caja como procedimiento idóneo para la toma de decisiones de presupuesto del capital.

Ahora bien, la técnica del descuento de flujos de caja (DFC) presenta, entre otras, las siguientes limitaciones:

- 1) El DFC resulta adecuado para valorar bonos, acciones preferentes y otros activos que generen rentas fijas.
- 2) Puede ser recomendable y, de hecho, se utiliza ampliamente para valorar títulos (acciones) con un grado de seguridad relativamente consolidado y que distribuyan beneficios en forma de dividendos de forma regular.
- 3) El DFC no resulta tan útil a la hora de valorar empresas que tienen oportunidades de crecimiento considerables.
- 4) El DFC nunca debe utilizarse para valorar opciones de compra o de venta estandarizadas y negociadas en mercados organizados.

Por todo lo señalado, estos criterios, a pesar de que proporcionan ayudas de gran utilidad para aquellos proyectos de inversión cuyo valor principal está formado por los flujos de caja que generan, resultan poco adecuados para aquellos otros que no se traducen exclusivamente, o con un peso mayor, en flujos de tesorería porque su principal punto fuerte radica en las denominadas "oportunidades futuras". Estas oportunidades pueden representar una parte significativa del valor de estos proyectos. Además, estos criterios no tienen en cuenta "la interacción entre las inversiones de hoy y las oportunidades de futuro que dichas inversiones puedan generar, pues (...) no resulta posible tener en cuenta el carácter de opción de dichas oportunidades que solamente se ejercerán si las condiciones antes de o a su vencimiento así lo aconsejan" (Ruiz, 1986:30).

Otro aspecto que también obvian los criterios clásicos es la flexibilidad que pueda presentar la inversión. No sería justo valorar de igual forma un proyecto que ofrece la posibilidad de abandonarse de forma anticipada que otro que no la ofrece.

Sin embargo, los métodos del TIR o del VAN han alcanzado una extensión notable. Según Hayes y Garvin (1982:71), en 1959 sólo el 19% de las mayores empresas industriales utilizaban estos criterios de valoración de inversiones, mientras que en 1971 este porcentaje ya representaba el 57%. A partir de ese año, su extensión ha sido espectacular ya que, sólo cuatro años más tarde, el 94% de las empresas utilizaban las fórmulas de descuento de flujos de caja.

Este hecho ha propiciado que la atención del equipo directivo se centre en los resultados a corto plazo.

Ello justifica que estos criterios hayan tenido grandes detractores, entre ellos Hayes y Garvin (1982); Mechlin y Berg (1980); Myers (1983) o Malpas (1983); todos ellos se muestran preocupados de la excesiva importancia que se atribuye a los criterios basados exclusivamente en el descuento de flujos de caja futuros, cuando de lo que se trata es de elegir entre proyectos alternativos de inversión.

La clase de comentarios que suelen incorporar en sus críticas son del siguiente tipo:

- 1º.- Las empresas tienden a utilizar unos tipos de descuento muy elevados (y por tanto a descontar en exceso los flujos futuros de caja) en relación tanto a su coste de capital histórico, como a los tipos reales de depreciación de sus inversiones base existentes.
  
- 2º.- El espacio temporal considerado. En las técnicas de descuento de flujos se tiene en cuenta las actividades presentes y los resultados a más corto plazo, mientras que la mayoría de los desarrollos tecnológicos tardan años en producir resultados. Según un estudio citado por Mechlin y Berg (1980:94), desde que se inicia la investigación para el desarrollo de un nuevo producto (investigación de base) hasta su utilización para su lanzamiento comercial suele transcurrir una media de 19,2 años. Si bien en la actualidad este plazo se ha reducido (casi a la cuarta parte), es en el área de I+D donde puede resultar especialmente peligroso el uso del descuento de flujos. Esto se debe a que muchos de los descubrimientos de la investigación, a priori, no presentan una aplicación comercial inmediata.

A esta deficiencia se suma que las comparaciones de los valores actuales resultan especialmente difíciles de realizar si los proyectos valorados tienen una duración distinta: cuando los proyectos tienen la misma vida se prefiere aquellos que tienen un periodo de recuperación de la inversión inferior; cuando los proyectos tienen diferente duración aquellos que tienen una vida mayor a menudo resultan más atractivos que los de vida menor. Además, son muchos los que piensan que, al final de la vida del proyecto seleccionado, aparecerá un nuevo centrado en actividades similares y con rendimientos similares, y esto, a menos que se corrija, puede conducir a adoptar decisiones absurdas si descontamos la rentabilidad de los proyectos iniciales.

3°.- En la mayoría de los casos, se considera que la decisión de invertir en un proyecto determinado es recurrente, es decir, si se vende un activo, siempre se podrá volver a comprar; si no se acomete una inversión hoy, siempre tendremos la oportunidad de realizarla más tarde sin ninguna penalización adicional a la de la tasa de descuento implícito de la empresa. La realidad es muy distinta, ya que el retrasar cierta clase de proyectos puede llevar a la sociedad a una posición estratégica más vulnerable de la que puede resultar difícil salir posteriormente.

4°.- Estos enfoques clásicos tienden a infravalorar aquellas inversiones que presentan un alto componente "optativo" (como por ejemplo cuando la experiencia conseguida por una determinada inversión pueda abrir nuevas oportunidades, previstas o no en el momento de la inversión, para acometer otras actividades más rentables en el futuro).

En este grupo tendrían cabida inversiones tales como las que involucren nueva tecnología, I+D, procesos de mejora y desarrollo de las aptitudes del personal: "Las técnicas de descuento de los flujos netos de caja sencillamente no reflejan la verdadera aportación de una inversión en investigación" (Mechlin, Berg: 1980: 93) y lo que es más, "se llegan a interpretar a menudo como una «restricción a la innovación»" (op. cit.: 94).

5ª.- También se cuestiona el análisis de las inversiones proyecto a proyecto ya que, a juicio de estos autores, sería más adecuado a la realidad tener en cuenta las interrelaciones o las implicaciones de estrategia competitiva que ciertas inversiones conllevan. De hecho, resulta difícil imputar las pérdidas o los esfuerzos de investigación a un producto concreto, dado que un desarrollo realizado con éxito por un equipo de investigación puede beneficiar a muchas divisiones de una misma empresa.

6ª.- La aparente objetividad y la lógica matemática de estos enfoques puede llevar a pensar que se está actuando de forma exacta y objetiva cuando, de hecho, los resultados que obtienen no son más que la suma de un gran conjunto de hipótesis y estimaciones obtenidas de forma subjetiva.

En nuestra opinión, existen otros dos supuestos censurables:

- a) El enfoque estático de la toma de decisiones: al suponer que los flujos de caja que se descuentan vienen dados al principio, se está ignorando la posibilidad de que se adopten decisiones en el futuro, ante situaciones de mercado adversas, como

puede ser reducir o aumentar el nivel de producción, abandonar el proyecto, etc.

- b) La tasa de descuento única para la vida del proyecto. Es tanto como asumir que el riesgo del proyecto es constante durante toda su vida.

La conclusión parece clara: las empresas deberían utilizar estas técnicas sólo en aquellos casos en que realmente aporte una información significativa. Pero nunca deben permitir convertirse en cautivas de sus propios procedimientos analíticos. El problema se centra en qué criterios seguir cuando el VAN o el TIR no reflejan el verdadero valor de un proyecto.

Tanto la teoría de las decisiones de inversión como la planificación estratégica han trabajado en la búsqueda de la eficiencia del proceso de asignación de recursos aunque, como veremos en el epígrafe que sigue, de forma independiente y, a veces, contradictoria.

### 1.3.- PLANIFICACION ESTRATEGICA Y TEORIA DE LAS DECISIONES DE INVERSION.

En los últimos años se ha suscitado un debate en torno al papel que la teoría de las decisiones de inversión juega dentro de la empresa a la hora de adoptar decisiones estratégicas.

"La planificación estratégica necesita a la teoría de las decisiones de inversión y debería aprender a utilizarla correctamente. Sin embargo, esta teoría debería ampliarse para reconciliar el análisis financiero y estratégico" (Myers, 1984: 126).

Un buen análisis de proyectos debería unir los detalles de la estrategia con las vinculaciones financieras, debería contemplar todos los factores relevantes, inclusive, los costes y las ventajas difíciles de cuantificar. Quizás lo más sencillo sea comprender cómo debe evaluarse un proyecto: lo difícil resulta hacerlo.

Por ello, a la hora de conjugar estrategia y finanzas se ha detectado que:

- 1) La teoría de las decisiones de inversión y los enfoques tradicionales de la planificación estratégica se mantienen muchas veces separados por las diferencias en lenguaje y cultura.
- 2) El análisis del descuento de flujos de tesorería se ha utilizado erróneamente y, en consecuencia, no se ha aceptado en el caso de aplicaciones estratégicas.
- 3) Además, el análisis del descuento de flujos de tesorería pueda ser erróneo en aplicaciones estratégicas incluso si se aplica correctamente.  
(Myers, 1984: 127).

En teoría, si el descuento de flujos funciona para un proyecto determinado también debería funcionar para todos los proyectos. Por ello, si consideramos una empresa como un conjunto de mini-empresas o de proyectos, el descuento de flujos de caja debería funcionar para la empresa en su conjunto. Esto quiere decir que podríamos definir a la empresa como la suma de todos los proyectos de inversión que lleva a cabo, por lo que no sería difícil determinar el valor de la empresa como agregación del valor actual de los distintos proyectos de inversión.

Pero lo que debemos tener presente a la hora de valorar una empresa es que está formada no sólo por bienes tangibles, sino también por bienes intangibles y oportunidades de crecimiento, así como de colocación o asignación de activos.

Los intangibles y las oportunidades de crecimiento están recogidos en el precio de las acciones y, por tanto en principio también pueden valorarse en el presupuesto de capital.

Estableciendo un criterio simplificado, podemos considerar que las empresas agrupan los proyectos de inversión según su riesgo y así utilizan el mismo coste de capital para ese conjunto de proyectos, correspondientes a un nivel de riesgo determinado. Ahora bien, el coste de oportunidad del capital depende de la utilización que se da a los fondos, no de la fuentes de donde provengan.

Quizás la financiación pueda quedar relegada a un segundo plano de importancia, si tenemos en cuenta que exista una mayor posibilidad de "hacer más dinero" a través de decisiones de inversión inteligentes.

La evidencia empírica nos muestra que los inversores ven más allá de los prejuicios contables. No se centran exclusivamente en las ganancias por acción del último trimestre o del último año. Como escribieron Richard A. Brealey y Stewart C. Myers (1988): "Los hombres de empresa a menudo actúan de forma más inteligente de lo que parece... Pueden tomar decisiones correctas, pero es posible que no puedan explicarlas con lenguaje financiero".

Por todo ello, quizás el objeto del tema a debatir no sea si los directores aceptan los criterios de inversión para elaborar su presupuesto de capital (y para otros objetivos o propósitos financieros). El problema se centraría en averiguar porqué la Planificación Estratégica no utiliza la Teoría de las decisiones de inversión. Esta falta de entendimiento entre estas dos disciplinas se da también entre otras, y prueba de ello es que:

"marketing y finanzas no siempre están de acuerdo en qué inversiones estratégicas deben hacerse. Pero deberían estarlo. Después de todo, comparten un mismo interés: el éxito último de la empresa" (Barwise, Marsh Wensley; 1990: 129).

¿Qué separa pues a la teoría de las decisiones de inversión y a la planificación estratégica?

En primer lugar, hay que reconocer que la mayoría de los planificadores estratégicos no se dejan guiar por las herramientas de las finanzas modernas. Aunque ya son algunos los autores que comienzan a introducir con mayor énfasis conceptos financieros en la estrategia empresarial (Fruhan, 1979; Salter y Weinhold, 1979; Beirman, 1980; Alberts, 1983), dando así un enfoque financiero más sofisticado, otros los eluden de sus planteamientos estratégicos (Porter (1982)). Los análisis estratégico y financiero no se han reconciliado, incluso cuando los análisis son de un mismo proyecto de gran envergadura.

Más recientemente, Gerry Johnson y Kevan Scholes (1988: 203-225) apuntan un conjunto más amplio de técnicas de evaluación estratégica que incluyen desde métodos de "scoring", árboles de decisión, escenarios, pasando por el análisis de rendimiento (rentabilidad y análisis coste-beneficio), por el análisis del riesgo (proyecciones de ratios financieros, análisis de sensibilidad, matrices de decisión, modelos de simulación, modelos heurísticos, reacción de los accionistas) y por el análisis de viabilidad (análisis de flujos, punto muerto). Sin embargo, como ambos autores señalan:

"estos criterios de evaluación no determinan por sí solos qué estrategias deberían seleccionarse para su implantación" y lo que es más, en la práctica, "incluso cuando se realizan estos procedimientos de selección racional, ocurre con mucha frecuencia que los objetivos tienen que ajustarse como resultado de un procedimiento de evaluación y se convierten en lo que se denomina objetivos post-racionalizados" (Johnson, Scholes; 1988:224).

Un fórmula que se utiliza con frecuencia para esta segunda revisión de objetivos la constituye la elevación de la primera propuesta a un nivel jerárquico superior dentro de la organización.

Así, cuando los proyectos que presentan, pongamos, un bajo VAN son apoyados por la dirección por "razones estratégicas", está claro que el análisis estratégico sobrepasa las medidas del valor financiero. Por el contrario, existen proyectos con un elevado VAN que no se abordan por no encajar con los objetivos estratégicos.

Todas aquellas variables que la teoría de las decisiones de inversión a veces rechaza en sus análisis son recogidas por la planificación estratégica a la hora de la toma de decisiones.

Además, cuando los directivos están convencidos de que un determinado proyecto proporciona un valor adicional a la empresa, el impacto negativo que puedan presentar las cifras contables pasa a ser irrelevante.

En los mercados de capitales, si es cierto que los inversores intentan reducir su riesgo global mediante la diversificación de sus inversiones, lo que resulta en general barato y sencillo. Ahora bien, en el campo de las inversiones empresariales, la diversificación puede resultar redundante.

Centrarse exclusivamente en un análisis financiero miope pueda relegar a un segundo plano la búsqueda de la eficiencia en la producción y la creación de nuevas tecnologías, productos o mercados.

Vivimos tiempos en los que,

"el mundo financiero no es el mundo real, los directores sucumben al "glamour" de las altas finanzas. Dedicán su tiempo y talento a las fusiones, "spinoffs", activos novedosos y complejos paquetes financieros, cuando deberían estar tocando suelo en las fábricas. Inflan los beneficios por acción actuales en detrimento de los valores a largo plazo" (Myers, 1984: 129).

Y todo ello ha contribuido a que:

"La figura del tesorero o del director financiero haya ido ganando puestos hasta situarse en los lugares claves, porque las grandes empresas han encontrado en la participación en los mercados financieros una fuente creciente de beneficios, de forma que su actividad y su principal preocupación se ha ido desplazando de la producción y venta a las finanzas" (Torrero, 1989: 15).

La mayoría de las críticas no se dirigen, como vemos, contra la teoría de las decisiones de inversión, sino contra los hábitos del análisis financiero que los economistas financieros tratan de imponer.

Tal y como apunta Myers (1984: 130):

"La teoría de las decisiones de inversor y la planificación estratégica podrían considerarse como dos culturas que miran a un mismo problema".

El análisis estratégico busca las oportunidades de mercado y trata de identificar las ventajas competitivas de la empresa. Ahora bien, el análisis estratégico también está sujeto a error, ya que puede identificar como ventajas competitivas, áreas que no son tales.

#### 1.4.- LA BUSQUEDA DE ALTERNATIVAS

Nuestro objetivo en esta tesis debería centrarse en buscar nuevos enfoques de valoración que permitan que la teoría de las decisiones de inversión contemple todos aquellos elementos que considera la planificación estratégica, llenando ese "gap" que existe en la actualidad.

En una primera fase, la empresa debería abordar algo más sofisticado que una mera aplicación directa del método de descuento de flujos de tesorería.

Como apunta Myers (1984: 133), se lograría dar un paso adelante si la aplicación de este método se enfrentara seriamente a los siguientes cuatro problemas:

1) Estimación del tipo de descuento.

Que duda cabe que estimar el coste de oportunidad del capital invertido puede resultar difícil en extremo, desde el momento que se trata de una tasa de rendimiento esperada. La experiencia histórica de las tasas de rendimiento, en los mercados de capitales y en el sector empresarial, puede facilitar la estimación del tipo de descuento. Ahora bien, "la correcta estimación de los flujos de tesorería resulta más importante que ajustar el tipo de descuento" (Myers, 1984: 133).

2) Predicción de flujos de tesorería.

Los directivos de producción pueden realizar unas predicciones subjetivas para un plazo relativamente cercano de aquellas variables de las que son responsables: costes operativos,

crecimiento del mercado, cuota de mercado, etc., mientras que les resulta difícil extender sus predicciones a un plazo temporal más largo. Además, se les exige que expresen sus previsiones en términos contables, cuando estos directivos están acostumbrados a manejar variables operativas. Si a todo ello se le suma ahora la dificultad de predecir variables macroeconómicas, nos encontraremos con que la mayor parte de las previsiones son el resultado de meras extrapolaciones de las tendencias a corto plazo.

3) Estimación de las relaciones cruzadas entre los flujos de tesorería (inter-empresas).

Incluso para aquellos directivos que no utilicen criterios de decisión de inversiones, prever o estimar los beneficios estándar, los flujos de tesorería futuros y sus interacciones cruzadas, entraña una gran dificultad. Cualquier tipo de teoría o enfoque que trate de abordar la estimación de estas relaciones se encontrará con numerosos problemas.

4) La interconexión e interrelación entre las inversiones actuales y las oportunidades futuras.

Uno de los mayores problemas se centra en apoyar aquellos proyectos que pueden presentar un VAN negativo pero a cambio están sirviendo a otros fines, por ejemplo, a establecer las bases en un determinado mercado. En estos supuestos, los proyectos de una segunda fase siempre se aducen, como justificación del desarrollo de los primeros.

Si se pudieran realizar los proyectos de la segunda fase sin necesidad de llevar a cabo los de la primera, entonces las oportunidades futuras no tendrían ningún impacto sobre las decisiones presentes. Pero, para muchos proyectos, las oportunidades de mañana dependen de las decisiones que tomemos hoy y, en consecuencia, existe una conexión temporal entre los proyectos.

Algunos autores han propuesto estimar los flujos de caja de ambas fases y descontarlos para calcular el VAN de las dos fases conjuntamente. Sin embargo, esta segunda fase puede considerarse como una opción; en consecuencia, y tal y como hemos visto en las páginas precedentes, los criterios de descuento de flujos de caja no resultan válidos para su valoración. Es necesaria la utilización de la teoría de valoración de opciones (OPT) para poder comprender el contenido de estos proyectos.

Hemos afirmado que los proyectos de esta segunda fase son opciones. Veamos a continuación, de una forma muy intuitiva, en que se basa este aserto.

En primer lugar, es una opción en la medida que no existe obligación de llevarlo a cabo; su realización dependerá en todo momento del buen fin de la primera etapa y, por descontado, de que el mercado potencial se mantenga atractivo para el inversor. Obviamente, si la primera etapa fracasa o si el mercado se satura, la empresa puede "optar" por no llevar a término la segunda fase, limitando así sus pérdidas.



En todo caso, la inversión en la fase primera es análoga a la compra de un bien intangible, es decir, una opción de compra sobre la fase segunda. Tan sólo en el supuesto de que el valor actual positivo del proyecto de la segunda fase supere al negativo de la primera, estará justificado acometer esta última.

La teoría de valoración de opciones se ha desarrollado notablemente en los últimos quince años, llegando a un elevado grado de sofisticación para el caso de las opciones financieras. Es opinión compartida, por un conjunto cada vez más numeroso de expertos en finanzas, que estas técnicas pueden ser útiles a la hora de valorar las opciones reales de las empresas, ayudando a la toma de decisiones estratégicas.

"Los métodos de valoración de opciones se presentan como una gran promesa para el análisis estratégico" (Myers, 1984: 135)".

Porque cuando hablamos de proyectos empresariales no nos estamos refiriendo a otra cosa que a distintas oportunidades u opciones de inversión.

"Cuando los nexos temporales entre los proyectos son importantes, es mejor considerar la estrategia como la gestión de una cartera de opciones reales que posee la empresa" (Kestler, 1982).

Visto así, el proceso de planificación financiera se podría descomponer en las siguientes fases:

1) Adquirir opciones, bien invirtiendo directamente en investigación y desarrollo, diseño de productos, mejoras en el coste de producción o en la calidad de los productos, o bien mediante aquellas inversiones en capital real que, pese a presentar un VAN negativo, abran la posibilidad de desarrollar una segunda fase de inversiones más productivas.

2) Abandonar aquellas opciones que están "sin dinero" y que no resulta rentable mantener en la cartera de opciones reales de la empresa (ver epigrafe 2.2.3 para conocer la acepción "sin dinero").

3) Ejercitar aquellas opciones valiosas en el momento adecuado.

Lo que si parece estar claro es que los buenos directores no ignoran el valor de las opciones de crecimiento y de intangibles, incluso cuando los informes elaborados con base en las técnicas financieras convencionales las eluden. Y, por ello, resulta frecuente la apelación a los denominados "factores estratégicos".

En resumen, lo que hemos intentado transmitir en este epigrafe es la necesidad de aproximar las finanzas a la planificación estratégica. Para ello es necesario:

1) Aplicar correctamente la actual teoría de las decisiones de inversión.

2) Ampliarla mediante la aplicación de la teoría de valoración de opciones para modelizar las interacciones temporales entre los proyectos de inversión.

Difícil será aunar la planificación estratégica con las finanzas. Sin embargo, todos los esfuerzos que conduzcan a mejorar el análisis de las inversiones por lo menos contribuirán a aproximar ambas disciplinas y redundarán en una mejor dirección empresarial.

### 1.5.- LAS INVERSIONES ESTRATEGICAS: EL ENFOQUE DE LA OPT

Uno de los enfoques recientes que ha registrado un mayor desarrollo es el de la teoría de valoración de opciones, OPT, que se enmarca dentro del análisis de los derechos contingentes (CCA "Contingent Claims Analysis").

Las primeras aplicaciones de la OPT se incluyen en el ya mítico artículo de Black y Scholes (1973: 637-54) donde, además de presentar su famosa fórmula de valoración de opciones, presentan una original visión de los pasivos empresariales como opciones sobre los activos de la empresa, con precio de ejercicio igual al valor de la amortización de la deuda viva existente y fecha de vencimiento, la de la deuda.

Ello ha permitido desarrollar una extensa literatura sobre la valoración más completa de los distintos pasivos que forman parte de la estructura financiera de una empresa y que van desde los recursos propios, a los variados tipos de deuda, tales como obligaciones convertibles, "warrants", y a otros como derechos preferentes de suscripción, garantías, etc. No entraremos al detalle de estos supuestos, pero sí podemos recomendar el tratamiento que, de estos pasivos, realizan los siguientes autores desde la óptica de la OPT:

- Fondos propios: Black y Scholes (1973); Merton (1974); Galai y Masulis (1976).
- Deuda: Geske (1977); Galai y Masulis (1976).
- "Warrants": Galai y Schneller (1977), Emanuel (1983).

- Bonos convertibles: Brennan y Schwartz (1977); Courtadon y Merrick (1987).

Sin embargo, lo que intentaremos exponer en los siguientes capítulos es cómo la teoría de valoración de opciones se puede utilizar para el análisis de inversiones, especialmente para aquellas que presentan un fuerte componente estratégico y que entrañan por sí solas una opción. En tanto que la OPT aporte información sobre el análisis de inversiones, parece lógico reconocer su importancia a la hora de formular la estrategia empresarial, ya que ésta se plantea ante todo la asignación de recursos entre las distintas actividades que se acometen.

Los trabajos iniciados por Kester en 1984 han cuajado y están dando lugar a una segunda revolución de la teoría financiera, aún no concluida, pero que se presenta muy interesante a la par que compleja por cuanto instrumentos y metodologías son utilizados con grados crecientes de sofisticación, requiriendo no sólo un alto nivel de desarrollo analítico sino una infraestructura informática que pocos poseen.

El problema pueda quedar definido si prestamos atención a la anécdota que nos relata Carl Kester:

"En una reciente conferencia sobre administración de empresas, se preguntó a un ejecutivo de alto nivel de una próspera empresa de avanzada tecnología cuál era el problema más difícil al que se había enfrentado. En vez de referirse a la competencia japonesa o a la necesidad de una continua innovación tecnológica, el ejecutivo respondió simplemente: convencer a mi dirección y al Consejo para que aprueben la idea de cualquier nuevo proyecto de inversión" (Kester, 1984: 153).

El problema, que se muestra cada día de forma más notable en un ambiente de altos tipos de interés, estriba en la sensibilización ante los proyectos de inversión que entrañan riesgo. Esto hace que los comités de inversión se inclinen por aquellos proyectos que permitan recuperar los fondos invertidos en un menor plazo.

Y ahí comienza el enfrentamiento entre las razones "estratégicas" y las "cuantitativas" o "analíticas".

La solución que apunta Kester consiste en dotar de un soporte analítico a aquellos argumentos que resultan más difíciles de cuantificar en una inversión: los estratégicos.

Como ejemplo y al hilo de lo expuesto, podríamos relatar el dilema estratégico al que se han enfrentado las entidades financieras y los agentes de cambio y bolsa ante la reciente reforma del mercado de valores español (Ley 24/1988 de 28 de julio).

La elección estratégica al caso, consistía en construir una sociedad o agencia de valores que, a su vez podía ser miembro o no de una o varias bolsas de valores españolas (los agentes de cambio y bolsa también podían mantenerse como agentes individuales hasta su jubilación al pasar al cuerpo de corredores de comercio).

Por lo que respecta a la decisión de formar una sociedad o una agencia de valores, parece claro que aunque algunas sociedades no pensaban abordar en sus comienzos todas aquellas actividades que la ley veta a las agencias, si han estimado que el desarrollo de éstas se llevaría dentro de un plazo medio o corto que justificaría el mayor capital requerido.

El posicionamiento estratégico en este sector, que se ha mostrado fuertemente competitivo, ha sido evaluado por aquellos que han optado por la forma de sociedad, ya que, aunque a corto plazo la inversión puede resultar menos rentable, a largo plazo es defendible por los beneficios estratégicos que puede reportar. Las ventajas no están tanto en los flujos de caja que genere a corto plazo, como en las oportunidades de crecimiento futuro.

En cuanto a la opción de ser miembro o no de una o varias bolsas existe un factor que ha decantado a la mayoría por la alternativa de ser miembro de bolsa: la restricción normativa que impedía que durante el primer año siguiente a la constitución de las Sociedades Rectoras de las bolsas se admitieran solicitudes de incorporación a las mismas de nuevos miembros.

Aunque todavía es pronto para conocer el acierto o error estratégico de aquellos que se han decidido por una sociedad de valores o de aquellos otros que han preferido una agencia (incluso como paso previo a la formación de una sociedad), sí podemos anticipar que el retraso de implantarse en el mercado para una determinada actividad puede resultar altamente costoso e incluso irreversible.

"Cuando el conjunto del mercado está creciendo o puede inducir a que crezca, puede resultar relativamente sencillo a las sociedades, con una cuota de mercado pequeña, o incluso a los nuevos participantes, ganar cuota de mercado fácilmente en poco tiempo" (Johnson, Scholes, 1988: 157). En contraste, "la penetración en mercados estáticos (o fuertemente saturados) es mucho más difícil de lograr" (Op.cit:158, el paréntesis es mío).

Parece claro que todas estas decisiones han estado marcadas por razones estratégicas. Por ello, las preguntas que cabe plantearse ante un problema como el descrito son:

• ¿Qué medios de convicción se podrían utilizar para conseguir el apoyo de los argumentos a favor del proyecto?.

• ¿Qué hubiera ocurrido si las "razones estratégicas" no hubieran bastado para reforzar los argumentos?.

• En resumen, "¿qué marco analítico puede utilizarse para proporcionar un fuerte soporte a los "suaves" aspectos estratégicos de las razones de una inversión que resultan difícilmente cuantificables?" (Kester, 1984: 154).

La respuesta parece encontrarse en "considerar las oportunidades de inversión futuras como análogas a opciones de compra sobre activos financieros" (Myers, 1977: 146).

La oportunidad que en algún momento futuro tienen las empresas de invertir capital en activos reales o productivos o en proyectos empresariales, resulta ser una opción sobre activos reales en vez de sobre activos financieros.

Para suplir estas deficiencias, resulta necesario concebir estas variables cualitativas como derechos contingentes:

"Porque la mayor parte de lo que denominamos flexibilidad y oportunidades de inversión futuras y discretionales son como derechos contingentes, que se ejercitan bajo algunas condiciones futuras pero no bajo otras" (Kester, 1987:5.19-5.20).

Por ello, siempre que nos encontremos ante alguna posibilidad de actuación futura sobre un proyecto de inversión, en tanto que se pueda eliminar alguna incertidumbre actual, podemos afirmar que existe una opción real en ese proyecto de inversión.

Para ilustrar este concepto resulta interesante comentar también algún caso de economía real como el de una empresa de producción de gas industrial que mantenía una posición de liderazgo en el mercado de hidrógeno en Estados Unidos y previó una oportunidad de penetración en el mercado europeo (Lovett, 1989:35).

Para conseguir una cuota de mercado importante, esta empresa estaba decidida a adoptar una estrategia de liderazgo en costes, lo que suponía que vendería en un primer momento a precio de coste para capturar a la clientela. Esta expansión requería una inversión elevada y sólo podía estar justificada si consideramos que la empresa, una vez que la base de clientela estuviera formada, pensaba elevar los precios para generar una rentabilidad aceptable. Queda claro, pues, que durante los primeros años de funcionamiento en Europa se producirían unos escasos beneficios que se situarían incluso por debajo de los umbrales de rentabilidad mínima que la empresa exigía a todos sus proyectos.

Toda vez que la empresa no consiguió evaluar esa segunda fase de desarrollo del nuevo mercado, este proyecto fue rechazado en un primer momento, ocasión que aprovechó una empresa francesa para establecerse en ese mercado. Cuando al final la empresa americana decidió establecerse en Europa ya habían transcurrido dos años y había perdido su oportunidad estratégica.

Por ello, al igual que los inversores que realizan operaciones con activos que incorporan, por ejemplo un "warrant", valoran el conjunto total del bono-warrant, es decir, los flujos de caja del bono y el valor de la opción del "warrant", del mismo modo toda empresa debería analizar también una inversión de forma que definiese todas sus fuentes de valor.

Si bien, la política de inversiones es un campo de especial importancia para la empresa, ésta refuerza su papel por cuanto la estructura financiera viene determinada por las opciones de inversión de una empresa.

El volumen de inversión viene determinado por el conjunto de proyectos que presenten oportunidades sustanciosas de obtener VAN positivos, es decir, aquellos que son capaces de generar cuantiosos flujos de caja en el futuro. Por ello, cuando existen previsiones de futuros estados desfavorables de la naturaleza, la inversión y la voluntad de invertir se ven constreñidas.

Así, podríamos considerar que una parte del valor de una empresa corresponde al valor actual de unas opciones, que la empresa tiene, para realizar más inversiones en mejores condiciones o en condiciones favorables. Esta valor radica en la regla de decisión acerca del momento más adecuado para ejercitar estas opciones.

Toda vez que existen empresas financiadas con endeudamiento que, en algunos casos, dejan pasar valiosas oportunidades de inversión, oportunidades que por otra parte contribuirían a aumentar el valor de la empresa en el mercado, podemos comprender el valor de la estructura de capital y la política de endeudamiento a la hora de la toma de decisiones sobre las inversiones futuras.

A la hora de determinar los factores que influyen en la financiación ajena de la empresa, Myers (1977) ha considerado que una parte del valor de mercado de las empresas corresponde a activos que todavía no figuran en el balance de la empresa, p. ej.: el valor actual de oportunidades de crecimiento futuro.

En sus trabajos, pioneros en este área, ha mostrado cómo el volumen de endeudamiento "debido a" oportunidades de crecimiento es menor, "ceteris paribus", que si se "debe" a activos ya adquiridos.

Por ello, si consideramos el valor total de la empresa como la suma del valor actual de los activos ya adquiridos (o que contractualmente ya estamos obligados a adquirir en el futuro) y del valor actual de las oportunidades de crecimiento futuro:

$$V = V_a + V_o \quad (1)$$

$V_a$  = Valor actual de los activos

$V_o$  = Valor actual de las oportunidades de crecimiento, siempre que  $V > V_a$  es que  $V_o$  refleja que se espera que las inversiones futuras tengan un rendimiento superior al del coste de oportunidad de capital.

Sin embargo, como existe discrecionalidad por parte de la empresa para acometer las inversiones futuras, es más lógico interpretar  $V_o$  como el valor actual de las "opciones" de la empresa para acometer inversiones en el futuro.

Quizás la distinción que cabe introducir aquí sea la siguiente:

- Activos cuyo valor final depende de si se realizan posteriores inversiones.
- Activos cuyo valor final no depende de esas inversiones.

Comencemos con un ejemplo sencillo en el que la empresa no tiene ningún activo ( $V_a = 0$ ) y sólo posee una oportunidad de inversión. En principio, la empresa sólo se financia con capitales propios y la única decisión que debe adoptar es si invertir en el plazo comprendido entre  $t=0$  y  $t=1$  mediante la obtención de nuevos capitales propios. Si la empresa se decidiera a invertir, al cabo del año su valor sería  $V(s)$  en  $t=1$ , donde  $s$  es el correspondiente estado de la naturaleza. Si la empresa no invirtiera, desaparecería esa oportunidad de inversión y no tendría ningún valor para la empresa (ni para nadie más).

Vamos a comprobar como se ve afectado el balance de esta sociedad:

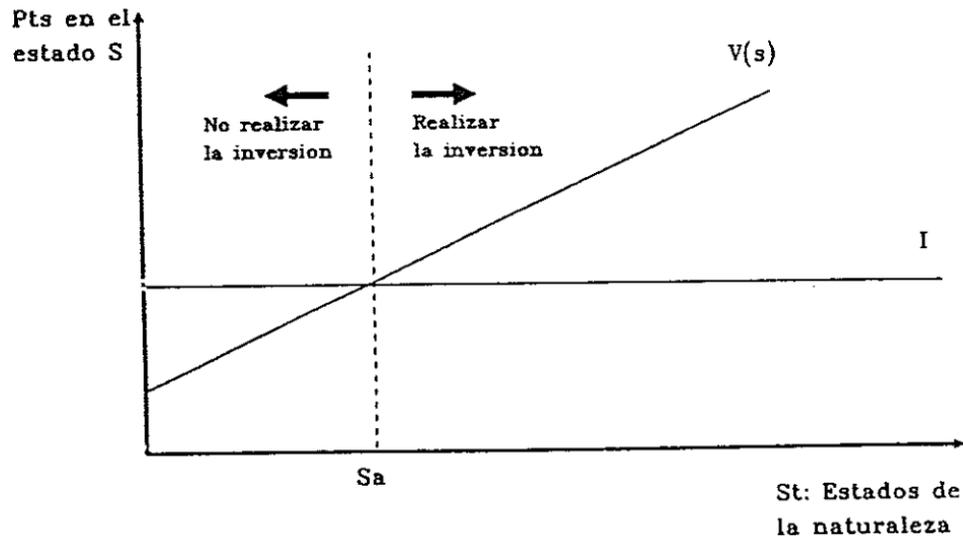
t = 0	
Valor de la opción de crecimiento	$V_o$
	0 Valor de capitales ajenos
	$V_{cp}$ Valor de capitales propios
Valor de la empresa	$V$

La empresa debe decidir si invierte, es decir, si ejercita la opción. Suponiendo que así lo haga tendríamos que:

t = 1	
Valor de los activos adquiridos	$V(s)$
	0 Valor de capitales ajenos
	$V_{cp}$ Valor de capitales propios
Valor de la empresa	$V(s)$

Si no se ejercita la opción, ésta expira sin valor y, por tanto, la empresa no tiene ningún valor.

Figura 1.2



Parece claro concluir que la inversión sólo se llevará a cabo si  $V(s) \geq I$ , tal y como podemos ver en la figura 1.2 que incluye la hipótesis simplificadora de que  $V(s)$  es una función lineal de  $s$ . Así, para estados de la naturaleza superiores a  $s_a$  ( $s \geq s_a$ ) se acomete la inversión, ahora bien para estados inferiores a  $s_a$  ( $s < s_a$ ) no se realizará esa inversión, siendo el estado  $s_a$  el estado correspondiente al punto muerto.

El valor de la empresa en  $t=0$  será:

$$V = \int_0^{\infty} q(s) x(s) [V(s) - I] ds, \quad (2)$$

donde,

$q(s)$  es el precio actual de equilibrio de una unidad monetaria a un año si y sólo si se produce el estado  $s$ .

$x(s)$  regla de decisión que adopta dos valores:

$$x(s) = 0, \text{ si } s < s_a$$

$$x(s) = 1, \text{ si } s \geq s_a$$

Por ello, si se acomete la inversión tenemos que

$$V = \int_0^{\infty} q(s) [V(s) - I] ds \quad (3)$$

Ahora bien, desde el momento que el valor de la empresa puede ser nulo, si alcanzamos un estado  $s < s_a$ , la empresa no puede emitir acciones y tendrá que recurrir a la emisión de bonos u otro tipo de financiación ajena con un coste explícito de  $P$ . El balance de la sociedad quedaría así:

t = 0		
Valor de la opción de crecimiento	$V_o$	$V_{ca}$ Valor de los capitales ajenos.
	<hr style="width: 50%; margin: auto;"/>	$V_{cp}$ Valor de los capitales propios.
Valor de la empresa	$V$	$V$

En este supuesto, la financiación mediante capitales ajenos compensa la menor financiación mediante capitales propios.

Si consideramos que el vencimiento de esos bonos es anterior al momento en que se adopta la inversión, pero posterior al momento en que conocemos qué estado de la naturaleza hemos alcanzado, entonces si  $V(s) - I \geq P$ , los accionistas estarán interesados en amortizar esos bonos. Pero si por el contrario  $V(s) - I < P$ , los bonistas comprarán las acciones para tomar el control y ejercitar la opción a invertir si  $V(s) \geq I$ .

$$V_{ca} = \int_{s_a}^{\infty} q(s) \left[ \min(V(s) - I, P) \right] ds \quad (4)$$

Como muestra la figura 1.2 si

$$P > \left[ V(s) - I \right], \text{ , } P + I > V(s) \text{ entonces } V_{ca} = V.$$

Quizás el supuesto más interesante se encuentra cuando los bonos vencen después de que expire la opción para invertir, ya que la deuda cambiará, en algunos estados, la decisión de inversión de la empresa.

$t = 1$ si $x(s) = 1$	
Valor de los activos adquiridos $V(s)$	$\min [V(s), P] \text{ Valor capitales ajenos.}$ $\max [0, V(s) - P] \text{ Valor capitales propios}$
Valor de la empresa $V(s)$	$V(s)$

Desde el punto de vista de los accionistas, la opción debería ejercitarse sólo si  $V(s)$  superará el valor de  $I + P$ ; en caso contrario,  $V(s) < I + P$  y, de realizarse la inversión, el desembolso para los accionistas sería superior al valor de sus acciones.

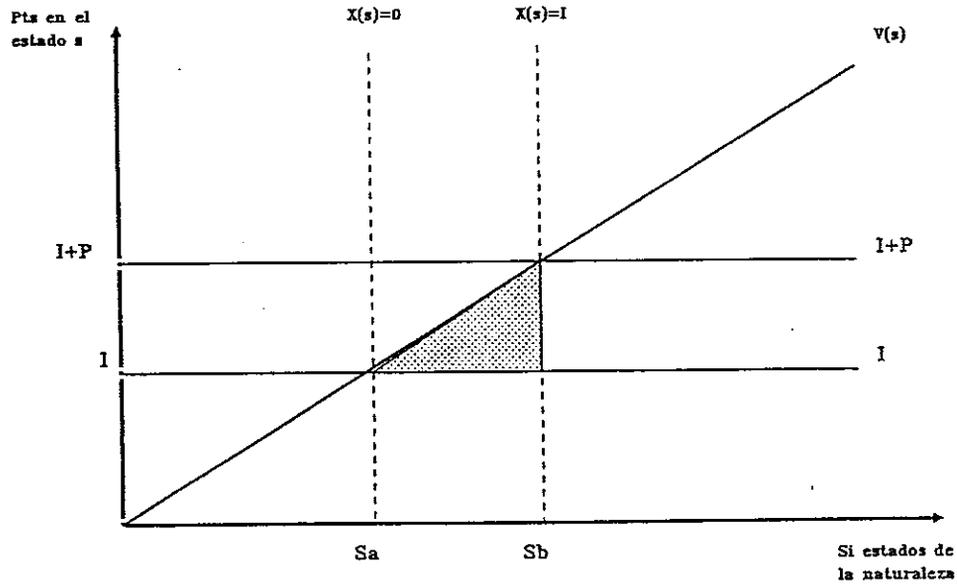
La nueva situación quedaría recogida en la figura 1.3. Aquí,  $x(s)=0$ , para  $s < s_b$  y  $x(s)=1$  para  $s \geq s_b$ ;  $s_b$  es el estado correspondiente al punto muerto donde  $V(s)=I+P$ .

Ahora, el valor de la empresa en  $t=0$  sería:

$$V = \int_{s_b}^{\infty} q(S)[V(S)-I]ds$$

Donde  $s_b$  depende de  $P$ , el pago que hay que efectuar a los prestamistas. Mientras que  $s_b > s_a$ , hay una pérdida de valor en algunos estados de la naturaleza. Esta pérdida queda recogida en el triángulo punteado de la figura 1.3. Un valor superior de  $P$  o uno inferior de  $V$ , aumentarán el tamaño de este triángulo.

Figura 1.3



Decision de inversion de la empresa con la financiación ajena anterior como una función del estado de la naturaleza  $s$ , en el punto de decisión

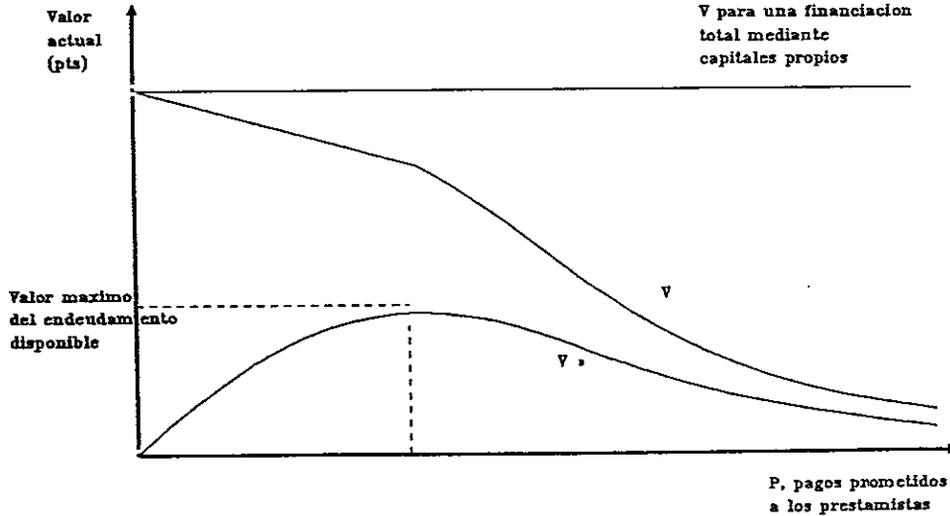
De hecho si tomamos un  $P$  suficientemente alto,  $V(S)$ , será inferior a  $I+P$  para cualquier estado y  $x(s)$  será caro en todos ellos. La empresa carecerá de valor debido a que no ha ejercitado su opción de crecimiento y, en consecuencia, ésta ha espirado sin valor. Además, los prestamistas no reciben nada si la opción no se ejercita. Por ello, si la opción no se ejercitara entonces  $V(s)$ , debería ser superior a  $P$ , es decir,  $\min[V(s), P]=P$ .

Con lo que  $V_D = \int_{S_b}^{\infty} Pq(s) ds$

Obviamente  $V_D < V$ , excepto en el límite donde  $P \rightarrow \infty$ ,  $S_D \rightarrow \infty$ , y  $V \rightarrow 0$ . También  $V$  debe ser inferior al valor de todos sus recursos propios (ver ecuación (3)), donde  $P$  es positivo. En consecuencia, la relación de  $V_D$  y  $P$  sería como la de la figura 1.4.  $V_D$  (max) es el límite del endeudamiento que la empresa puede alcanzar, suponiendo que ésta desee endeudarse.

Como podemos observar, esta límite es inferior a  $V$  y, en cualquier caso, es inferior al valor que alcanzaría  $V$  si su financiación fuera totalmente realizada con capitales propios. Este resultado es muy interesante, nos hace ver un camino en el que puede darse racionamiento del crédito incluso en mercados de capitales perfectos. A partir de un determinado punto, la empresa no puede aumentar su nivel de endeudamiento aunque esté dispuesta a pagar unos tipos de interés superiores. De hecho, puede comprobar cómo ofreciéndose a pagar más, se ve reducido el volumen de crédito disponible.

Figura 1.4



Valor de la empresa y de su deuda como función de los pagos prometidos a los prestamistas

Debido a que el objetivo de los accionistas es maximizar el valor de mercado de la empresa ( $V$ ), la política óptima consiste en no emitir deuda (figura 1.4). Cualquier promesa de pago externo podría conducir a la empresa a abandonar un proyecto con VAN positivo en alguno de los futuros estados de la naturaleza. Así, el valor de la empresa es una función que decrece monótonamente con  $P$  y que se maximiza cuando  $P$  y  $V_D$  son iguales a cero.

Este ejemplo ha tratado de mostrar cómo el valor de mercado de una empresa puede verse reducido si ésta tiene capitales ajenos. Ello es debido a que se debilita el incentivo que toda empresa debe tener para acometer nuevos proyectos de inversión.

Este problema podría solventarse si los prestamistas tuvieran ese derecho a ejercitar la opción para invertir (con su propio dinero) cuando los accionistas tuvieran fuertes dudas sobre la inversión, si bien en la realidad esta posible solución no resulta fácil de ejecutar.

También es cierto que este ejemplo resulta radical desde el momento que propone que aquellas empresas que tienen valiosas oportunidades de crecimiento nunca deberían financiarse con recursos ajenos.

Algunos autores, como Jensen y Meckling (1976), han señalado que también existen problemas para incentivar la emisión de nuevas acciones (costes de agencia) y que además, en muchas ocasiones, existen ventajas fiscales asociadas con la emisión de deuda.

La novedad que hemos recogido en el pasado ejemplo no es otra cosa que la original visión que Stewart Myers (1977) tuvo acerca de las opciones de compra sobre activos

reales. Esa opción ligada a una oportunidad de crecimiento tiene un precio de ejercicio que es el importe de la inversión futura necesaria para la compra del activo. El que esta opción pueda tener algún valor en el momento de su vencimiento va a depender del valor que tengan ese activo en el futuro y también de si la empresa decide ejercitar esta opción. Esta decisión no resulta tan sencilla como en el caso de opciones financieras dado que depende en último caso del volumen de pagos comprometidos para atender a los obligacionistas o bonistas.

Lo que realmente conviene destacar en este momento es que ya no nos encontramos con la distinción entre activos existentes y oportunidades de crecimiento, sino con otra en la que, de una mano, estarían aquellos activos que podemos considerar como opciones de compra (en el sentido de que su valor final depende, al menos parcialmente, de posteriores inversiones que se pueden acometer discrecionalmente) y, de otra, nos encontraríamos con aquellos otros activos cuyo valor último no depende de posteriores decisiones de inversión.

La diferencia señalada es más de matiz que de valor y es que el valor de mercado de casi todos los activos reales puede ser parcialmente considerado como una opción de compra, porque su valor puede depender en alguna medida de posibles inversiones futuras, como pueda ser el mantenimiento físico o técnico de un equipo, los gastos publicitarios o de marketing, u otros gastos de compra de materias primas, I+D, etc. En definitiva, todo coste variable es una inversión discrecional para la empresa, en la medida que ésta fija su nivel de producción e, indirectamente, el volumen de costes variables ligados a ese nivel.

Para la mayor parte de los prestamistas el activo que les interesa es la propia empresa. Por tanto, el valor de los préstamos que conceden está generalmente ligado al valor de la empresa y no al de determinados activos físicos. En todas aquellas actividades en las que existe una capacidad de decisión por parte de la dirección en cuanto a las inversiones futuras, estamos ante numerosas opciones que la empresa va a ejercitar o no. Esta decisión estará íntimamente relacionada con el volumen del servicio de la deuda comprometido con los prestamistas.

Sin duda alguna, la presencia de opciones de crecimiento y de flexibilidad en la empresa, influyen decisivamente en la estructura de capital y en la política de endeudamiento. En resumen, podemos señalar los siguientes factores que hacen que esto sea así:

1) Las oportunidades discrecionales de inversión afectan a la estructura de capital debido a que, ante determinadas condiciones, pueden surgir tentaciones de renunciar a buenos proyectos, con VAN positivo. Por ejemplo, si por cualquier circunstancia el valor de las acciones de la empresa cae y existe la posibilidad real de que esto se convierta en un desastre financiero, la dirección de la empresa, que pretende proteger los intereses de los accionistas, puede rechazar algunos proyectos de inversión, ya que mayores desembolsos de capital para tales inversiones les podría perjudicar. Los proyectos de mantenimiento y reposición de activos son especialmente susceptibles de ser rechazados cuando la marcha de la empresa no es del todo satisfactoria. El accionista, en tal situación, consideraría que todas estas opciones de flexibilidad y de crecimiento estarían "out-of-the money" (ver epígrafe 2.2.3 para

conocer esta acepción), es decir, sin valor, debido a la prioridad de las obligaciones para con los acreedores con la empresa.

2) Cuando los prestamistas intuyen que la empresa puede llegar a rechazar proyectos de inversión interesantes en el futuro, pueden reflejar su contrariedad cuando fijan las condiciones del préstamo. Esto se traduciría en un mayor coste de la deuda o en una menor cuantía del préstamo, o bien en la garantía que exigirían mediante la afectación de determinados activos reales a la deuda pendiente, de manera que el reembolso del préstamo no dependiera de la decisión de la dirección sobre el ejercicio de las opciones futuras.

3) Los fondos ajenos de la empresa deberían estar inversamente relacionados con la proporción del valor de la empresa correspondiente a opciones sobre activos reales. Esto supone que los ratios de endeudamiento más elevados se darán en las empresas con activo fijo escaso y cuyo valor futuro dependa en gran medida de las decisiones de inversión futuras.

4) Las empresas que poseen unas opciones con mayor riesgo, normalmente, invertirán más que aquellas que posean opciones más seguras y es, por ello, por lo que serán capaces de endeudarse más.

5) Las empresas encuentran difícil y costoso endeudarse contra opciones de crecimiento, por ello se trata de adaptar los contratos de endeudamiento a las características de los activos situados en una empresa en particular. Esto supone, a menudo, tener que adaptar los vencimientos de los pasivos, de manera que la deuda tenga una duración igual a la vida de los activos que soportan la deuda.

6) Se puede llegar a acuerdos, de forma que se restrinja la venta de ciertos tipos de activo. También se fijan convenios restringiendo el pago de dividendos, en un intento de mejorar el problema de menor inversión, obligando a la empresa a retener beneficios y destinarlos a la autofinanciación.

Hasta aquí sólo se ha intentado reflejar que muchas de las decisiones de inversión que se adoptan por la empresa están íntimamente ligadas a la estructura financiera de la empresa. La conclusión a la que se llega es que cualquier empresa es la suma de un conjunto de activos físicos y de activos intangibles. Estos últimos nos dan la oportunidad de comprar más activos en el futuro porque, en definitiva, son opciones de crecimiento.

La suma de estas opciones no es otra cosa que el valor actual del crecimiento que ya estudiaron Miller y Modigliani (1961). Su valoración se analizará en los capítulos que siguen.

## 1.6. LAS FINANZAS AL SERVICIO DE LA ESTRATEGIA

En este capítulo hemos pasado revista a uno de los nuevos retos de la teoría de las decisiones de inversión que consiste en utilizar la teoría de valoración de opciones para valorar aquellas inversiones que presentan un componente "optativo".

La insuficiencia que presentan los criterios de selección de inversiones, para valorar proyectos que no se traducen exclusivamente en flujos de caja, ha provocado, en muchas ocasiones, que dos ramas de la ciencia económica, como son las finanzas y la planificación estratégica, difieran a la hora de juzgar proyectos empresariales.

Si ambas persiguen el mismo gran objetivo: la búsqueda de la eficiencia en el proceso de asignación de recursos; ambas deberían apuntar en la misma dirección. El que esto no sea así, se debe en gran medida al exceso de celo por los resultados a corto plazo y a la poca devoción con que se analizan aquellas inversiones que presentan un alto componente "optativo".

Cuando se apoyan determinados proyectos esgrimiendo "razones estratégicas" todo apunta a que el análisis estratégico gana la batalla a la valoración financiera. Ahora bien, el análisis estratégico también está sujeto a error. Por ello se plantea la necesidad de buscar nuevos enfoques de valoración que permitan acercar la teoría de las decisiones de inversión a la planificación estratégica.

La alternativa que presenta la teoría de valoración de opciones pueda contribuir a aunar los resultados de ambas, ya que intenta dotar de un soporte analítico a aquellos argumentos denominados "estratégicos". Su importancia a la hora de determinar la política de inversiones se ve resaltada si tenemos presente que la estructura financiera de una empresa viene determinada por las opciones de inversión que posee. El hecho de que la estructura financiera pueda estar condicionando la política de inversiones nos lleva al punto de partida del problema.

La audaz visión de las oportunidades de inversión como opciones, a la luz de la OPT, pueda contribuir positivamente a la hora de diseñar la estrategia empresarial. Ahora bien, como veremos más adelante, no es una tarea sencilla ya que requiere un profundo conocimiento de la teoría de valoración de opciones financieras que nos permita extrapolar una metodología al campo de las inversiones estratégicas. Ese es nuestro objetivo en los dos próximos capítulos.

## CAPITULO 2:

### LAS OPCIONES FINANCIERAS Y SUS RELACIONES BASICAS.

- 2.1.- Introducción.
- 2.2.- Concepto de opción.
  - 2.2.1.- Opción de compra.
  - 2.2.2.- Opción de venta.
  - 2.2.3.- Otros conceptos básicos.
- 2.3.- Factores que determinan su precio.
- 2.4.- Origen y objetivos de las opciones.
- 2.5.- Paridad entre opciones europeas de compra y de venta.
  - 2.5.1.- Paridad "put-call" con protección contra el pago de dividendos.
  - 2.5.2.- Comportamiento de las acciones tras el pago de dividendos.
  - 2.5.3.- Paridad con dividendos conocidos.
  - 2.5.4.- Paridad con dividendos aleatorios.
- 2.6.- Ejercicio anticipado de una opción americana.
  - 2.6.1.- Opción de compra americana.
  - 2.6.2.- Opción de venta americana.
- 2.7.- Paridad entre opciones americanas de compra y de venta.
  - 2.7.1.- Con tipos de interés estocásticos.
  - 2.7.2.- Con tipos de interés conocidos.
- 2.8.- Conclusiones.

## 2.1.- INTRODUCCION.

Destinar un capítulo a los conceptos más generales de los mercados de opciones, se hace necesario en un trabajo como el que nos ocupa, donde nuestro principal objetivo es el estudio de la Teoría de valoración de opciones aplicada al campo de las inversiones estratégicas en capital económico. Dado que vamos a utilizar a lo largo de este trabajo una terminología de reciente acuñación y aun no suficientemente extendida, conviene definir con precisión los conceptos manejados para mejorar la comprensión del presente estudio.

Aunque no es objeto de esta tesis ocuparse en detalle de los mercados de opciones, no podemos sustraernos a dedicar unas breves notas al papel de las opciones en el momento actual y al desarrollo que han experimentado desde su aparición.

Asimismo abordaremos en este capítulo las principales relaciones analíticas entre opciones de compra y opciones de venta por la importancia que han jugado en la elaboración de una teoría analítica sobre opciones financieras y, en general, de un análisis de cualquier derecho contingente.

En definitiva, el desarrollo de toda la teoría de valoración de opciones de venta ha venido determinado por la aplicación de la paridad entre "puts" y "calls" y, por ello, resulta paso previo a la hora de construir el modelo teórico que sustenta la valoración de opciones.

Parecería a priori equivocado traer aquí los modelos de valoración de opciones financieras cuando el tema objeto de estudio son las opciones estratégicas en la empresa. Sin embargo, como veremos más adelante en el capítulo 4, la metodología al caso resulta muy similar y sólo requiera una cierta abstracción que permita identificar ciertos elementos de los activos financieros subyacentes, como por ejemplo los dividendos, con otros correspondientes a las inversiones estratégicas. En definitiva, la OPT vendría a semejarse a una teoría interdisciplinar cuya utilización podría extrapolarse a cualquier problema de valoración de derechos contingentes.

## 2.2.- CONCEPTO DE OPCION.

En el ya clásico artículo de Black y Scholes (1973:637) se recoge la siguiente definición genérica de opción:

"Una opción es un título que da derecho a comprar y vender un bien, sujeto a ciertas condiciones, dentro de un determinado periodo de tiempo".

Según el Webster's New Collegiate Dictionary una opción es:

"un contrato que conlleva un derecho a comprar o vender ciertos bienes o títulos a un precio especificado y durante un período estipulado".

Y el diccionario María Moliner la define como la "facultad que se deja en un contrato a una de las partes para ejercitar o no a su arbitrio cierto derecho o acción".

El profesor Suárez, refiriéndose en concreto a las opciones sobre acciones ordinarias, las define así:

"Contratos negociables que incorporan el derecho a comprar o vender un determinado número de acciones a un determinado precio por acción (denominado precio de «ejercicio», «contractual» o de «cierre») en una fecha o durante un plazo prefijados"; (Suárez, 1987: 739).

En síntesis, una opción es un contrato entre dos partes, compradora y vendedora, por el cual la primera adquiere el derecho a realizar una operación de compra o de venta de títulos o bienes, a un precio que se fija en el contrato, en una fecha determinada, y la parte vendedora se obliga a entregar o recibir dichos bienes cuando sea

requerida por la parte compradora, en esas condiciones. El comprador paga al vendedor una pequeña cuantía por adquirir ese derecho.

Analícemos a continuación los términos manejados en la definición de opción:

• Una opción es un contrato entre dos partes, en terminología sajona al comprador se le denomina "buyer" y se dice que tiene una posición larga ("long"); y al vendedor se le denomina "writer" y tiene una posición corta ("short"). En principio, "en un mercado de opciones, cualquiera que cumpla las garantías requeridas puede ser comprador o vendedor" (Jarrow y Rudd, 1983: 5). Ahora bien, de cara a adoptar una u otra posición hay que valorar que el riesgo de una posición corta en opciones es ilimitado, como veremos más adelante, aunque se puede establecer una cobertura para reducirlo.

• Una opción concede al adquirente de la misma y para su período de vigencia un derecho y ninguna obligación. Por el contrario, el vendedor de la opción concede al comprador el derecho a comprar (o vender) un activo a un precio determinado y tendrá que entregarlo (o comprarlo) en esas condiciones, si así se lo piden. Como vemos el comprador adquiere el derecho, no la obligación, y es en este punto donde radica la diferencia con los futuros o con los contratos a plazo, dado que en estos últimos el tenedor se obliga mediante la firma del contrato a cumplir ciertos requisitos. (La entrega del bien o la liquidación de la operación

cualquiera que sea su signo), mientras que en un contrato de opción no se exige al tenedor ninguna acción al vencimiento (Black, 1976: 167-179; Jarrow y Oldfield, 1981: 373-382).

• El bien o título que se negocia en el contrato se denomina valor subyacente ("underlying security") y de su naturaleza depende la correspondiente de la opción. Así podemos citar opciones sobre activos físicos, o sobre activos financieros primarios (acciones, obligaciones, divisas, tipos de interés) o secundarios (futuros, índices bursátiles, opciones). En consecuencia las opciones son instrumentos derivados (Valero, 1988:9).

• El precio que se fija en el contrato es el precio de ejercicio ("exercise o strike price") y se refiere al precio unitario de cada título, de los que incluye el contrato, al cual puede optar el comprador al vencimiento.

• La fecha de expiración ("expiration date") es el momento en que la opción se puede ejercitar, es decir, la fecha de vencimiento de la opción, más allá de la cual ésta carece por completo de valor.

• La cantidad que entrega el comprador de la opción al formalizar el contrato se denomina prima ("premium") y viene a ser la compensación que paga el comprador por garantizarse un precio en el futuro y que recibe el vendedor a cambio del derecho que le reconoce al adquirente.

Su cuantía fluctúa como consecuencia de la oferta y demanda de opciones en el mercado. La prima se suele expresar generalmente como un pequeño porcentaje sobre el volumen total contratado, pero "en ningún caso deben considerarse estas primas como anticipo o depósito de la operación y no son, por consiguiente reembolsables", (Aragónés y Pérez Goróstegui, 1988: 530).

La importancia de las opciones en las finanzas ha sido muy significativa en la última década. En este sentido se ha llegado a afirmar que "una opción es uno de los dos fundamentos de las finanzas, siendo el otro el dinero en efectivo. Todo instrumento puede deducirse de estos dos elementos" (Euromoney, 1986a: 27).

Algunos autores han atribuido su desarrollo notable al entorno enormemente volátil de las últimas dos décadas, ya que, "junto a los riesgos tradicionalmente asociados a las decisiones de inversión-financiación, los años setenta introducen una «nueva conciencia de la incertidumbre», que se manifiesta a través de la amplificación por la inflación de la volatilidad de los tipos de interés, la inversión de las curvas de rendimiento o los movimientos imprevisibles de los tipos de cambio de las principales monedas" (Ontiveros, 1987:197).

En resumen, se podría apuntar que:

"su desarrollo tan espectacular se debe en todo caso al entorno de enorme volatilidad, tanto en las condiciones económicas generales, como en variables financieras más particulares, como los precios de las acciones, los tipos de interés, los tipos de cambio, etc." (Valero, 1988:9).



En algunos artículos se ha señalado el doble papel que juegan las opciones: apalancamiento o cobertura. Se adquiere una opción de compra como cobertura ante una posible apreciación de la acción cuando se tiene una posición corta en acciones. Se compra una opción de venta como cobertura cuando se tiene una posición larga en acciones, así se protege contra una caída de los precios.

Por lo que respecta "al apalancamiento, se refleja en la habilidad de comprar un derecho sobre 100 acciones por una fracción de su valor de mercado" (Galai, 1977: 374).

Pero quizás lo más claro es que las opciones pueden contemplarse como una innovación defensiva (Dufey y Giddy, 1986:21) que vienen a transformar el conjunto de riesgos y rendimientos y que se origina porque:

"La aversión del hombre a la asunción del riesgo es consustancial con la naturaleza humana" (Cabezas, 1987: 23).

En este sentido, las opciones pueden ser suscritas para cubrir casi cualquier contingencia. En extremo,

"tal mercado, por ejemplo, me permitiría contratar ahora un paraguas en el día del partido de fútbol de Harvard-Yale de 1990 si está lloviendo ese día y si en la Casa Blanca está un republicano. Como contraprestación yo podría vender la promesa de dar una conferencia de economía en la ciudad de Nueva York en 1994 si todavía gozo de buena salud y el índice de desempleo exceda del 8%" (Tobin, 1984).

Sin duda conseguir un paraguas para ver el partido Harvard-Yale, podría ser el móvil que llevara al señor Tobin

a contratar una opción. Ahora bien, lo normal es que un inversor invierta, en opciones por alguno de los siguientes motivos:

- 1) Obtener pautas de rendimientos que no ofrecen otros valores.
- 2) Protegerse de acontecimientos no anticipados.
- 3) Obtener una mayor flexibilidad y ciertas ventajas (apalancamiento).
- 4) Beneficiarse de la oportunidad de utilizar cierta clase de información de forma ventajosa.

#### 2.2.1.- Opción de compra.

Una opción de compra ("call option") es un contrato por el cual el comprador de la opción adquiere el derecho a comprar una cantidad cierta de títulos a un precio fijado en el contrato, en o hasta el vencimiento, y el vendedor adquiere la obligación de venderlos a ese precio cuando el comprador así lo requiera.

El adquirente de una opción de compra tiene el derecho a negarse a ejercitar el contrato (el nombre antiguo de una "call" era "refusal" (Braudel, 1984: 74-76)). Esta será su decisión cuando pueda adquirir los títulos en el mercado a un precio menor que el que figura en el contrato.

Por lo que respecta a la fecha del ejercicio, una opción americana permite al comprador ejercitar su derecho en cualquier momento hasta su vencimiento, mientras que una opción europea sólo puede ejercitarse en la fecha de expiración del contrato.

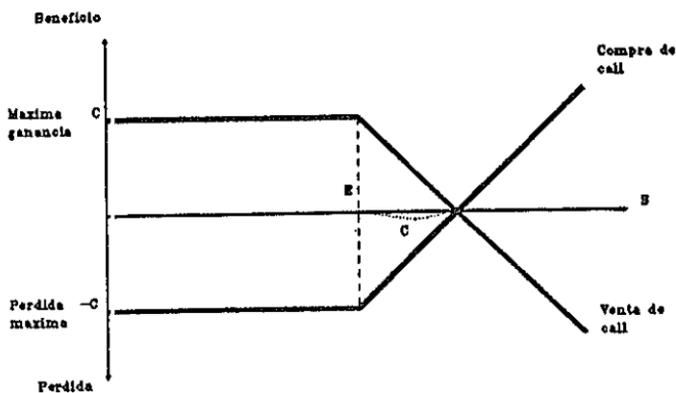
El objetivo que persigue el adquirente de una opción de compra es la cobertura ante posibles subidas futuras en el precio del título, limitando su pérdida al precio que paga por la opción (en caso de que el precio de mercado sea inferior al precio de ejercicio). Su ganancia será mayor conforme más difiera positivamente el precio del mercado respecto del precio de ejercicio, tal y como podemos ver en la figura 2.1.

Las expectativas del comprador son alcistas, ya que estima que el precio del título va a subir y por ello desea asegurarse la compra a un precio más bajo que el del mercado en el futuro, pagando una prima pequeña.

El vendedor de una opción de compra tiene unas expectativas opuestas a las del comprador, pues opina que el precio del mercado bajará en el futuro y, por tanto, no se verá obligado a desprenderse de los títulos. La prima que recibe le compensa, total o parcialmente, de la depreciación de sus títulos. El vendedor puede obtener una ganancia máxima igual a la prima, en caso de que expire la opción sin ejercitarse, pero su pérdida es ilimitada en el caso de que el precio de mercado sea superior al de ejercicio.

Las estrategias básicas que puede adoptar el adquirente de una opción de compra son:

**FIGURA 2.1**  
Diagrama de beneficios para posiciones cubiertas



"Los diagramas de beneficios más pueden representar opciones sobre los mismos títulos y el mismo vencimiento" (Iarrow y Todd, 1988)

**FIGURA 2.2**  
Diagrama de beneficios para posiciones cubiertas

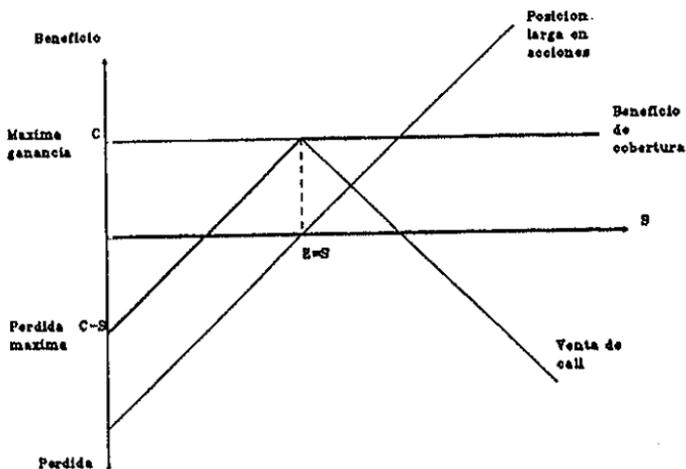
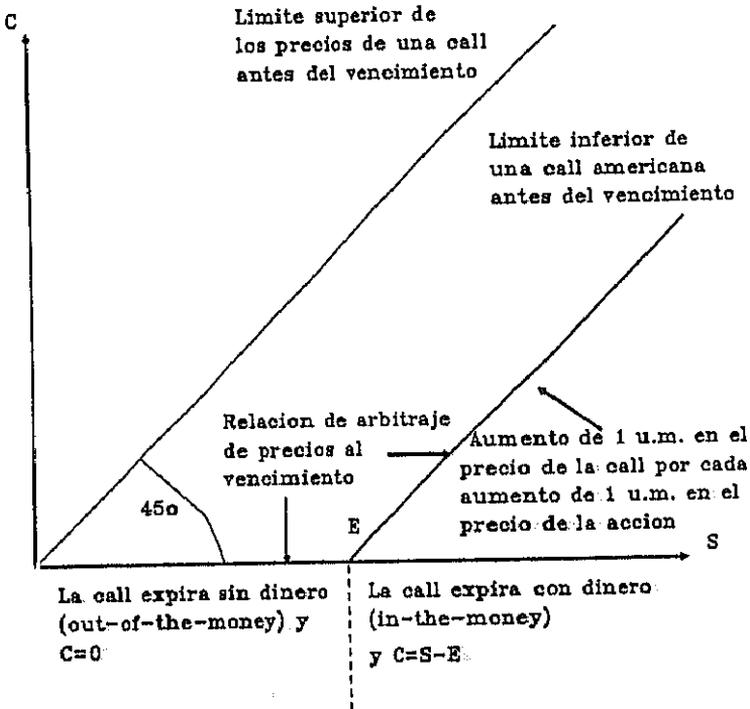


Figura 2.3  
Valor de una opción de compra en el vencimiento



1) Obtener un mayor rendimiento de su inversión mediante un importante apalancamiento. Con un mismo desembolso, se puede acceder a un número de acciones muy superior a través de opciones, que por compra directa de las acciones.

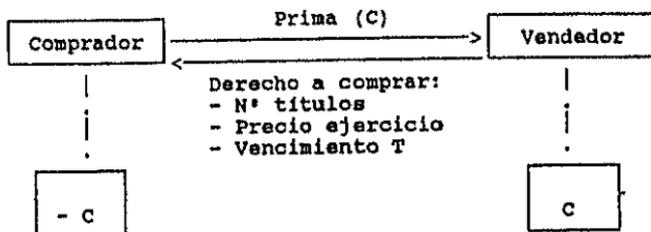
2) Reducir el riesgo.

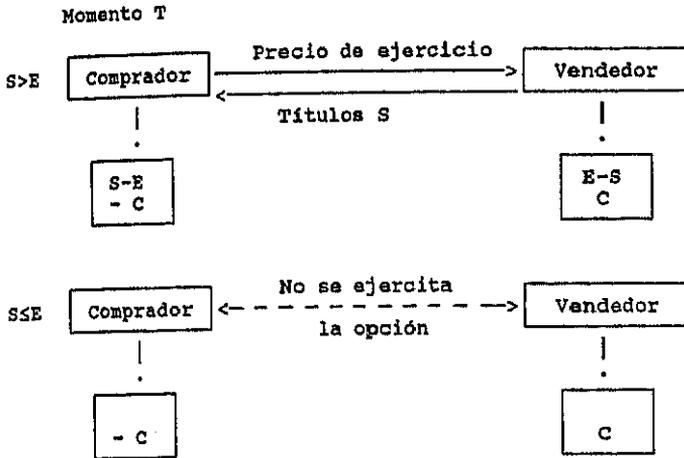
3) Cubrir una venta en descubierto.

4) Si careca de liquidez en el momento actual pero espera obtenerla en el futuro, gracias a la opción, puede fijar un precio a los valores que pretenda adquirir dentro de unos meses, sólo con el coste adicional de la opción (Cabezas, 1987: 32).

Posición compradora y vendedora (Opción de compra).

Momento  $t$





siendo,

- S: precio de la acción.  
 E: precio de ejercicio  
 C: prima de la opción.  
 T: fecha de vencimiento.

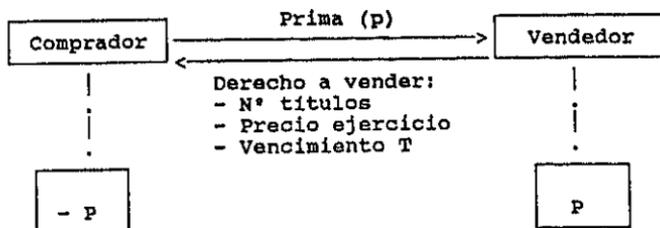
Las estrategias fundamentales que puede adoptar el comprador de opciones de venta son:

- 1) Apalancamiento: la obtención de rendimientos mayores que si opera en el mercado de contado, gracias al apalancamiento conseguido.
- 2) Cobertura: protección de una caída de las cotizaciones.

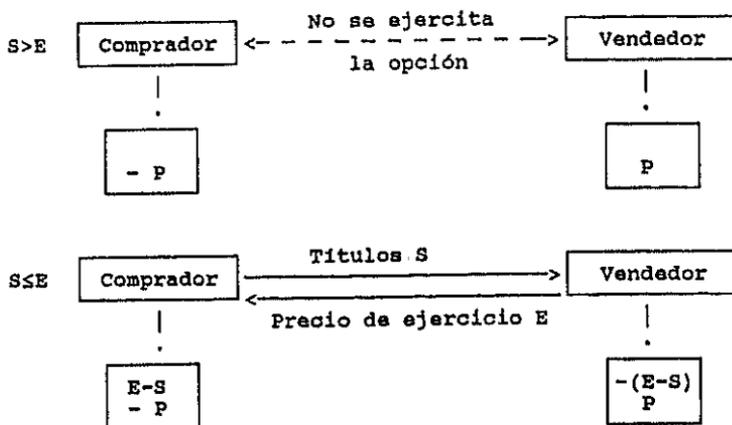
3) Especulación: obtener un beneficio si se cumplen sus expectativas bajistas (Cabezas, 1987: 33).

Posición compradora y vendedora (Opción de venta).

Momento  $t$



Momento T



### 2.2.2.- Opción de venta.

Una opción de venta ("put option") es un contrato por el cual el comprador de la opción adquiere el derecho a vender una cantidad cierta de títulos a un precio fijado en el contrato, en o hasta el vencimiento, y el vendedor adquiere la obligación de comprarlos a ese precio cuando el comprador de la opción así lo requiera.

El adquirente de una opción de compra tiene el derecho a negarse a ejercitar el contrato. Esta será su decisión cuando pueda vender en el mercado los títulos a un precio mayor que en el contrato.

Las expectativas del adquirente de una opción de venta apuntan a un descenso del precio de los títulos y por ello quiere garantizarse un mayor precio de venta que el del mercado en el futuro.

El vendedor, por el contrario, opina que el precio subirá y por ello no se verá obligado a comprar los títulos, obteniendo en este caso un beneficio por el importe de la prima recibida.

En definitiva, el adquirente de una opción de venta intenta cubrirse ante posibles descensos futuros en el precio del título. Se asegura un precio de ejercicio mayor al del mercado lo que le reporta unos beneficios por la venta de sus títulos al precio de ejercicio pactado (siempre en caso de que el precio de mercado sea inferior al precio de ejercicio).

Las expectativas del comprador son bajistas, ya que estima que el precio del título disminuirá y, por ello, desea asegurarse la venta a un precio más alto que el del mercado en el futuro, pagando una prima pequeña.

Siempre el vendedor de una opción de venta tiene unas expectativas opuestas a las del comprador, pues opina que el precio de mercado subirá en el futuro y, por tanto no se verá obligado a comprar esos títulos a un precio superior al del mercado. El vendedor puede obtener una ganancia máxima igual a la prima, en caso de que la opción expire sin ejercitarse, y su pérdida será la diferencia entre el precio de ejercicio y el precio de los títulos en el vencimiento, es decir, en caso extremo, si los títulos subyacentes carecieran de valor en el vencimiento tendría que comprarlos al precio estipulado en el contrato, siendo ésta su máxima pérdida.

Se da una simetría de las operaciones: pero el precio de una opción de compra no tiene que ser igual al de la opción de venta.

Según Galai (1977: 376):

"Para el titular de un activo, una opción de venta puede considerarse como un contrato de seguro donde el activo que queremos asegurar es una posición larga de acciones. Una opción de venta (adquirida en el mercado) asegura al tenedor de las acciones que su pérdida neta, durante el período de vigencia de la opción, no excederá de la prima pagada".

Figura 2.4  
Diagrama de beneficios de posiciones descubiertas

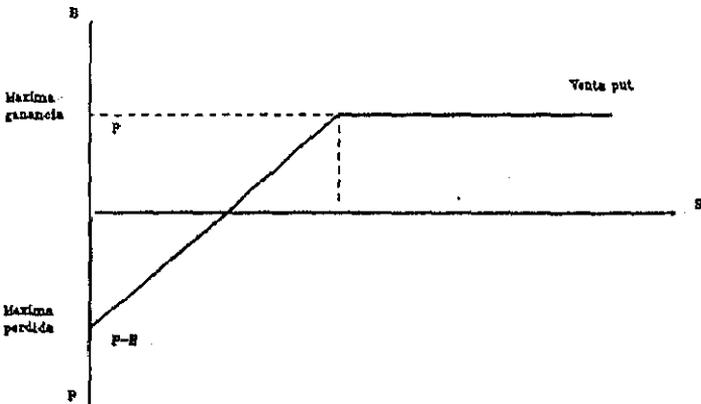
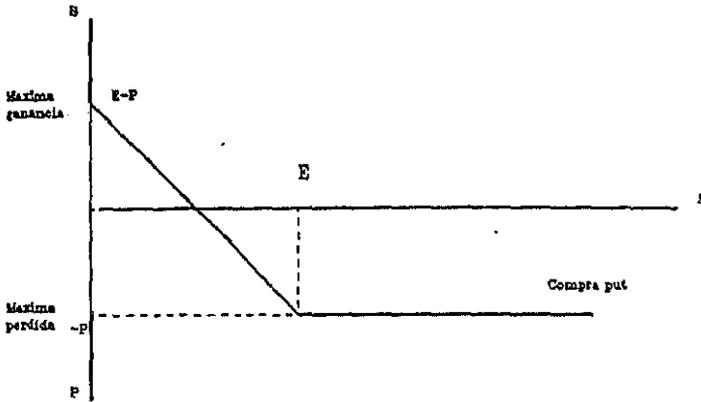


Figura 2.5  
Diagrama de beneficios de posiciones cubiertas

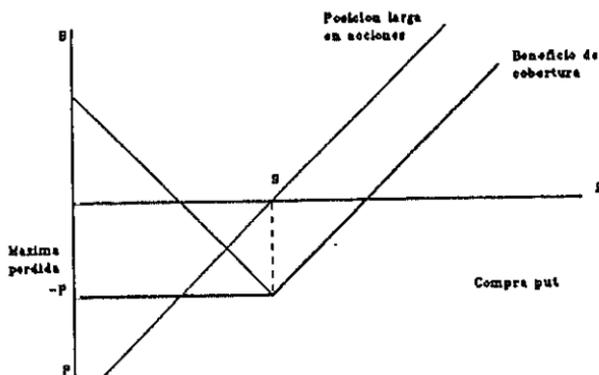
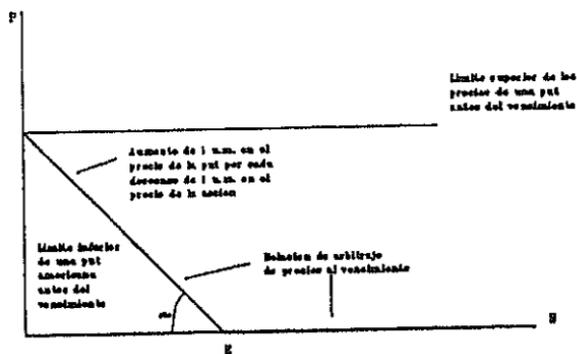


Figura 2.6  
Valor de una opción de venta en el vencimiento



### 2.2.3.- Otros conceptos básicos.

Para cada título sobre el que se contrata una opción se fijan, en principio, dos niveles de precios de ejercicio: uno por encima del precio actual de mercado ("out of the money", sin dinero), y otro por debajo ("in the money", con dinero), pudiendo establecerse otro al mismo nivel del precio actual ("at the money", al dinero). Estos precios serán los que se incluyan en el contrato. También se habla de opciones fuertemente sin dinero ("far out of the money", fuertemente con dinero ("deep in the money") y opciones cercanas al dinero ("near the money") (Ontiveros, 1987: 219).

Pero debido a que los precios de los títulos pueden oscilar fuertemente, se pueden fijar nuevos contratos de opción, con otros precios de ejercicio, que difieran al menos en un 10% de los precios anteriormente contratados.

Los plazos sobre los que se giran los contratos son de 3, 6 ó 9 meses como máximo, pudiendo distribuirse en tres ciclos de tiempo:

- 1) enero, abril, julio, octubre.
- 2) febrero, mayo, agosto, noviembre.
- 3) marzo, junio, septiembre, diciembre.

Una serie de opciones está constituida por el conjunto de opciones con dinero y sin dinero, sobre un título determinado, durante tres periodos consecutivos de uno de los ciclos citados. Así, por ejemplo, si el precio actual de un bono del Estado fuera del 93%, la serie sería la siguiente:

B.E. Feb. 92'5      May. 92'5      Ago. 92'5

B.E. Feb. 94      May. 94      Ago. 94

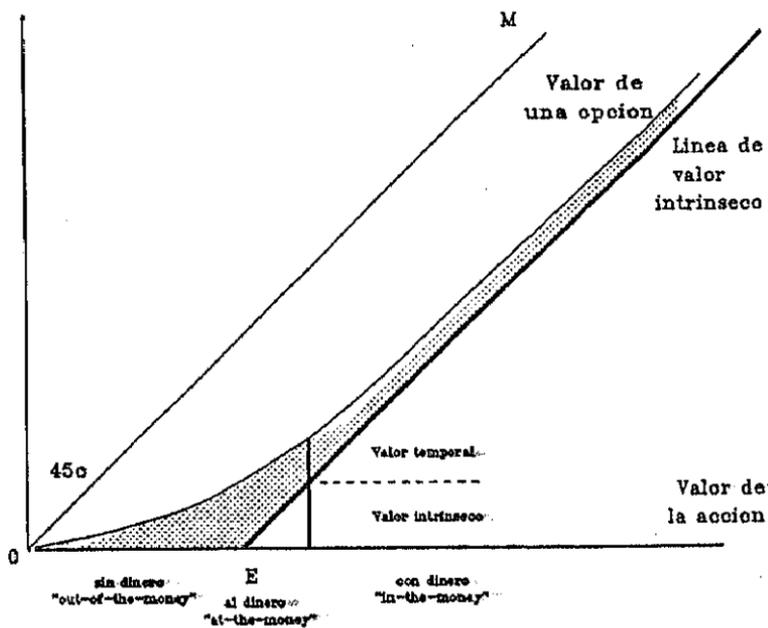
El contrato de opción incluye un número de títulos fijo, y es indivisible, por tanto no son negociables las fracciones del mismo.

Las características que deben primar a la hora de seleccionar los títulos, sobre los cuales se establezcan los contratos de opciones, deben ser dos:

- 1) Profundidad: "Un mercado es tanto más profundo cuanto mayor es el número de órdenes de compra y venta que existe para cada tipo de activo" (Cuervo, Parejo y Rodríguez Saiz, 1987: 24).
- 2) Liquidez: "Se mide por la facilidad y la certeza de su realización a corto plazo sin sufrir pérdidas" (Cuervo, Parejo y Rodríguez Saiz, 1987: 24).

Figura 2.7  
Diagrama de Bachelier

Valor  
de una opción  
de compra



OM: Límite superior del precio de la opción

Si el precio de la opción fuera superior al de su acción, al invertir le resultaría más barato adquirir la acción en el mercado (desaparecería el efecto apalancamiento).

### 2.3.- FACTORES QUE DETERMINAN SU PRECIO.

Podemos agruparlos en los siguientes tres grandes epígrafes:

A) Variables que definen el precio del activo subyacente y su comportamiento.

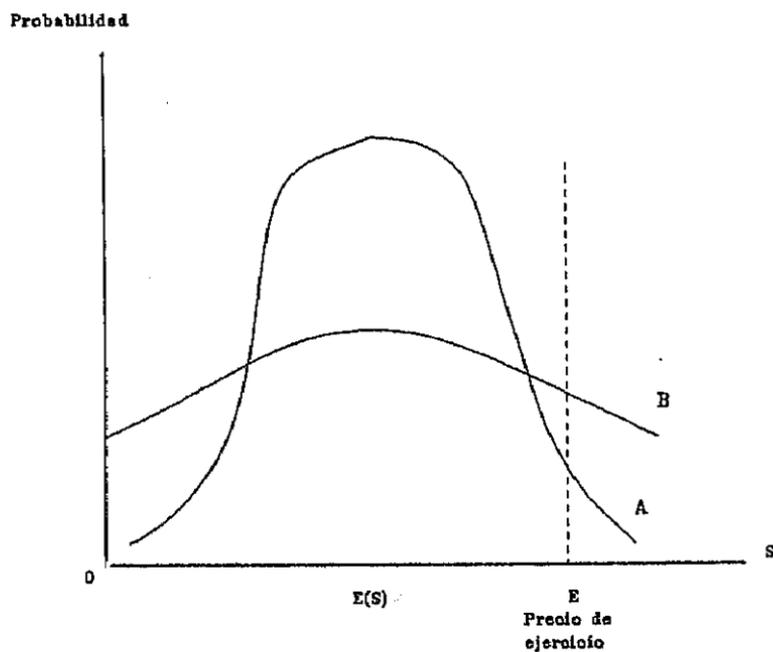
- El valor del título en el mercado (S): cuanto mayor sea su valor, mayor será el de la opción de compra suscrita sobre este título "ceteris paribus", es decir, para un precio de ejercicio y una fecha de expiración dados y constantes. La opción siempre tiene un valor positivo hasta la fecha de vencimiento, ya que, aunque el precio de ejercicio sea superior al del mercado, siempre existirá algún inversor que estime que el precio de mercado subirá.

- La volatilidad del precio del título: el tenedor de una opción de compra, preferirá que las acciones sobre las que se establecen los contratos tengan una alta varianza ya que, de este modo, existen más posibilidades de que el precio de mercado suba más ante una tendencia alcista del mercado.

- La política de dividendos (d): como las opciones, normalmente no están protegidas contra los dividendos en efectivo, aquí se producen dos efectos ante un aumento de los dividendos durante la vida de una opción (Jarrow y Rudd, 1983: 16-17).

Figura 2.8

Grafico de inversiones A y B



$$\text{Prob}(S > E)_B > \text{Prob}(S > E)_A$$

Siendo E: precio de ejercicio

- Por una parte, el pago de los dividendos provoca un descenso significativo de los precios en el día siguiente al pago. Debido a que el pago de dividendos aumenta la posibilidad de que la opción de compra expire "sin dinero" y la opción de venta expire "con dinero", un aumento en los dividendos, "ceteris paribus" disminuirá el valor de las opciones de compra y aumentará el de las opciones de venta.
- El segundo efecto es más complejo, debido a que afecta a la fecha óptima de ejercicio de las opciones americanas. Para el caso de este tipo de opciones, los dividendos pueden justificar el ejercicio anticipado de la opción, por ello: "con la consideración de los dividendos la valoración de opciones se convierte en más dinámica y mucho más compleja" (Valero, 1988: 75).

Las opciones negociadas en la actualidad, no se ajustan ante el pago de un dividendo en efectivo periódico, pero sí se ajustan por re-estampillado de acciones (cambio del nominal y otras ganancias de capital) (Jarrow y Rudd, 1983: 3).

#### B) Variables que definen el contrato de opción.

- El precio de ejercicio (E): cuanto menor sea ésta, mayor será el valor de la opción, ya que nos permitirá adquirir un número determinado de acciones a un precio inferior, con diferencia, al precio de mercado.

• La fecha de vencimiento (T): cuanto mayor sea ésta, el valor de la opción será mayor. En un caso extremo, si una opción de compra tuviera una fecha de vencimiento que tiende a infinito, su valor sería igual al de la acción correspondiente, con independencia del precio de ejercicio, ya que nunca se ejercitaría (Copeland y Weston, 1979: 375).

### c) Otras variables

• El tipo de interés sin riesgo (i): cuanto mayor sea, mayor valor tendrá la opción de compra, ya que a mayor tipo de interés menor será el valor actual del precio de ejercicio que se pagará en el futuro.

• Variables institucionales: comisiones, márgenes, impuestos e incluso, la misma estructura de los mercados (cuyo efecto es muy reducido, especialmente en los mercados muy desarrollados (Valero, 1988: 75)).

Podemos resumir el efecto de las principales variables observando las derivadas parciales del valor de una opción de compra (C) y de una opción de venta (P) respecto a cada una de ellas:

$$C = f(S, E, T, \sigma^2, i, d)$$

$$P = f(S, E, T, \sigma^2, i, d)$$

$$\delta C / \delta S > 0 ; \quad \delta P / \delta S < 0$$

$$\delta C / \delta E < 0 ; \quad \delta P / \delta E > 0$$

$$\delta C / \delta T > 0 ; \quad \delta P / \delta T > 0$$

$$\delta C / \delta \sigma^2 > 0 ; \quad \delta P / \delta \sigma^2 > 0$$

$$\delta C / \delta i > 0 ; \quad \delta P / \delta i > 0$$

$$\delta C / \delta d < 0 ; \quad \delta P / \delta d > 0$$

En resumen, baste decir que una opción de compra es un tipo de derecho contingente, de forma que la ganancia del comprador está subordinada al valor que alcance el precio de mercado de la acción al vencimiento del contrato. Sólo se obtendrá beneficio si el precio de ejercicio se mantiene inferior al precio de mercado.

#### 2.4.- ORIGEN Y OBJETIVOS DE LAS OPCIONES.

Los mercados organizados de opciones se han incorporado en las últimas dos décadas a los mercados financieros de algunos países y se espera que su difusión en otros países no se demore en extremo.

De hecho, la negociación de opciones, en un mercado organizado, comenzó el 26 de abril de 1973 en la "Chicago Board Options Exchange" (CBOE) (Copeland y Weston, 1979: 372). Su implantación fue la culminación de un largo proceso negociador para regular el funcionamiento de un mercado de opciones con contratos estandarizados. Hasta ese momento la única posibilidad de negociar opciones era participando fuera de la bolsa, en el mercado "over-the-counter". Por el carácter de ésta negociación, era un mercado muy restringido apto sólo para inversores institucionales.

El éxito inicial alcanzado por las opciones en la Bolsa de Chicago, hizo que se adoptara esta fórmula de operación también en otras bolsas. La siguiente fue la AMEX en 1975, seguida de inmediato por otras bolsas americanas. El 3 de junio de 1977 se introdujo en todas las bolsas de opciones existentes la contratación pública de opciones de venta (Valero, 1988: 35).

Sin embargo, el origen de las opciones no es reciente y resulta curioso remontarnos a tiempos bíblicos para localizar una de las primeras opciones de que tenemos conocimiento.

Ya en el libro del Génesis se nos cuenta como Jacob adquirió una opción para casarse con su prima Raquel, hija de Labán, siendo el precio estipulado el trabajo que realizara Jacob durante siete años. Pero, llegado el vencimiento de la opción, como no existía ningún mercado organizado de opciones que garantizara el buen fin de la operación, Labán, según era costumbre, le entregó a su hija mayor, Lía (Sharpe, 1985: 470).

Afortunadamente, Jacob pudo adquirir una nueva opción y logró obtener a Raquel, eso sí, tras otros siete años de trabajo.

Esta referencia puede estar un poco forzada, sin embargo, la crítica que realizara Aristóteles, en su obra "Política", a su amigo Tales de Mileto es mucho más explícita y cargada de una moral antiespeculadora que aún se mantiene en nuestros días (lo que Tales intentó demostrar es que el conocimiento filosófico podía tener una utilidad material que otros le negaban). Tales estimó, con base en sus conocimientos de astronomía, que la cosecha de olivas sería muy abundante, por eso, con sus escasos recursos económicos, adquirió opciones para la utilización de las prensas de olivas de Mileto y de Quios en la época de la cosecha, es decir, tomó el control de las prensas. De esta forma, cuando sus expectativas se confirmaron, rentó las prensas a un elevado precio obteniendo unos beneficios sustanciosos (Valero, 1988: 7).

Estas dos citas poco tienen que ver con las opciones que hoy en día conocemos. Más se asemejan a éstas, sin duda, la negociadas en Holanda.

Amsterdam fue el centro bursátil a lo largo del siglo XVIII, pero surgió con unos rasgos tales que resulta difícil establecer si lo que allí se realizaba eran transacciones comerciales o puramente juegos de azar. Las opciones sobre bulbos de tulipanes, en Holanda, con un valor intrínseco nulo llegaron a alcanzar unos precios tales como: "una carroza nueva, dos caballos grises y sus arreos" (Braudel, 1984: 74). Resultaba posible especular sin tener acciones o dinero; el especulador "sólo" tenía que "adivinar la cotización futura en la plaza holandesa conociendo la cotización y los acontecimientos de Londres" (op.cit.:78).

La Bolsa de Londres pronto sufrió el contagio de este clima, llegando a una situación tal que el gobierno se vio obligado a prohibir la negociación de opciones en 1734.

En el siglo XIX las opciones de Chicago habían adquirido tan mala reputación para los inversores que fueron prohibidas de forma eventual (Prest, 1988: 30).

En época más reciente, varios especuladores reconocidos de Wall Street tales como Comodoro Vanderbilt, Daniel Drew, Jim Fisk y Jay Gould, utilizaron opciones. En una ocasión, Comodoro Vanderbilt, le vendió a Daniel Drew, Jim Fisk y Jay Gould una opción a cuatro meses respecto a 50.000 acciones de la Boston, Hartford y Erie Railroad a un precio de \$70 por acción, exigiendo una prima de \$1.000.000.

Entre los grandes economistas de este siglo, el más relevante de todos sea quizás John Maynard Keynes, quien lanzó fuertes reproches contra estos operadores profesionales que se enfrentan día a día con la incertidumbre de los precios. Según Keynes:

"las energías y habilidad del inversor profesional y del especulador (...) no están dedicadas a realizar previsiones superiores a largo plazo respecto al rendimiento probable de una inversión por todo el tiempo que dura, sino a prever cambios en las bases convencionales de evaluación con un poco más de anticipación que el público en general" (Keynes, 1936: 141).

No se ocupan, pues, de lo que realmente significa el valor de inversión para el agente que lo compra para siempre, sino de en cuánto lo estimará el mercado dentro de tres meses o un año, bajo la influencia de la psicología de masas, es decir, constituyen la "masa ignorante".

Keynes llegó a escribir: "cuando contemplo el espectáculo diario de nuestros mercados de valores he llegado a desear que la compra de una inversión fuera permanente e indisoluble como el matrimonio" (op.cit.) (habría que apostillar "un matrimonio como los de antes").

Esas buenas previsiones a largo plazo que anhelaba Keynes son una utopía. La realidad nos enfrenta a la incertidumbre del futuro.

"El mercado no es otra cosa que un gran procesador de informaciones y todo lo que podemos hacer es ayudar a que su batalla contra la incertidumbre se libere con mayores posibilidades de éxito. En otras palabras, no se trata de suprimir la especulación porque suprimiríamos el mercado, sino de ordenar su acción" (Aguirre, 1986: 117).

En la actualidad, la bolsa de opciones de Chicago negocia, en general, más opciones sobre un título que el volumen negociado por la Bolsa de Nueva York. Sin embargo, el sistema lanzado en 1985 para la ejecución automática de las órdenes de 10 ó menos contratos de opciones sobre acciones o sobre índices, el "CBOE's Retail Automatic

Execution System" (RAES), que fomentó el desarrollo de los creadores de mercado, se vió fuertemente afectado por el crack bursátil de octubre de 1987. Todo ello, ha provocado un refuerzo de las reglas para los miembros del mercado (Siegel; 1990: 30).

El mercado de opciones ha nacido con un objetivo primordial: gestionar el riesgo de las carteras de los inversores, intentando reducirlo con el menor coste posible y sin afectar a la composición de la cartera básica. Gracias a este mercado, el inversor puede elegir entre incrementar o reducir su exposición al riesgo, con mínimos efectos sobre su cartera y a un coste modesto.

La decisión de establecer un mercado organizado fue la respuesta a dos problemas: no existía un mercado de opciones estandarizadas, ni tampoco mercados secundarios donde se pudieran comprar o vender los contratos existentes sobre opciones.

Lo que no cabe duda es que la aparición de la Bolsa de opciones de Chicago (CBOE) supuso:

- 1) La estandarización en la negociación de los contratos: se estipulan la fecha de vencimiento, el precio de ejercicio y el número de títulos por opción, sólo queda libre el precio de la opción.
- 2) Disminución de los costes de transacción: junto con las ya tradicionales figuras de comprador y vendedor aparece un órgano emisor-compensador ("Clearing house") que centraliza las operaciones.

3) Disminución del riesgo de crédito: es el centro compensador quien asume los riesgos de incumplimiento del contrato, por parte del vendedor de la opción. Además, proporciona liquidez al mercado. "La Clearing Corporation también garantiza la entrega de los títulos si el vendedor falla" (Sharpe, 1985: 472).

4) Creación de un mercado centralizado.

5) Introducción de un Cámara de Compensación de opciones ("OCC - Options Clearing Corporation").

6) Separación de las funciones de broker o cambista ("floor brokers y order book oficiales") y de dealer o tratante ("market-makers") (Valero, 1988: 36-37).

7) Desaparición de certificados (soporte papel).

Hoy en día el papel que juegan las opciones dentro del sistema financiero es de gran importancia:

"Aunque fuera de nuestro país se oyen algunas voces que culpan a estos productos (futuros de índices bursátiles, opciones, "swaps", "caps", "collars", etc.) de la creciente volatilidad de los mercados financieros, en un proceso que se ha venido en llamar «sociedad casino», en mi opinión no cabe duda que sin el desarrollo de estos productos el sistema financiero de los países avanzados no habría alcanzado el volumen, la liquidez y la eficiencia que hoy tienen" (Barallat, 1988: 239-40).

Sin entrar en la polémica acerca de los mercados de opciones, para el tema que nos ocupa hemos de resaltar que gracias al desarrollo de estos mercados, la literatura de finanzas sobre este tema ha proliferado de forma

sensacional, dando un giro en la concepción de las finanzas empresariales. Una nueva óptica de la empresa en funcionamiento nace a la luz de la teoría de valoración de opciones (OPT) y, en general, del análisis de los derechos contingentes (CCA), todo un reto para aquellos que intenten llevar a cabo, al servicio de la empresa, "una actividad sistematizada de búsqueda de oportunidades de planificación y desarrollo corporativo con la mirada puesta en el entorno, en las necesidades nuevas del mercado, en la actitud de la competencia, en la necesidad de reducir costes para mantener y aumentar la posición competitiva" (Barallat, 1988: 15-16).

## 2.5.- PARIDAD ENTRE OPCIONES EUROPEAS DE COMPRA Y DE VENTA.

Las principales relaciones que se pueden establecer entre las opciones y aquellos otros instrumentos que las sustentan, siguiendo la clasificación que ha desarrollado Valero (1988), podemos agruparlas en los siguientes tres grandes epígrafes:

- 1) Relación entre la acción y sus opciones de compra y venta asociadas, conocida con el nombre de paridad "put-call".
- 2) Relación entre opciones y contratos a plazo.
- 3) Otras relaciones generales: distintos teoremas que no dependen del modelo concreto de valoración de opciones que adoptemos.

Tan sólo nos ocuparemos en el presente trabajo del primer grupo de relaciones mencionado porque nos será de gran utilidad en los capítulos que siguen. Entendemos que las otras relaciones citadas tiene una importancia marginal en el tema que nos ocupa.

El teorema de la paridad "put-call" relaciona los valores de una acción y sus dos tipos de opciones asociadas (de compra y de venta), siempre que éstas posean el mismo vencimiento y el mismo precio de ejercicio. Por ello y

"debido a que ambos tipos de opciones están suscritas sobre los mismos títulos y se asume que tienen el mismo precio de ejercicio y fecha de vencimiento, parece razonable suponer que sus respectivos precios estarán relacionados entre ellos en una forma predecible" (Kester, 1987: 5.10).

En 1969, Hans R. Stoll publica un artículo en el que se define explícitamente la relación que existe entre los precios de una "put" y una "call" con las siguientes hipótesis de partida:

- 1) Mercados competitivos y perfectos (no existen costes de transacción, impuestos, márgenes requeridos, etc.), donde el beneficio de tener una posición corta es igual al coste de una posición larga (Stoll, 1969: 805).
- 2) Se puede recibir en préstamo y prestar cualquier cantidad al tipo de interés sin riesgo.
- 3) Las opciones están protegidas contra el pago de dividendos o no se pagan dividendos a lo largo de la vida de las opciones.

Aunque Stoll indicaba que no se depositaba ningún margen, Gould y Galai (1974) han demostrado que la relación de paridad se mantiene cuando consideramos el depósito de los márgenes requeridos por la Cámara de compensación e incluso cuando contemplamos el pago de impuestos.

Utilizando la notación vectorial podemos representar las siguientes posiciones básicas (Stoll, 1969: 803-4).

Compra de títulos (posición larga)	$\begin{bmatrix} + 1 \\ - 1 \end{bmatrix}$
Venta de títulos (posición corta)	$\begin{bmatrix} - 1 \\ + 1 \end{bmatrix}$

$$\text{Compra de "call"} \quad \begin{bmatrix} + 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{Venta de "call"} \quad \begin{bmatrix} - 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{Compra de "put"} \quad \begin{bmatrix} 0 \\ + 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Venta de "put"} \quad \begin{bmatrix} 0 \\ - 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{siendo,} \quad \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

a: beneficio o pérdida ante un incremento unitario en el precio de las acciones.

b: beneficio o pérdida ante una disminución unitaria en el precio de las acciones.

A partir de esas posiciones básicas podemos realizar las siguientes combinaciones:

A) Posición + Posición = Posición nula  
larga                      corta

$$\begin{bmatrix} + 1 \\ - 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} - 1 \\ + 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

B) Compra + Venta = Posición larga  
"call"                      "put"

$$\begin{bmatrix} + 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 \\ - 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} + 1 \\ - 1 \end{bmatrix}$$



C) Posición + Compra = Compra "call"  
 larga "put"

$$\begin{bmatrix} + 1 \\ - 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 \\ + 1 \end{bmatrix} \quad = \quad \begin{bmatrix} + 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

D) Posición + Compra = Compra "put"  
 corta "call"

$$\begin{bmatrix} - 1 \\ + 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} + 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad = \quad \begin{bmatrix} 0 \\ + 1 \end{bmatrix}$$

Como podemos observar, en la combinación A) logramos obtener una "cobertura perfecta" mediante la formación de una cartera que posee una posición larga y otra corta en acciones para el mismo número de títulos. De igual forma, quien compra una "call" y vende una "put", en definitiva, posee una posición larga en acciones, ya que el comprador de la "call" se beneficiará de los aumentos del precio de la acción mientras que el vendedor de la "put" quedará perjudicado ante esta subida. Si compramos una "put" y poseemos acciones, nos estamos cubriendo ante una depreciación de las acciones. En el caso opuesto la "call" que adquirimos, junto con una posición corta en acciones, nos proporciona una protección contra una subida de los precios de las acciones, que de otra forma tendríamos que adquirir en el mercado a un precio superior para cubrir nuestra posición.

Utilizando el denominado "mecanismo de conversión", (Stoll, 1969: 804), cuando el inversor juzgue que el precio de las opciones de compra está demasiado alto, las venderá (recibiendo la prima), comprará acciones para poder atender su posible obligación con el comprador de la opción de compra y adquirirá opciones de venta (pagando una prima) para protegerse de la posible depreciación de los títulos que él ya posee.

Venta + Posic. + Compra = Posición  
 "call" larga "put" nula

$$\begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} +1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 \\ +1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

El caso contrario sería:

Venta + Posic. + Compra = Posición  
 "put" corta "call" nula

$$\begin{bmatrix} 0 \\ -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 \\ +1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} +1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

La notación que vamos a utilizar a continuación es la siguiente:

- S : valor de las acciones en t.
- C : precio de la opción de compra.
- P : precio de la opción de venta.
- i : tipo de interés sin riesgo.
- c : precio relativo de la opción de compra (C/S).
- p : precio relativo de la opción de venta (P/S).
- E : precio de ejercicio.

### 2.5.1.- Paridad "put-call" con protección contra dividendos.

Con la notación citada y partiendo de la combinación (1), para adquirir las acciones (posición larga) y dado que el flujo de caja positivo obtenido por la venta de la opción de compra, C, se compensa con el negativo generado por la compra de la opción de venta, P, debemos

obtener un préstamo por un plazo de igual duración al de la vida de la opción y de cuantía  $S$ . El coste de los intereses será  $S \cdot i$ , cuyo valor actual será  $S \cdot i / (1+i)$ , siendo la tasa de actualización, el tipo de interés sin riesgo ya que la mera tenencia de acciones no conlleva ningún riesgo. En este caso, conseguimos una cobertura perfecta de nuestra cartera y al beneficio que obtenemos de esta operación de arbitraje lo denominaremos  $M$ .

$$C - \frac{S \cdot i}{(1+i)} - P = M \quad (3)$$

La operación contraria, sería:

$$P + \frac{S \cdot i}{(1+i)} - C = N \quad (4)$$

Estas ecuaciones quedarían modificadas si tenemos en cuenta que:

"en un mundo competitivo sin costes de transacción, se alcanza el equilibrio de mercado cuando  $M = N = 0$ . Como asumimos que la conversión es una operación sin riesgo y sin costes, los individuos se dedican a aprovechar la diferencia anormal entre los precios de las "puts" y las "calls" hasta que se eliminan todos los beneficios" (Stoll, 1969: 806).

Por ello,

$$C - \frac{S \cdot i}{(1+i)} - P = 0 \Rightarrow C - P = \frac{S \cdot i}{(1+i)} \quad (5)$$

"La diferencia entre el precio de una "put" y una "call" es igual al valor actual de los costes por intereses de un préstamo sobre activos sin riesgo" (Stoll, 1969: 806).

Si consideramos los precios relativos de las opciones, la ecuación (5) queda así:

$$c - p = \frac{i}{(1+i)} \approx i \quad (6)$$

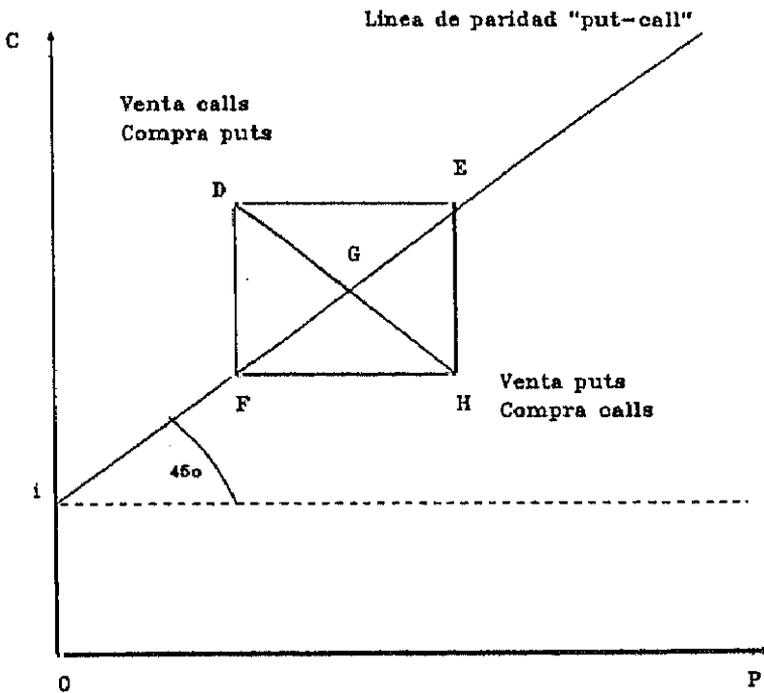
De aquí se sigue que, en equilibrio, "los precios relativos de la "put" y la "call" difieren aproximadamente en el tipo de interés sin riesgo" (Stoll, 1969: 806).

Observemos la representación gráfica de la línea de paridad "put-call" (figura 2.9). En primer lugar, hay que hacer notar que nos situamos en el primer cuadrante pues adoptamos la óptica del vendedor, que asume un mayor riesgo pero percibe a cambio unas primas positivas que le compensan de éste.

La intersección entre la línea de paridad y el eje de abscisas nos determina el tipo de interés sin riesgo, es decir, cuando la prima de la opción de venta es nula, la correspondiente de la opción de compra se aproxima al tipo de interés sin riesgo. Esto se debe a que no existe posibilidad de que el precio de mercado sea inferior al precio de ejercicio y por ello la prima de la opción de venta es nula.

Todos los puntos que se sitúan por debajo de la línea de paridad, tal es el caso de H, implican que los precios de las "puts" están sobrevalorados en relación a los de las opciones de compra, por ello en este caso existirá un incentivo para vender las opciones de venta y comprar las opciones de compra (y tener una posición corta en acciones para completar la cobertura sin riesgo). Así se reducirá el precio de las "puts" y se elevará el de las "calls", situándonos de nuevo en la línea de paridad.

Figura 2.9  
Paridad "put-call"



(STOLL 1989: 807)

Por el contrario, todos aquellos puntos emplazados por encima de la línea de paridad significan que los precios de las "calls" están, en relación con los de las "puts", excesivamente altos, así que el inversor se inclinará por la venta de "calls" y la compra de "puts" (con posición larga en acciones para completar la cobertura) hecho que conducirá a una reducción del precio de las "calls" y un aumento del precio de las "puts".

El único punto que queda por aclarar es cuál será la proporción del flujo de capital hacia "puts" y hacia "calls". En relación con este punto, la opinión de Stoll es la siguiente:

"Si podemos asumir que las expectativas no cambian, permanecen inalterables, durante el proceso de ajuste, se puede discutir que el flujo neto de capital hacia "puts" y hacia "calls" debería ser aproximadamente igual y que ni los precios de la "put" ni de la "call" deberían soportar la pesada carga del ajuste" (Stoll, 1969: 808).

Por ello, tras las operaciones de ajuste volveríamos a situarnos en la línea de paridad en un punto en torno a G.

Para comprender la relación de paridad en caso discreto vamos a servirnos de la siguiente tabla de arbitraje.

CUADRO 1.

Posición	Momento actual	Fecha de vencimiento	
		$S \leq E$	$S > E$
Venta de call	C	-	E - S
Compra de put	- P	E - S	-
Compra de acción	- S	S	S
Total	C-P-S	E	E

Por supuesto, no hemos considerado los costes de transacción, impuestos, márgenes y dividendos.

La cartera así formada tendrá un valor igual al precio de ejercicio E al vencimiento, sea cual sea el valor de la acción en ese momento. En consecuencia, el resultado de la cartera carece de riesgo y por ello podemos actualizarlo a un tipo de interés sin riesgo  $i$ . Como estamos considerando el caso discreto la actualización será la siguiente:

$$S + P - C = \frac{E}{(1+i)^t} \quad , \quad C - P = S - \frac{E}{(1+i)^t}$$

$$C = P + S - \frac{E}{(1+i)^t} \quad (7)$$

donde  $i$  es el tipo de interés de un periodo, que no tiene que coincidir forzosamente con un año. Si la opción expira en 6 meses, por ejemplo, y el tipo de interés  $i$  es anual sustituiremos  $(1+i)^{-t}$  por  $(1+i)^{-t/2}$ .

A la expresión (7) se le denomina relación de paridad entre una opción de compra y una de venta europeas. En ella se recoge que "la compra de una "call", es equivalente a la adquisición de una acción junto con su

correspondiente "put" financiada con un préstamo con valor final igual al precio de ejercicio de ambas opciones" (Valero, 1988: 80).

Si ahora, despejamos en (7) el precio de la "put" P tenemos:

$$P = C - S + E(1+i)^{-t} \quad (8)$$

Lo que significa que "la compra de una "put" es equivalente a adquirir una "call" y realizar un préstamo con valor final igual a dicho precio de ejercicio, operaciones ambas financiadas a partir de la venta de la correspondiente acción" (Valero, 1988: 80).

Las carteras formadas según lo indicado pueden resultar atractivas para el inversor con aversión al riesgo, ya que, "su interés radica en que su beneficio o pérdida es independiente de cuál sea el precio final de la acción" (Aragonés y Pérez Goróstegui, 1988: 542).

Un caso especial se daría cuando el precio de ejercicio coincida con el precio de la acción en el momento actual (opción al dinero - "at-the-money").

$$C - P = S - \frac{S}{(1+i)^t} = \frac{(1+i)^t S - S}{(1+i)^t} > 0 \quad (9)$$

Esta fórmula nos muestra que cuando todos los parámetros de valoración son idénticos (el precio de la acción, la volatilidad, el precio de ejercicio, la fecha de vencimiento y el tipo de interés sin riesgo) y  $E = S$ , la opción de compra tendrá un valor actual superior al de la opción de venta (Copeland y Weston, 1979: 384).

### 2.5.2.- Comportamiento de las acciones tras el pago de dividendos.

Para analizar la relación de paridad entre opciones que no estén protegidas contra el pago de dividendos, hemos de completar el estudio contrastando el comportamiento del precio de las acciones una vez que se han distribuido dividendos. Para ello vamos a considerar las siguientes hipótesis de partida:

- 1) Suponemos que los mercados de opciones, bonos y acciones son mercados perfectos (sin costes de transacción, sin impuestos, sin restricciones a las ventas en descubierto y sin exigencias de márgenes).
- 2) Los títulos negociados se pueden fraccionar infinitamente.
- 3) El precio de un bono sin riesgo, valorado en  $t$ , que recibe una unidad monetaria en el momento  $T$ , es  $B(t, T-t)$ . Si el tipo de interés sin riesgo es constante para todos los vencimientos e igual a  $i$  (la curva tipos-plazos es plana):

$$B(t, T-t) = e^{-i(T-t)}$$

Consideremos la siguiente notación:

- $t$  : fecha tras el pago de dividendos.
- $d$  : dividendo por acción.
- $t-ft$  : instante anterior al pago de dividendos.
- $S$  : valor del título en  $t-ft$ .
- $S-d$  : valor del título en  $t$ .

$B(t-\delta t, \delta t)(S_t+d)$  es el valor actual en  $t-\delta t$  del precio del título, tras el pago de dividendos, más el dividendo.

$$\text{Para un } \delta t > 0 \text{ dado } \Rightarrow \lim_{\delta t \rightarrow 0} S_{t+d} = S_{t-\delta t}$$

Siguiendo a Kalay (1982), se presentará una oportunidad de inversión si el inversor conoce con certeza que se verifica alguna de estas dos inecuaciones:

$$\begin{aligned} S_{t-\delta t} - B(t-\delta t, \delta t)(S_t+d) &> 0 \\ S_{t-\delta t} - B(t-\delta t, \delta t)(S_t+d) &< 0 \end{aligned}$$

Desafortunadamente, para conocer con certeza el valor actual, al que nos hemos referido (el sustraendo de la inecuación), necesitamos tener información de  $S_t$  en el momento  $t-\delta t$ . Pero como los movimientos en el precio de un título son aleatorios, no podremos conocer ese valor actual salvo en el límite, es decir, cuando  $\delta t \rightarrow 0$ . Por ello,  $S_{t-\delta t}$  estará comprendido entre los siguientes valores:

$$(S_t+d)_m B(t-\delta t, \delta t) \leq S_{t-\delta t} \leq (S_t+d)_M B(t-\delta t, \delta t) \quad (10)$$

donde,

$$\begin{aligned} (S_t+d)_m &: \text{valor mínimo del precio del título, tras} \\ &\text{el pago de dividendos, más el dividendo.} \\ (S_t+d)_M &: \text{valor máximo del precio del título, tras} \\ &\text{el pago de dividendos, más el dividendo.} \end{aligned}$$

Conforme  $\delta t \rightarrow 0$ , la diferencia entre estos dos valores se reduce a un punto y  $B(t-\delta t, \delta t) \rightarrow 1$ . La demostración de este teorema ha sido obtenida por Robert Jarrow y Andrew Rudd (1983).

Supongamos que  $S_{t-\delta t} < (S_t+d)_m B(t-\delta t, \delta t)$  en cuyo caso  $S_{t-\delta t} < (S_t+d) B(t-\delta t, \delta t)$  para cualquiera que sea la evolución del precio del título. Si esto es así, para aprovechar esta oportunidad, podríamos formar la siguiente cartera en  $t-\delta t$ :

- 1) Compra de la acción.
- 2) Venta de  $(S_t+d)_m$  bonos sin riesgo.

El valor de esta cartera en  $t-\delta t$  es:

$$S_{t-\delta t} - (S_t+d)_m B(t-\delta t, \delta t) < 0$$

En el momento  $t$ , una vez pagados los dividendos, el valor de la cartera ya no es negativo porque:

$$(S_t+d) - (S_t+d)_m \geq 0$$

Esto crea una oportunidad de arbitraje no esperada y de esta forma queda probada la parte izquierda de la inecuación (10).

Ahora supongamos que  $S_{t-\delta t} > (S_t+d)_M B(t-\delta t, \delta t)$ , por lo que  $S_{t-\delta t} > (S_t+d) B(t-\delta t, \delta t)$  para cualquier valor de  $S_t$ . En este caso, para crear una oportunidad de arbitraje, la cartera quedaría formada así:

- 1) Venta de la acción.
- 2) Compra de  $(S_t+d)_M$  bonos sin riesgo.

Su valor en  $t-\delta t$  es:

$$(S_t+d)_M B(t-\delta t, \delta t) - S_{t-\delta t} < 0$$

Por ello, en  $t$  dicho valor sería:

$$(S_t+d)_M - (S_t+d) \geq 0$$

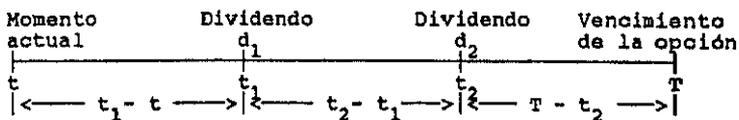
En definitiva, para prevenir el arbitraje se debe cumplir también la parte derecha de la inecuación (10).

La conclusión a la que llega Kalay con base en los estudios realizados es que:

"los resultados empíricos demuestran que los precios de las acciones caerán menos que el importe total del dividendo, aunque sea insignificamente menor" (Kalay, 1982: 51).

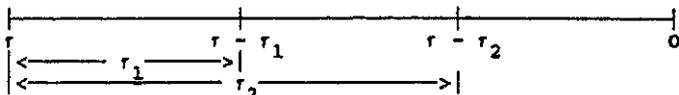
### 2.5.3.- Paridad con dividendos conocidos.

Para el estudio de la relación de paridad cuando la acción recibe unos dividendos conocidos vamos a analizar el caso concreto de que se paguen dividendos dos veces a lo largo de la vida de la opción, en  $t_1$  y en  $t_2$ , de forma que  $t \leq t_1 \leq t_2 \leq T$ . Así tendríamos que en  $t_1$  se recibe un dividendo conocido de  $d_1$  y en  $t_2$  otro dividendo conocido  $d_2$ , siendo  $d_1$  y  $d_2$  constantes.



El período de tiempo hasta el vencimiento de la opción también podemos expresarlo así:

- $r = T - t$  : período de tiempo hasta el vencimiento.
- $r_1 = t_1 - t$  : tiempo hasta el pago del primer dividendo.
- $r_2 = t_2 - t$  : tiempo hasta el pago del segundo dividendo.



$$C_t = P_t + S_t - (d_1 B(t, r_1) + d_2 B(t, r_2)) - EB(t, r) \quad (11)$$

Si no se pagaran dividendos o las opciones estuvieran protegidas contra los dividendos, entonces la ecuación (11) quedaría así:

$$C_t = P_t + S_t - EB(t, r) \quad (11a)$$

La relación de paridad "put-call" europeas nos muestra cómo podemos simular una "call" mediante la combinación en nuestra cartera de una "put" europea, la compra de acciones (posición larga) menos el valor actual de los dividendos y un préstamo de importe igual al precio de ejercicio actualizado al momento  $t$ .

La "call", como está parcialmente compuesta por acciones, tiene todas sus características (menos la influencia de los dividendos, debido a que las opciones no están protegidas contra los dividendos), excepto que el riesgo ante movimientos desfavorables en el precio de la acción queda eliminado al incluir una "put" en la composición de nuestra cartera. Por último, al incluir el préstamo, la "call" está apalancada.

La "put" europea viene a configurarse como un instrumento de seguro sobre la acción; esto es, si el valor de la acción cae por debajo del precio de ejercicio, tendremos asegurada la percepción de un importe igual a  $E$ . La prima del seguro es, aquí, el precio de la "put".

Para demostrar esta relación de paridad, Jarrow y Rudd (1983) construyen la siguiente cartera de arbitraje con vencimiento en  $T$ :

- 1) Compra de la "call".
- 2) Venta de la "put".
- 3) Venta de la acción.
- 4) Compra de  $d_1$  bonos sin riesgo con vencimiento en  $t_1$ .
- 5) Compra de  $d_2$  bonos sin riesgo con vencimiento en  $t_2$ .
- 6) Compra de E bonos sin riesgo con vencimiento en T.

CUADRO 2.

Posición	t	$t_1$	$t_2$	F. vencimiento	
				$S \leq E$	$S > E$
Compra call	$-C_t$	-	-	0	$S_T - E$
Venta put	$P_t$	-	-	$-(E - S_T)$	0
Venta acción	$S_t$	$-d_1$	$-d_2$	$-S_T$	$-S_T$
Compra $d_1$ bonos	$-d_1 B(t, r_1)$	$d_1$	-	-	-
Compra $d_2$ bonos	$-d_2 B(t, r_2)$	-	$d_2$	-	-
Compra E bonos	$-EB(t, r)$	-	-	E	E
Total	ec. (11)	0	0	0	0

Para eliminar la posibilidad de arbitraje, el flujo inicial de esta cartera debe ser cero en el momento  $t$ , lo que prueba la ecuación (11).

#### 2.5.4.- Paridad con dividendos estocásticos.

El estudio de la relación de paridad entre opciones europeas cuando los dividendos no son conocidos ha sido desarrollado por Mark Rubinstein y John Cox (1978).

Aunque podríamos generalizar al caso en que las fechas de pago de dividendos fueran desconocidas, vamos a limitarnos a exponer el supuesto en que dichas fechas son conocidas y la única incertidumbre existente se refiera a la cuantía de los dividendos.

El planteamiento es similar al anterior (2.5.3), excepto que los dividendos, al ser variables aleatorias, tienen ahora asignada una distribución de probabilidad de sus posibles valores.

Así, podemos conocer con certeza los límites de dichos dividendos.

$d_{1m} \leq d_1 \leq d_{1M}$  y  $d_{2m} \leq d_2 \leq d_{2M}$   
 donde,  $d_{1m}$ ,  $d_{1M}$ ,  $d_{2m}$  y  $d_{2M}$  son constantes.

En  $t_1$  tendremos que  $d_{1m}$  es el mínimo dividendo posible y  $d_{1M}$  el máximo; en  $t_2$ ,  $d_{2m}$  será el mínimo dividendo y  $d_{2M}$  el máximo.

Los valores extremos serían:

$$\begin{aligned} d_{1m} &= d_{2m} = 0 \\ d_{1M} &= S_{t_1} ; d_{2M} = S_{t_2} \end{aligned}$$

Si tenemos en cuenta estos límites de las distribuciones de dividendos, podemos reducir el problema a uno no estocástico (2.5.3).

La solución del problema será:

$$\begin{aligned} P_t + S_t - (d_{1m}B(t, r_1) + d_{2m}B(t, r_2) - EB(t, r)) \geq C_t \geq P_t + \\ + S_t - (d_{1M}B(t, r_1) + d_{2M}B(t, r_2) - EB(t, r)) \end{aligned} \quad (12)$$

Si los dividendos fueran conocidos,  $d_{1M} = d_1 = d_{1M}$  entonces la inecuación quedaría convertida en la ecuación (11).

La necesidad de conocer los límites para los dividendos es relevante, ya que:

"la valoración relativa de "puts" y "calls" sólo puede identificarse dentro de un cierto rango, que depende de la incertidumbre sobre los dividendos futuros" (Jarrow y Rudd, 1983: 54).

Para demostrar la inecuación (12) vamos a considerar cada extremo de forma independiente.

A) Vamos a probar que:

$$C_t \geq P_t + S_t - (d_{1M}B(t, r_1) + d_{2M}B(t, r_2) - EB(t, r))$$

Para ello, formaremos la cartera siguiente:

- 1) Compra de una "put".
- 2) Compra de la acción.
- 3) Venta de  $d_{1M}$  bonos sin riesgo con vencimiento en  $t_1$ .
- 4) Venta de  $d_{2M}$  bonos sin riesgo con vencimiento en  $t_2$ .
- 5) Venta de E bonos sin riesgo con vencimiento en T.
- 6) Venta de la "call".

CUADRO 3.

Posición	t	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	F. vencimiento	
				S ≤ E	S > E
Compra put	-P <sub>t</sub>	-	-	(E - S <sub>T</sub> )	0
Compra acción	-S <sub>t</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	S <sub>T</sub>	S <sub>T</sub>
Vta. d <sub>1</sub> bonos	d <sub>1M</sub> B(t, r <sub>1</sub> )	-d <sub>1M</sub>	-	-	-
Vta. d <sub>2</sub> bonos	d <sub>2M</sub> B(t, r <sub>2</sub> )	-	-d <sub>2M</sub>	-	-
Venta E bonos	EB(t, r)	-	-	-E	-E
Venta call	C <sub>t</sub>	-	-	0	-(S <sub>T</sub> - E)
Total	ec. (12a)	d <sub>1</sub> - d <sub>1M</sub> ≤ 0	d <sub>2</sub> - d <sub>2M</sub> ≤ 0	0	0

Esta cartera no tiene, en ningún caso, flujos de caja positivos y tiene probabilidad de ser estrictamente negativa (por ejemplo, cuando  $d_1 < d_{1M}$  o  $d_2 < d_{2M}$ ). Para evitar la posibilidad de arbitraje, los flujos de caja en el momento t no deben ser negativos, por lo que quedaría probada la proposición A.

$$C_t - P_t - S_t + (d_{1M}B(t, r_1) + d_{2M}B(t, r_2)) - EB(t, r) \geq 0, \quad (12a)$$

B) Probemos ahora que:

$$C_t \leq P_t + S_t - (d_{1M}B(t, r_1) + d_{2M}B(t, r_2)) - EB(t, r)$$

Formamos la cartera compuesta por:

- 1) Compra de una "put".
- 2) Compra de la acción.

- 3) Venta de  $d_{1m}$  bonos sin riesgo con vencimiento en  $t_1$ .
- 4) Venta de  $d_{2m}$  bonos sin riesgo con vencimiento en  $t_2$ .
- 5) Venta de E bonos sin riesgo con vencimiento en T.
- 6) Venta de la "call".

CUADRO 4.

Posición	t	$t_1$	$t_2$	F.vencimiento	
				S<E	S>E
Compra put	$-P_t$	-	-	$(E-S_T)$	0
Compra acción	$-S_t$	$d_1$	$d_2$	$S_T$	$S_T$
Vta. $d_{1m}$ bonos	$d_{1m}B(t, r_1)$	$-d_{1m}$	-	-	-
Vta. $d_{2m}$ bonos	$d_{2m}B(t, r_2)$	-	$-d_{2m}$	-	-
Venta E bonos	$EB(t, r)$	-	-	-E	-E
Venta call	$C_t$	-	-	0	$-(S_T-E)$
Total	ec. (12b)	$d_1 - d_{1m} \geq 0$	$d_2 - d_{2m} \geq 0$	0	0

Esta cartera no tiene, en ningún momento ( $t_1$ ,  $t_2$ , T) flujos de caja negativos y tiene probabilidad de ser estrictamente positiva (cuando,  $d_1 > d_{1m}$  o  $d_2 > d_{2m}$ ). Para evitar la posibilidad de arbitraje, los flujos de caja en el momento t no deben ser positivos,

$$C_t - P_t - S_t + (d_{1m}B(t, r_1) + d_{2m}B(t, r_2)) - EB(t, r) \geq 0, \quad (12b)$$

con lo que queda probada esta segunda proposición.

## 2.6.- EJERCICIO ANTICIPADO DE UNA OPCION AMERICANA.

Debido a que las opciones americanas no están protegidas, en modo alguno, contra el pago de dividendos, el modelo de paridad de la ecuación (7) resulta inadecuado para especificar las relaciones de paridad de este tipo de opciones. Además, la posibilidad de que se ejerciten de forma anticipada hace que la paridad "put-call" no quede definida únicamente en la línea de paridad de la figura 2.9. Esto se debe a que el valor actual de los intereses pagados (o recibidos) es ahora menor porque los fondos no se requieren para el período de vida completa de la opción. Si a esto le sumamos que la opción vendida se ejercita contra el emisor antes del vencimiento, tendremos que la opción comprada por él podría presentar todavía un valor realizable no incluido en las ecuaciones (3) y (4) (Stoll, 1969: 808).

En consecuencia, los flujos de caja  $-S \cdot i / (1+i)$  y  $-P$  en (3) y  $S \cdot i / (1+i)$  y  $-C$  en (4), están sobrevalorados por un factor que depende de la probabilidad de que la opción vendida por el emisor sea ejercitada antes del vencimiento.

Por todo ello, ahora tenemos dos líneas de paridad a ambos lados de la línea representada en la figura 2.9.

Sin embargo,

"existen situaciones en las que ningún inversor ejercerá una opción americana de forma anticipada. En estas situaciones las opciones europeas y americanas tienen idéntico valor" (Jarrow y Rudd, 1983: 57).

Vamos a analizar a continuación el conjunto de supuestos para los cuales el ejercicio anticipado de una opción americana no resultará óptimo. Para ello, partimos de un modelo en el que se pagan unos dividendos estocásticos por acción  $d_1$  y  $d_2$ , en las fechas conocidas  $t_1$  y  $t_2$ , tales que  $t \leq t_1 \leq t_2 \leq T$ . Además,  $d_{1m} \leq d_1 \leq d_{1M}$  y  $d_{2m} \leq d_2 \leq d_{2M}$ . Consideramos también que los mercados de activos son mercados perfectos y los tipos de interés son positivos. Asimismo, mantenemos la notación anteriormente utilizada en este trabajo:

$$r = T - t ; \quad r_1 = t_1 - t ; \quad r_2 = t_2 - t$$

En primer lugar, analizaremos los supuestos para el caso de una "call" americana, para pasar después al de los correspondientes para la "put" americana.

#### 2.6.1.- Opción de compra americana.

Al contrario que una opción de compra americana protegida contra los dividendos, Robert Merton (1973b) ha demostrado que puede resultar óptimo ejercitar de forma anticipada una "call" justo antes del pago de dividendos, ya que el valor de ejercicio es menor que el valor de mercado después de que la acción haya recibido los dividendos.

Este autor también ha desarrollado una condición suficiente para no ejercitar la opción anticipadamente (condición que ha sido modificada por Richard Roll (1977) para considerar fechas justo antes del pago de dividendo y fechas de ejercicio no coincidentes).

Vamos a analizar a continuación los supuestos en los que puede resultar aconsejable ejercitar la opción de compra americana antes de su vencimiento.

El valor de una "call" americana oscilará entre los siguientes límites:

$$S_t \geq C_t \geq \text{máximo:} \begin{cases} 0 \\ S_t - E \\ S_t - EB(t, r_1) \\ S_t - d_{1m} B(t, r_1) - EB(t, r_2) \\ S_t - d_{1m} B(t, r_1) - d_{2m} B(t, r_2) - EB(t, r) \end{cases} \quad (13)$$

Por una parte, sabemos que el precio de una "call" tiene siempre un valor menor que el título. Esto es obvio dado que la "call" da derecho a comprar la acción por un precio de ejercicio,  $E \geq 0$ , hasta una fecha determinada  $T$ , y el título no tiene precio de ejercicio ni fecha de vencimiento.

Por otra, el límite mínimo de una "call" americana viene dado por el máximo de esos cinco términos. Cada uno de los términos recoge las posibles estrategias que puede adoptar el inversor. Como a priori no conocemos si alguna de estas estrategias proporcionan el máximo valor de la opción, el valor actual de la "call" debe ser mayor que el valor máximo de esas cinco estrategias, cuyo contenido es el siguiente:

1) Deshacerse de la "call": el valor de la "call" no puede ser nunca negativo,  $C_t \geq 0$ .

2) Ejercitar la opción inmediatamente, en  $t$ : la "call" valdrá al menos su valor intrínseco,  $C_t \geq S_t - E$ .

3) Ejercitar la opción un instante antes del pago del primer dividendo,  $d_1$  (incluso si su ejercicio tiene un valor negativo): el inversor en ese momento reciba la acción cuyo valor es  $S_{t_1}$  y paga un precio de ejercicio  $E$  para asegurarse. El valor actual de los flujos de caja que genera esta operación es:  $S_t - EB(t, r_1)$ .

4) Ejercitar la opción un momento antes del pago del segundo dividendo,  $d_2$ : cuando ejercita la opción, el inversor recibe  $S_{t_2}$  y renuncia a  $E$ , además se pierde el dividendo máximo,  $d_{1M}$ , en  $t_1$ . El valor actual de los flujos de caja en  $t_2$  es:  $S_t - d_{1M}B(t, r_1) - EB(t, r_2)$ ; por ello,

$$C_t \geq S_t - d_{1M}B(t, r_1) - EB(t, r_2).$$

5) Ejercitar la opción en la fecha de vencimiento,  $T$  (aunque su ejercicio sea negativo): obtenemos  $S_T$  y renunciamos a  $E$ ; y perdemos como máximo  $d_{1M}$ , del primer dividendo en  $t_1$  y  $d_{2M}$  en  $t_2$ . Por ello,

$$C_t \geq S_t - d_{1M}B(t, r_1) - d_{2M}B(t, r_2) - EB(t, r).$$

• Supuesto N° 1.

Cuando cualquiera de los dividendos máximos,  $d_{1M}$  o  $d_{2M}$ , sea superior al precio de ejercicio, entonces existe una probabilidad de que se ejercite la opción antes de su vencimiento.

Vamos a demostrar que en  $t_1$ :

$$\text{Prob}(C_t < S_{t_1} + d_1 - E) > 0 \quad (14)$$

$$\text{en } t_1, S_{t_1} = S_{t_1-\delta t} - d_1 \Rightarrow S_{t_1} + d_1 = S_{t_1-\delta t}$$

Por ello, necesitamos probar que:

$$\text{Prob}(C_{t_1} \leq S_{t_1-\delta t} - E) > 0$$

$$\text{Como } S_{t_1} \geq C_{t_1} \text{ o } S_{t_1-\delta t} - d_1 \geq C_{t_1}$$

$$\text{y Prob}(S_{t_1-\delta t} - d_1 < S_{t_1-\delta t} - E) > 0 \text{ (si } d_1 > E)$$

dado que  $d_{1M} > E \Rightarrow \text{Prob}(d_1 > E) > 0$ , entonces tenemos que:

$$\text{Prob}(S_{t_1-\delta t} - E > C_{t_1}) > 0.$$

"Esta condición no es necesaria, e incluso si no se produce, puede existir una probabilidad positiva de ejercicio anticipado" (Jarrow y Rudd, 1983: 60).

A continuación vamos a demostrar que el único momento en que resulta óptimo el ejercicio anticipado de una opción de compra americana es un instante anterior al pago de dividendos.

• Supuesto N° 2.

El ejercicio de una opción de compra antes de su vencimiento sólo resultará óptimo (si es que lo resulta), un instante antes del pago de dividendos.

Tomemos un  $t^*$  tal que  $t_2 < t^* < T$ . Vamos a probar que el valor de la opción que se ejercite en  $t^*$  es inferior que si se ejercitará en  $t_2$  o en  $T$ .

En  $t^*$ , el valor de la opción es  $S_{t^*} - E$ . Aplicando el supuesto nº 2, con  $d_{1M} = d_{2M} = 0$  y  $r_1 = r_2$ ,  $r^* = T - t^*$ , obtenemos que,  $C_{t^*} \geq S_{t^*} - EB(t^*, r^*)$ , pero como  $B(t^*, r^*) < 1$ , ya que  $r^* > 0$  ( $T > t^*$ ) entonces  $S_{t^*} - EB(t^*, r^*) > S_{t^*} - E$ , por ello,  $C_{t^*} > S_{t^*} - E$ , es decir, la "call" resulta más valiosa si no se ejercita en  $t^*$ . En consecuencia, no será una estrategia óptima el ejercicio de la opción después de  $t^*$  y antes de su vencimiento,  $T$ .

Consideremos ahora que  $t_1 < t^* < t_2$ . En este caso también queremos demostrar que  $C_{t^*} > S_{t^*} - E$  y para ello vamos a formar una cartera cuyos elementos son:

- 1) Compra de una "call".
- 2) Venta de una acción.
- 3) Compra de  $E$  bonos sin riesgo con vencimiento en  $t_2$ .

Esta cartera no alterará su composición hasta un instante antes de  $t_2$ , momento en el que se ejercita la opción.

CUADRO 5.

Posición	Transacción de apertura $t^*$	Transacción de cierre antes $t_2$	
		$S^- \leq E$	$S^- > E$
Compra de call	$- C_{t^*}$	0	$S - E$
Venta de acción	$S_{t^*}$	$- S^-$	$- S^-$
Compra E bonos	$- EB(t^*, r_2^*)$	$E$	$E$
Total	$-C_{t^*} + S_{t^*} - EB(t^*, r_2^*)$	$E - S^- \geq 0$	0

siendo  $S^-$  el precio de la acción en  $t_2 - \delta t$ .

Esta estrategia no tiene flujos de caja negativos en ningún caso, por ello su cash-flow en  $t^*$  no puede ser positivo, ya que, de ser positivo existiría una posibilidad de arbitraje.

$$C_t^* \geq S_t^* - EB(t^*, r_2^*) > S_t^* - E, \text{ debido a que:}$$

$$B(t^*, r_2^*) < 1, \text{ pues } t_2 > t^*.$$

Con ello queda demostrado que tampoco resulta óptimo ejercitar la opción entre las fechas  $t_1$  y  $t_2$ ; sólo justo antes del pago del dividendo  $d_2$  en  $t_2$ , puede resultar óptimo el ejercicio de la opción de compra americana.

Por último, consideremos  $t^* < t_1$ , e incluso, para simplificar la demostración, supongamos que  $t^* = t$ . Queremos demostrar que  $C_t^* > S_t^* - E$ ; esto se deduce de la expresión (13) dado que  $C_t \geq S_t - E B(t, r_1) > S_t - E$ , pues  $B(t, r_1) < 1$  para  $r_1 > 0$ . En consecuencia, no debe ejercitarse excepto quizás un momento antes del pago del primer dividendo  $d_1$  en  $t_1$ .

• Supuesto N° 3.

Cuando se den las siguientes condiciones:

$$E(1 - B(t_1, T - t_1)) > d_{1M}$$

$$E(1 - B(t_2, T - t_2)) > d_{2M} \quad (15)$$

entonces no resultará aconsejable ejercitar una opción de compra americana antes de su vencimiento. En consecuencia, en este caso, el valor de esta opción equivaldría al de su

homónima europea. Esta fórmula (15) podría utilizarse, asimismo, en el supuesto de que los dividendos sean conocidos, ya que:

$$d_1 = d_{1M} = d_{1m} \text{ y } d_2 = d_{2M} = d_{2m}$$

Esta restricción resulta de gran importancia por su significado. En definitiva, lo que nos viene a probar es que la estrategia óptima de ejercicio de una opción sólo depende del siguiente dividendo, el único factor influyente que debemos considerar en cada instante de tiempo.

Para demostrarlo, vamos a servirnos del supuesto N° 2, considerando un instante anterior a  $t_1$ , es decir,  $t_1 - \delta t$  con  $S^-$  y  $C_{t_1} > S^- - E$ .

Con las condiciones (15), el precio de ejercicio un momento antes del pago de dividendos será:

$$E > E B(t_1, T-t_1) + d_{1M}$$

es decir,

$$S^- - E < S^- - E B(t_1, T-t_1) + d_{1M}$$

Como por la expresión (13) tenemos que

$$C_{t_1} \geq S_{t_1} - E B(t_1, T-t_1) = S^- - d_1 - E B(t_1, T-t_1)$$

pero también,

$$S^- - d_1 - E B(t_1, T-t_1) \geq S^- - d_{1M} - E B(t_1, T-t_1)$$

combinándolas,  $C_{t_1} > S^- - E$ .

Por todo ello, con la condición (15) no resultaría recomendable ejercitar la opción justo antes del pago de dividendos.

• Supuesto N° 4.

Cuando la opción de compra americana tiene como activo subyacente una acción que no recibe dividendos, nunca debe ser ejercitada antes de su vencimiento.

En este caso  $d_{1M} = d_{2M} = 0$ , con lo que las restricciones (15) quedan así:

$$E(1 - B(t_1, T - t_1)) > 0$$

$$E(1 - B(t_2, T - t_2)) > 0$$

que se cumplen siempre.

#### 2.6.2.- Opción de venta americana.

En contraposición con una "call" americana, el ejercicio de una "put" americana de forma anticipada puede resultar una estrategia óptima aun cuando el título no reciba dividendos.

Merton (1973a: 144), en un comentario al trabajo de Stoll, coincide en que, bajo las hipótesis fijadas, y si las opciones están protegidas contra el pago de dividendos o la acción no recibe dividendos, una "call" americana no debe ejercitarse anticipadamente y por ello su valor será equivalente al de su homónima europea. Sin embargo, esto no se mantiene igual para las "puts".

El valor de una "put" americana oscilará entre los siguientes límites:

$$E \geq P_t \geq \text{máximo:} \begin{cases} 0 \\ E - S_t \\ EB(t, r_1) - S_t \\ EB(t, r_2) - S_t + d_{1m}B(t, r_1) \\ EB(t, r) - S_t + d_{1m}B(t, r_1) + d_{2m}B(t, r_2) \end{cases} \quad (16)$$

Esta expresión es análoga a la correspondiente de una opción de compra americana (13).

El límite superior nos indica que la "put" tiene siempre un valor menor que el precio de ejercicio, que sería el valor de la opción si el precio de la acción fuera cero.

El límite inferior consiste en cinco términos cada uno de los cuales representa una particular, y quizás subóptima, estrategia de ejercicio de la opción:

1) Deshacerse de la "put": su valor es cero, por ello el valor de la "put" no puede ser menor y  $P_t \geq 0$ .

2) Ejercitar la opción inmediatamente, en  $t$ : la "put" valdrá al menos su valor intrínseco,  $P_t \geq E - S_t$ .

3) Ejercitar la opción un momento antes del pago del primer dividendo,  $d_1$  (incluso si su ejercicio tiene un valor negativo). El valor actual de los flujos de caja asociados con esta estrategia son:

$$EB(t, r_1) - S_t;$$

por ello,  $P_t \geq EB(t, r_1) - S_t$ .

4) Ejercitar la opción un momento antes del pago del segundo dividendo,  $d_2$ . El valor actual de los flujos de caja en  $t_2$  es:  $EB(t, r_2) - S_t + d_{1m}B(t, r_1)$ , debido a que se recibe, al menos, el dividendo mínimo  $d_{1m}$  en  $t$ , por ello,  $P_t \geq EB(t, r_2) - S_t + d_{1m}B(t, r_1)$ .

5) Ejercitar la opción en la fecha de vencimiento,  $T$  (aunque su ejercicio sea negativo): esta estrategia tiene un valor actual de, al menos,  $EB(t, r) - S_t + d_{1m}B(t, r_1) + d_{2m}B(t, r_2)$ . Por lo que,  $P_t \geq EB(t, r) - S_t + d_{1m}B(t, r_1) + d_{2m}B(t, r_2)$ .

En resumen, a diferencia de las opciones de compra, resulta una estrategia óptima el ejercicio de las opciones de venta americanas en una fecha comprendida entre las de pago de dividendos (aun cuando los dividendos máximos sean cero). Para comprobar que esta afirmación es cierta, supongamos que el precio de la acción es cero en  $t$ . Si ejercitáramos la opción inmediatamente, el inversor recibiría el máximo valor de la "put" (el precio de ejercicio). Si el inversor esperara para ejercitarla a una fecha posterior, perdería el interés o rendimiento de  $E$  y el valor de la opción ya no aumentaría más, ya que alcanzó en  $t$  su valor máximo. En consecuencia, resultaría óptimo que la ejercitara en  $t$ .

Por último, vamos a ver a continuación una condición suficiente por la que nunca resulta óptimo el ejercicio de una opción de venta americana antes de su vencimiento.

• Supuesto N° 5.

Cuando la segunda fecha en que se pagan dividendos coincide con el vencimiento de la opción y además:

$$\begin{aligned} E(1 - B(t, r)) &< d_{1m}B(t, r_1) + d_{2m}B(t, r_2), \text{ para } t \leq t_1 \\ E(1 - B(t, r)) &< d_{2m}B(t, r_2), \text{ para } t_1 < t \leq t_2 = T \end{aligned} \quad (17)$$

entonces no debemos ejercitar la "put" americana antes de su vencimiento.

Si la segunda fecha de pago de dividendo no coincide con la fecha de vencimiento, entonces si que pueden existir momentos en que resulte óptimo su ejercicio antes del vencimiento.

Partiendo de la condición (17) podemos transformarla en:

$$\begin{aligned} E - S_t &< -S_t + EB(t, r) + d_{1m}B(t, r_1) + d_{2m}B(t, r_2), \quad t \leq t_1 \\ E - S_t &< -S_t + EB(t, r) + d_{2m}B(t, r_2), \quad t_1 < t \leq t_2 = T. \end{aligned}$$

La parte izquierda de ambas inequaciones nos está indicando el valor de una "put" que se ejercita inmediatamente. La parte derecha es el valor de la "put" que se ejercita cuando llega la fecha de su vencimiento.

Si  $t_2 < T$ , entonces para  $t > t_2$  la condición quedaría así  $E(1 - B(t, r)) < 0$ , lo cual no sería cierto y, en consecuencia, esto nunca puede darse. En otras palabras, para tipos de interés y/o precios de ejercicio suficientemente altos puede resultar óptimo el ejercicio de la "put" antes de su vencimiento.

Este último supuesto rara vez se da en la realidad para una opción de venta americana, y por ello el ejercicio anticipado es una estrategia importante.

Dan Galai (1978) ha realizado la contrastación empírica de estas restricciones, si bien no entraremos a comentarlo.

## 2.7.- PARIDAD ENTRE OPCIONES AMERICANAS DE COMPRA Y VENTA.

En el estudio realizado por Stoll (1969) no se diferenciaba entre opciones europeas y americanas y, en esencia, se estaba suponiendo que la relación de equilibrio era idéntica, con independencia del tipo de opciones utilizadas al formar las carteras cubiertas. En definitiva, "él estaba afirmando que no debería existir diferencia en las primas de una opción americana y una europea" (Klémkosky y Resnick, 1979: 1144).

Si llamamos  $P_a$  al precio de la "put" americana, entonces su valor quedará definido por la inecuación:

$$P_a \geq \max(0, E - S) \quad (18)$$

Como, implícitamente, en el trabajo de Stoll  $P = P_a$ , entonces:

$$P_a = C - S + E/(1+i) < E - S, \text{ si } C < iE/(1+i),$$

lo que es posible para un valor de  $S$  suficientemente pequeño. Pero, sin embargo, esto viola la condición de arbitraje (18) y resultaría aconsejable para el tenedor de la "put" ejercerla inmediatamente. En consecuencia, la ecuación  $C - P = S - E/(1+i)$  se verifica sólo para opciones europeas y  $P_a - P > 0$  representa la prima por el derecho de ejercitar anticipadamente la opción.

Sin una teoría formal de valoración de opciones de venta americanas, Merton (1973a) afirma que lo correcto,

dadas las hipótesis anteriores, es presentar las desigualdades límites:

$$S - E \leq C - P_A \leq S - E/(1+i)$$

donde la parte derecha de la desigualdad establece el límite de la cartera cubierta (con posición larga) y la parte izquierda, la posición contraria que tiene la posibilidad de ejercitar la "put" inmediatamente contra el arbitrista. Hay que señalar que el arbitrista es el tenedor de la "put" en la cartera cubierta (con posición larga) y puede ejercitar la "put" de forma anticipada, si existe ventaja en hacerlo. En su caso, el arbitrista recibiría la cantidad E en una fecha anterior a la del vencimiento. La expresión de los límites, sin embargo, permanece igual. Stoll (1973), en respuesta a Merton, reconoce esta argumentación, pero destaca que la caída del precio de la acción necesaria para que  $C < E/(1+i)$ , difícilmente puede darse en la realidad.

Debido a que las opciones americanas están desprotegidas completamente contra el pago de dividendos "los modelos de paridad como los especificados por la ecuación:  $C - P = S - E/(1+i)$  y la expresión  $S - E \leq C - P_A \leq S - E/(1+i)$  son inadecuadas para especificar las relaciones de paridad de este tipo de opciones" (Klemkosky y Resnick, 1979: 1145).

Vamos a incluir ahora la siguiente notación:

- $S_T$ : precio de mercado de la acción en la fecha de vencimiento una vez que ya se han pagado los dividendos.
- D: dividendo no estocástico conocido que se paga durante el periodo de conversión.

- $\alpha$ : caída conocida del precio de la acción tras el pago de dividendos, expresada como una proporción de los dividendos.
- C: precio actual de mercado de la "call" americana.
- P: precio actual de mercado de la "put" americana.
- $\delta$ : fracción del período de conversión (de la opción) que resta desde la fecha de pago de dividendo.
- $\Gamma$ : fracción del período de conversión (de la opción) que resta desde la fecha tras el pago de dividendo.

Siguiendo a Robert Klemkosky y Bruce Resnick (1979), suponemos: 1) que resulta óptimo mantener en nuestra cartera hasta su vencimiento la "put" y la "call" para formar una cobertura; 2) que el arbitrista con una posición larga reinvertirá los dividendos conocidos desde el momento en que los reciba y 3) que la compensación por el dividendo corrido, para la parte de la cartera que tenga posición corta en títulos, se fija al vencimiento. Como el arbitrista trata de establecer una cobertura perfecta, la tasa de retorno que exigirá a los dividendos recibidos, será el tipo de interés sin riesgo.

CUADRO 6.

Posición	Flujos de caja en t	Flujos de caja en T	
		S ≤ E	S > E
A Compra de call	- C	0	S - E
B Compra acción	- S	$S+D(1+i)^{\Gamma}$	$S+D(1+i)^{\Gamma}$
Compra put	- P	E - S	0
Préstamo recibido	$\frac{E+D(1+i)^{\Gamma}}{(1+i)}$	$-E-D(1+i)^{\Gamma}$	$-E-D(1+i)^{\Gamma}$
TOTAL	$-P-S+\frac{E+D(1+i)^{\Gamma}}{(1+i)}$	0	S - E
C Compra put	- P	E - S	0
D Venta acción	S	$-S-D(1+i)^{\Gamma}$	$-S-D(1+i)^{\Gamma}$
Compra call	- C	0	S - E
Préstamo otorgado	$-\frac{E+D(1+i)^{\Gamma}}{(1+i)}$	$E+D(1+i)^{\Gamma}$	$E+D(1+i)^{\Gamma}$
TOTAL	$S-C-\frac{E+D(1+i)^{\Gamma}}{(1+i)}$	E - S	0

En consecuencia, para evitar que cualquiera de las estrategias A, B, C, D sea una estrategia dominada, debe cumplirse que:

$$C \leq P + S - \frac{E+D(1+i)^{\Gamma}}{(1+i)}$$

$$P \leq C - S + \frac{E + D(1+i)^T}{(1+i)}$$

Cuando los dividendos son múltiples, la expresión quedaría así (Klemkosky y Resnick, 1979: 1146).

$$C \leq P + S - \frac{E + \sum_{j=1}^n D_j (1+i)^T}{(1+i)}$$

$$P \leq C - S + \frac{E + \sum_{j=1}^n D_j (1+i)^T}{(1+i)}$$

### 2.7.1.- Con tipos de interés estocásticos.

La relación que existe entre una "call" y una "put" americana queda recogida en la siguiente expresión:

$$P_t + S_t - EB(t, r) \geq C_t \geq P_t + S_t - d_{1M} B(t, r_1) - d_{2M} B(t, r_2) - E \quad (19a)$$

Si durante el periodo considerado, la acción no recibe ningún dividendo, entonces el teorema de la paridad quedaría reducido a:

$$P_t + S_t - EB(t, r) \geq C_t \geq P_t + S_t - E \quad (19b)$$

Como podemos observar esta expresión es similar a la (12), es decir, a la de paridad con dividendos estocásticos. La diferencia en el término izquierdo de la inecuación, respecto al de la ecuación (12), estriba en que omite:

$$d_{1M}B(t, r_1) + d_{2M}B(t, r_2)$$

debido a que la "call" puede ejercitarse de forma anticipada, con lo que terminaría la posición en la acción y la recepción de dividendos. El término derecho de la inecuación también es diferente, dado que  $E$  sustituye a  $EB(t, r)$ . Su explicación es la misma, es decir, la "put" podría ejercitarse antes.

Obtener unos límites más ajustados, para el valor de la "call", que los de la expresión (19a) se debe a que la cartera que hemos formado considera la venta de opciones y la tenencia de bonos. En consecuencia, y a nuestro pesar, la opción vendida puede ejercitarse contra el arbitrista en cualquier momento y como los tipos de interés no permanecen estables, el valor exacto de la posición en bonos no se conocerá hasta el momento exacto en que se ejercite la opción (instante desconocido a priori).

La demostración de esta desigualdad, entraña la de las dos siguientes:

$$(a) P_t + S_t - E B(t, r) - C_t \geq 0$$

Para ello consideremos la siguiente cartera:

- 1) Compra de una "put"
- 2) Compra de la acción
- 3) Venta de  $E$  bonos con vencimiento en  $T$
- 4) Venta de la "call"

Suponemos que la posición en la "put" se mantiene hasta el vencimiento, con independencia de que sea una política de ejercicio subóptima. Si se ejercita la "call", entonces la acción que formaba parte de la cartera de arbitraje deberá entregarse al tenedor de la "call", desapareciendo de la cartera.

CUADRO 7.

Posición	Trans.de apertura en t	$t_1 - \delta t$ Se ejercita	$t_1$ Nó	$t_2 - \delta t$ Se ejercita	$t_2$ Nó
Compra put	$-P_t$	-	-	-	-
Compra acción	$-S_t$	$S_{t_1 - \delta t}$	-	$S_{t_2 - \delta t}$	-
Dividendos	-	-	$d_1$	-	$d_2$
Venta E bonos	$EB(t, r)$	$-E B(t_1 - \delta t, T - t_1 + \delta t)$	-	$-E B(t_2 - \delta t, T - t_2 + \delta t)$	-
Venta call	$C_t$	$-(S_{t_1 - \delta t} - E)$	-	$-(S_{t_2 - \delta t} - E)$	-
TOTAL		(A)	$d_1 \geq 0$	(B)	$d_2 \geq 0$

CUADRO 7 (Cont.)

Posición	Se ejercita antes de T		No se ejercita antes de T	
	$S \leq E$	$S > E$	$S \leq E$	$S > E$
Compra put	$E - S_T$	0	$E - S_T$	0
Compra acción	-	-	$S_T$	$S_T$
Dividendos	-	-	-	-
Venta E bonos	-	-	$-E$	$-E$
Venta call	-	-	-	$(S_T - E)$
TOTAL	$E - S_T \geq 0$	0	0	0



$$(A) = S_{t_1-\delta t} - E B(t_1-\delta t, T-t_1+\delta t) - S_{t_1-\delta t} - E$$

$$(B) = S_{t_2-\delta t} - E B(t_2-\delta t, T-t_2+\delta t) - S_{t_2-\delta t} - E$$

Para la configuración de esta tabla hemos considerado que la "call" sólo podría ejercitarse en uno de los tres momentos óptimos posibles:

$$t_1 = \delta t, \quad t_2 = \delta t, \quad T$$

De no asumir estas hipótesis, la posibilidad de arbitraje conllevaría la existencia de algún flujo de caja positivo en el momento del ejercicio, dado que el comprador de la opción no está maximizando el valor de la inversión.

En consecuencia, si se desean eliminar las oportunidades de arbitraje, los flujos de caja de esta cartera no podrán ser positivos en el instante de tiempo  $t$  considerado.

(b)  $C_t \geq P_t + S_t - d_{1M}B(t, r_1) - d_{2M}B(t, r_2) - E$   
 En este caso, formaríamos la siguiente cartera:

- 1) Compra de la "call"
- 2) Venta de la "put"
- 3) Venta de la acción
- 4) Compra de  $d_{1M}$  bonos con vencimiento en  $t_1$
- 5) Compra de  $d_{2M}$  bonos con vencimiento en  $t_2$
- 6) Compra de  $E/B(t, r)$  bonos con vencimiento en  $T$

Al igual que en el caso anterior, consideramos que la call no se ejercita hasta el vencimiento, aunque esto sea subóptimo.

CUADRO 8.

Posición	Trans. de apertura en t	$t < t^* \leq T$	$t_1$	$t_1$	$t_2$	$t_2$
		Se ejercita	No	Si	No	Si
Compra call	$-C_t$	-	-	-	-	-
Venta put	$P_t$	$-(E-S_t^*)$	-	-	-	-
Venta acción	$S_t$	$-S_t^*$	$-d_1$	-	-	$-d_2$
Comp. $d_{1M}$ bono vencimiento $t_1$	$-d_{1M}B(t, r_1)$	-	$d_{1M}$	$d_{1M}$	-	-
Comp. $d_{2M}$ bono vencimiento $t_2$	$-d_{2M}B(t, r_2)$	-	-	-	$d_{2M}$	$d_{2M}$
Compra bonos $E/B(t, r)$ vencimiento T	$-E$	$E \frac{B(t^*, r^*)}{B(t, r)}$	-	-	-	-
TOTAL		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)

CUADRO 8 (Cont.)

Posición	Se ejercita antes de T		No se ejercita antes de T	
	$S \leq E$	$S > E$	$S \leq E$	$S > E$
Compra call	0	$S_T - E$	0	$S_T - E$
Venta put	-	-	$-(E-S_T)$	0
Venta acción	-	-	$-S_T$	-
Compra $d_{1M}$ bono vencimiento $t_1$	-	-	-	-
Compra $d_{2M}$ bono vencimiento $t_2$	-	-	-	-
Compra bonos $E/B(t, r)$ vencimiento T	-	-	$E/B(t, r)$	$E/B(t, r)$
TOTAL	(F)	(G)	(H)	(I)

$$(A) \quad E \left[ \frac{B(t^*, r^*)}{B(t, r)} - 1 \right] \geq 0$$

$$(B) \quad d_{1M} - d_1 \geq 0$$

$$(C) \quad d_{1M} \geq 0$$

$$(D) \quad d_{1M} - d_2 \geq 0$$

$$(E) \quad d_{2M} \geq 0$$

$$(F) \quad 0 \geq 0$$

$$(G) \quad S_T - E \geq 0$$

$$(H) \quad -E(1 - B(t, r)) > 0$$

$$(I) \quad -E(1 - B(t, r)) > 0$$

Teniendo en cuenta que la "put" podría ejercitarse de forma óptima en cualquier momento antes de su vencimiento, hemos de considerar también una fecha de ejercicio arbitraria ( $t^*$ ) junto con las fechas de pago de dividendos ( $t_1, t_2$ ). Sin embargo, considerando que los flujos de caja no son negativos en ningún caso, para evitar oportunidades de arbitraje, los flujos de caja en  $t$  no deben ser positivos.

### 3.7.1.- Con tipos de interés conocidos.

Partiendo de la hipótesis de que los tipos de interés, si no estables, si al menos son conocidos, podemos obtener para el valor de la "call" en relación con el de la "put", unos límites más ajustados que los citados en la expresión (19a).

Si a esta hipótesis le añadimos el supuesto restrictivo de que el tipo de interés sin riesgo es constante a lo largo de la vida de la opción e igual a  $i$  por unidad de tiempo, esto nos permite reflejar el valor de un bono sin riesgo en  $t$  (suponiendo que paga un cupón de 1 unidad monetaria en la fecha de expiración de la opción,  $T$ ) de la forma siguiente:  $B(t, r) = e^{-ir}$ , donde  $r = T - t$ .

Para efectuar el siguiente análisis, suponemos que los tipos de interés cumplen la propiedad que exponemos a continuación: el tipo de interés a plazo en  $t^*$  (por ejemplo, el interés aplicable al período  $t^*$  hasta  $T$ , valorado en  $t$ ):

$$\frac{B(t, t^*-t)}{B(t, r)} = e^{i(T-t^*)}$$

es idénticamente igual al tipo de interés al contado futuro  $1/B(t^*, T-t^*) = e^{i(T-t^*)}$ .

De igual forma, en opinión de Jarrow y Oldfield (1981: 373-382), no existe riesgo de reinversión en bonos a corto plazo renovables, en relación con tener bonos a largo plazo (esto no sería cierto con la hipótesis de tipos de interés estocásticos).

Con este conjunto de supuestos, la relación entre una "put" y una "call" americanas sería la siguiente:

$$P_t + S_t - L \geq C_t \geq P_t + S_t - d_{1M}B(t, r_1) - d_{2M}B(t, r_2) - E \quad (20)$$

siendo,

$$L = \min \begin{cases} EB(t, r) + d_{1M}B(t, r_1) + d_{2M}B(t, r_2) \\ EB(t, r_2) + d_{1M}B(t, r_1) \\ EB(t, r_1) \end{cases}$$

En el caso de que la acción no reciba dividendos, la expresión (20) quedaría reducida a la (19a).

Lo realmente destacable en este supuesto es que el vendedor a corto de una opción tiene un mayor riesgo cuando el comprador de la opción actúa de forma óptima. Esto

implica que en lo que se refiere a la "call" sólo necesitaríamos considerar el ejercicio anticipado en los instantes previos al pago de dividendos y al vencimiento.

Si comparamos las expresiones (20) y (19a) obtenemos las siguientes conclusiones:

- El término izquierdo de la inecuación difiere de la (19) en que la expresión sustraída de la "put" y del precio de la acción es más compleja. La explicación no es otra que la consideración explícita del ejercicio anticipado de la "call" en  $t_1 - \delta t$ ,  $t_2 - \delta t$  y  $T$ .

- La magnitud  $L$  es el mínimo de los flujos de caja actualizados, en los tres instantes óptimos de ejercicio de la "call". Cualquiera que sea la fecha de pago de dividendos, el límite izquierdo de la expresión (20) será menor que el de la (19), mientras que el límite derecho será idéntico.

La cartera que formaremos para demostrar que  $P_t + S_t - L - C_t \geq 0$ , será la siguiente:

- 1) Compra de una "put".
- 2) Compra de una acción.
- 3) Venta de  $L$  bonos con vencimiento en  $T$ .
- 4) Venta de la "call".

El tenedor de la "call" puede desear ejercitarla antes de su vencimiento. De ser así, según el supuesto 2 (ver epígrafe 2.6.1.), el único instante en que puede resultar óptima esta estrategia sería antes de las fechas  $t_1$ ,  $t_2$  o  $T$ ; en cualquier otro momento, sería el vendedor de la "call" quien se beneficiara.

En consecuencia, sólo vamos a considerar el ejercicio anticipado en esas tres fechas para demostrar esta inecuación.

• Fecha 1ª: Suponemos que se ejercita la opción en la fecha de vencimiento. En este caso, el valor de los L bonos estaría limitado por:

$$\frac{L}{B(t, r)} \leq E + \frac{d_{1m} B(t, r_1)}{B(t, r)} + \frac{d_{2m} B(t, r_2)}{B(t, r)}$$

Con tipos de interés constantes, entonces:

$$\frac{B(t, r_1)}{B(t, r)} = \frac{1}{B(t_1, T-t_1)}$$

lo que implica que:

$$\frac{L}{B(t, r)} \leq E + \frac{d_{1m}}{B(t_1, T-t_1)} + \frac{d_{2m}}{B(t_2, T-t_2)}$$

Así, el límite superior sería simplemente el precio de ejercicio E más los dividendos mínimos corridos hasta el vencimiento. Para reembolsar el préstamo, podemos utilizar primero las cantidades percibidas por la "put" comprada y la "call" vendida y después los dividendos percibidos.

CUADRO 9.

Posición	En t	Transacción de cierre en T	
		$S \leq E$	$S > E$
Compra put	$-P_t$	$E - S_T$	0
Compra acción	$-S_t$	$S_T$	$S_T$
Dividendos	-	$d_1/B(t_1, T-t_1) +$ $d_2/B(t_2, T-t_2)$	$d_1/B(t_1, T-t_1)$ $d_2/B(t_2, T-t_2)$
Venta L bonos	L	$-L/B(t, r)$	$-L/B(t, r)$
Venta call	$C_t$	0	$-(S_T - E)$
TOTAL		(A)	(B)

$$(A) - L/B(t, r) + E + d_1/B(t_1, T-t_1) + d_2/B(t_2, T-t_2) \geq 0$$

$$(B) - L/B(t, r) + E + d_1/B(t_1, T-t_1) + d_2/B(t_2, T-t_2) \geq 0$$

• Fecha 2': Contemplamos ahora el ejercicio de la "call" en la segunda fecha de pago de dividendos. Por ello, los L bonos debemos valorarlos en t :

$$L/B(t, r_2) \leq E + d_{1E}/B(t_1, t_2-t_1)$$

En en esta expresión hemos utilizado de nuevo la definición de L y si incluimos la relación de tipo de interés constante tendremos que:

$$B(t, r_2) = B(t, r_1) B(t_1, t_2-t_1) \text{ para } t \leq t_1 \leq t_2.$$

El dividendo corrido sirve para amortizar parte del préstamo. El resto se amortizaría al cerrar la posición de la "call".

• Fecha 3ª: Si la "call" se ejercita en la primera fecha de pago de dividendos, el valor de los L bonos sería:

$$L/B(t, r_1) \leq E$$

cuyo reembolso se efectuaría en el momento en que se cierre la posición de la "call".

En los tres supuestos que hemos considerado existe posibilidad de arbitraje, que sólo se podría evitar con flujos de caja en  $t$  no positivos.

## 1.8.- CONCLUSIONES.

En el presente capítulo hemos intentado revisar el auténtico embrión de la OPT que se ha visto desarrollado gracias a la extensión y alcance de los mercados organizados de opciones.

Asimismo, hemos incluido los principales supuestos analíticos de la paridad entre opciones de compra y de venta.

Ello nos ha permitido concluir que cuando nos ocupamos de la opciones europeas, el pago de dividendos es el único factor no institucional que puede modificar la relación de paridad de las opciones. Sin embargo, si nos centramos en sus homónimas americanas debemos incluir otros factores tales como el momento óptimo de ejercicio de una opción y los tipos de interés.

La relación teórica entre las opciones de compra y venta tiene notables evidencias empíricas. Pero dado que el objeto de esta parte I del estudio se centra en proporcionar una base teórica de los modelos de valoración de opciones, para su posterior aplicación al campo de las inversiones estratégicas en capital económico, no se entrará en el detalle del comportamiento empírico de las opciones sobre acciones. Sin embargo, sería referencia obligada en este tema los trabajos desarrollados por Stoll (1969), Merton (1973a), Gould y Galai (1974) y Klamkesky y Resnick (1979), de los que se extrae que:

"Los resultados empíricos de los modelos contrastados son consistentes con la teoría de la paridad put-call y esto sustenta este aspecto de la eficiencia de los mercados organizados de opciones. El pequeño grado de ineficiencia detectado parece ser el resultado de opciones de compra sobrevaloradas" (Klemkosky y Resnick, 1979: 1154).

Tan sólo Gould y Galai (1974) han verificado la violación de la paridad en el caso de opciones de venta americanas que pueden o no estar protegidas contra el pago de dividendos (Brennan y Schwartz, 1977: 449).

La consideración del conjunto de restricciones institucionales nos hubiera conducido a otra relación de teoremas. Pero este tipo de restricciones, que a continuación detallamos, son propias de los mercados organizados de opciones y no tienen aplicación directa al tema que nos ocupa. Stoll (1969: 809-812) señala, entre otras, las siguientes:

- Los costes de transacción: que al ser elevados pueden constituir probablemente la principal causa de las divergencias de la paridad "put-call".
- La prohibición de venta a descubierto (posiciones cortas). Puede generar asimismo una divergencia de la paridad en aquellos casos en los que la paridad se hubiera alcanzado con una posición corta.
- Los impuestos: las opciones de compra y de venta tienen distintos impuestos y si éstos cambian el coste de los intereses, la pendiente y/o la intersección de la línea de paridad "put-call", se verán afectadas. También es difícil predecir la paridad de equilibrio cuando los impuestos, incluso conocidos, difieren significativamente entre los individuos.

Por último, sirva el cuadro que se incluye a continuación como resumen de la estructura de los teoremas de paridad entre opciones de compra y venta.

Como podemos observar, conforme se asume un mayor grado de generalización, el rango de los precios de las opciones de compra aumenta. Por ejemplo, el teorema para opciones americanas con tipos de interés conocidos, es más ajustado que para opciones americanas con tipos de interés estocásticos.

CUADRO 10.

		Dividendos estocásticos
A O M P E C R I I O C N A E N S A S	Tipos de interés estocásticos	$P_t + S_t - EB(t, r) \geq C_t \geq$ $P_t + S_t - d_{1M}B(t, r_1) - d_{2M}B(t, r_2) - E$
	Tipos de interés conocidos	$P_t + S_t - L \geq C_t \geq$ $P_t + S_t - d_{1M}B(t, r_1) - d_{2M}B(t, r_2) - E$ donde: $L = \min \begin{cases} (EB(t, r) + d_{1M}B(t, r_1) + \\ + d_{2M}B(t, r_2)), \\ (EB(t, r_2) + d_{1M}B(t, r_1)), \\ (EB(t, r_1)) \end{cases}$
O P C I O N E S E U R O P E A S		$P_t + S_t - (d_{1M}B(t, r_1) + d_{2M}B(t, r_2)) -$ $-EB(t, r) \geq C_t \geq P_t + S_t -$ $-d_{1M}B(t, r_1) - d_{2M}B(t, r_2) - EB(t, r)$

CUADRO 10 (Cont.)

		Dividendos conocidos
A	Tipos de interés estocásticos	$P_t + S_t - EB(t, r) \geq C_t \geq$
OM		$P_t + S_t - d_1 B(t, r_1) - d_2 B(t, r_2) - E$
PE		
CR	Tipos de interés conocidos	$P_t + S_t - L \geq C_t \geq$
II		$P_t + S_t - d_1 B(t, r_1) - d_2 B(t, r_2) - E$
OC		donde:
NA		$L = \min \begin{cases} (EB(t, r) + d_1 B(t, r_1) + \\ + d_2 B(t, r_2)) . \\ (EB(t, r_2) + d_1 B(t, r_1)) . \\ (EB(t, r_1)) \end{cases}$
EN		
SA		
S		
OPCIONES EUROPEAS		$P_t + S_t - (d_1 B(t, r_1) - d_2 B(t, r_2)) -$ $- EB(t, r) = C_t$

CUADRO 10 (Cont.)

		Sin dividendos
A O M	Tipos de interés estocásticos	$P_t + S_t - EB(t, r) \geq C_t \geq$
P E		$P_t + S_t - E$
C R	Tipos de interés conocidos	$P_t + S_t - EB(t, r) \geq C_t \geq$
I I		$P_t + S_t - E$
O C		
N A		
E N		
S A		
S		
O P C I O N E S		$P_t + S_t - EB(t, r) = C_t$
E U R O P E A S		

## CAPITULO 3:

### EL ESTADO ACTUAL DE LA 'OPTION PRICING THEORY'.

- 3.1.- Facetas de la OPT.
- 3.2.- Valoración de opciones en ambiente de certeza.
- 3.3.- Valoración de opciones en ambiente de riesgo.
  - 3.3.1.- Prolegómenos de la valoración de opciones. La cobertura sin riesgo.
  - 3.3.2.- El modelo de Black-Scholes.
  - 3.3.3.- Sensibilidad de la fórmula.
  - 3.3.4.- Consideración de los dividendos.
  - 3.3.5.- Aplicación de la fórmula.
  - 3.3.6.- Opciones compuestas.
- 3.4.- Otros modelos de valoración de opciones.
  - 3.4.1.- Formulación de Roll para opciones de compra americanas.
  - 3.4.2.- Formulación de Cox de la difusión y la elasticidad constante de la varianza.
  - 3.4.3.- Fórmula de Merton de difusión con saltos
  - 3.4.4.- Técnica binomial.
- 3.5.- Valoración de opciones de venta.
  - 3.5.1.- Opciones de venta europeas.
  - 3.5.2.- Opciones de venta americanas.
- 3.6.- Qué modelo se debe elegir.

### 3.1.- FACETAS DE LA OPT.

Al comenzar la década que cerrará el siglo XX, nos encontramos ante una teoría cuyo origen no permitía presagiar el desarrollo que ha experimentado. La teoría de valoración de opciones nació a comienzos de la década de los setenta impulsada por la aparición de los primeros mercados organizados de opciones financieras. El desarrollo notable y la difusión de estos mercados ha trasladado la utilización de estos modelos a las grandes salas de contratación. Las principales entidades de valores y gran parte de los inversionistas institucionales han incorporado en sus soportes informáticos estas herramientas de valoración que les permiten mejorar su gestión.

Sin embargo, la OPT no se ha limitado a la mera valoración de opciones financieras. En la actualidad la OPT recoge tres facetas cuyas características pasamos a comentar:

1.- Valoración de opciones financieras. Constituye la auténtica base para las otras dos aplicaciones de la OPT. Sin su estudio resultaría muy difícil comprender los desarrollos siguientes. Su extensión se debe a las propias características de las opciones, que hacen que nos encontremos con opciones de compra y de venta, opciones europeas y americanas, opciones sobre títulos que reciben o no dividendos (estocásticos o ciertos). Todo ello ha hecho proliferar el desarrollo de un conjunto numeroso de modelos. Cada uno de estos modelos intenta eludir determinadas hipótesis restrictivas, que dificultan las aplicaciones prácticas, alcanzando mayores dosis de generalidad.

2.- Valoración de activos y pasivos empresariales. Otra de las facetas donde la OPT está alcanzado una notable extensión es en la valoración de activos y pasivos empresariales, como pueden ser: bonos simples, bonos convertibles, bonos con cupón cero, "warrants", acciones, derechos preferentes, contratos de seguro, préstamos, etc. Realmente este enfoque permite mirar a la empresa desde una nueva óptica al reconocer que exista algún componente "optativo" en cualquier elemento de la empresa. En esta aplicación se requiere un profundo conocimiento de la primera. Sin embargo su análisis se puede obviar si se desea profundizar en la tercera, a la que ahora nos referimos.

3.- Valoración de proyectos de inversión en capital económico. Como hemos visto en el capítulo 1, los enfoques clásicos de valoración de inversiones, basados exclusivamente en el descuento de los flujos de caja, tienden a infravalorar determinados proyectos de inversión. Al considerar las opciones que presentan muchos proyectos, la OPT ofrece una vía sustancialmente mejor para evaluar y analizar inversiones. El perfil asimétrico, característico de las opciones financieras, encaja perfectamente con el comportamiento de determinadas inversiones en capital económico. Para el desarrollo de este enfoque, resulta de obligado análisis el estudio de los modelos de valoración de opciones financieras. Constituye el objetivo del presente capítulo estudiar cuál es la situación actual de estos modelos.

Este tercer enfoque es quizás el más interesante de cara a la estrategia global de la empresa, por cuanto la dota de un esquema analítico. Por ello,

"No existe necesidad de abundar sobre la importancia de una teoría realista que explique cómo los individuos eligen entre cursos alternativos de acción cuando las consecuencias de sus acciones les son conocidas de forma incompleta" (Arrow; 1971:1).

Aunque la teoría de valoración de opciones se remonta a finales del siglo XIX, es en 1973 cuando esta teoría experimenta un notable empuje. En ese año, Fisher Black y Myron Scholes presentan el primer modelo de equilibrio de valoración de opciones. Robert Merton, profesor de finanzas del M.I.T., realiza también en 1973, una ampliación del modelo de Black-Scholes que ha alcanzado una gran difusión (Merton, 1973b y 1977).

Ambos trabajos constituyen la columna vertebral sobre la que se sustentan los posteriores desarrollos teóricos de la valoración de opciones.

Por último, la aportación del profesor de finanzas de la Universidad de Standford, William Sharpe, ha facilitado la difusión de estas teorías de elevada complejidad matemática. Este autor realiza una aproximación al modelo, con la utilización de matemáticas elementales, en un artículo que ha sido reproducido en el libro "Options Markets" (Cox, Rubinstein, 1978).

Ahora bien, ¿en qué consiste el modelo de valoración de opciones?. Tal y como presentan Cox y Rubinstein (1978:166-168) supongamos que el precio actual de la acción es  $S=50$  y que al final del período puede ser de  $S^*=25$  o  $S^*=100$ . La opción de compra sobre la acción tiene un precio de ejercicio  $E=50$  con vencimiento al final del período. También existe la posibilidad de prestar y pedir prestado a un tipo de interés  $r=25\%$ . El único dato que falta por conocer es el correspondiente valor de la opción de compra  $C$ .

Si no es posible realizar una operación de arbitraje sin riesgo para obtener un beneficio, vamos a verificar cómo podemos deducir con la información anterior el precio de la opción.

Para ello, consideremos la siguiente cartera cubierta con apalancamiento:

- 1.- Venta de 3 opciones de compra a C unidades monetarias cada una.
- 2.- Compra de 2 acciones a 50 u.m. cada una.
- 3.- Préstamo de 40 u.m. al 25%, para reembolsarlo al final del período.

Con independencia del resultado final de S, la cartera obtiene los mismos resultados en la fecha de expiración. Por ello, para evitar una posibilidad de arbitraje, el flujo de caja actual al fijar la posición debe ser cero.

$$3C - 100 + 40 = 0$$

Tabla de arbitraje.

	Fecha actual	Fecha vencimiento	
		$S^+ = 25$	$S^+ = 100$
Venta de 3 calls	3C	-	-150
Compra 2 acciones	-100	50	200
Préstamo	40	-50	-50
<b>TOTAL</b>		0	0

$$3C = 60 \rightarrow C = 20.$$

Si el valor de la opción de compra no fuera 20, entonces podríamos obtener un beneficio a través de una operación de arbitraje.

Esta tabla puede interpretarse como una demostración de que "una posición en la acción adecuadamente apalancada constituirá una réplica de los rendimientos futuros de la opción" (Cox, Ross, Rubinstein, 1979:232), es decir, si compramos acciones y pedimos un préstamo en la proporción adecuada, cuya garantía son las acciones, podemos duplicar nuestra cartera de opciones de compra. Por todo ello, lo único que precisamos para determinar el precio de una opción de compra es:  $E$ ,  $S$ , rango de variación de  $S$  al final del período y tipo de interés (no necesitamos conocer la probabilidad de que el precio de la acción suba o baje).

De esta forma intuitiva de valorar opciones, vamos a pasar a analizar, en este capítulo, supuestos más genéricos y, en consecuencia, más complejos.

### 3.2.- VALORACION DE OPCIONES EN AMBIENTE DE CERTEZA.

Para aproximarnos al tema de valoración de opciones debemos recurrir a los modelos teóricos de valoración de activos por su gran utilidad. Como señala el profesor Suárez, dos son las principales razones que nos inducen al manejo de modelos teóricos:

"1) sirven para orientar a los inversionistas individuales indicándoles (por comparación con los precios del mercado) si los correspondientes activos están infra o supervalorados, y

2) en base a (sic) ellos se puede determinar el grado de perfección del mercado de referencia, al comparar los precios que se forman en ese mercado" (Suárez; 1987: 743).

En el estudio de los modelos teóricos que nos permiten conocer la realidad, partiremos de aquellos más sencillos, es decir, aquellos que tienen validez sólo con un conjunto de hipótesis restrictivas que se alejan del mundo real. La incorporación de restricciones más próximas al comportamiento efectivo de los mercados aumentará, de forma progresiva, la complejidad de los modelos.

A la hora de decidir la adquisición de una opción, el criterio que adoptamos coincide con el de cualquier otro activo financiero. En consecuencia, resulta aconsejable adquirir la opción cuando el valor intrínseco es superior al valor de mercado. La diferencia de esos dos valores, en tanto que percibida por los agentes, favorecerá la demanda de estos títulos y provocará un aumento del precio.

En el caso opuesto, cuando el valor intrínseco de la opción es inferior al valor del mercado, los agentes se inclinarán por la venta del activo, generando una caída del precio. La existencia de arbitrajistas permite que el precio de la opción se sitúe aleatoriamente en torno a su valor intrínseco, eso sí, siempre que nos encontremos en un mercado eficiente.

La necesidad de conocer el valor intrínseco de una opción nos conduce a afrontar la teórica de las opciones: el estudio de aquellos modelos que nos permitan valorarlas.

Para el tratamiento simplificado del valor de las opciones en condiciones de certeza, nos limitaremos al supuesto elaborado con las hipótesis siguientes (Aragóns y Pérez Goróstegui, 1988b:543):

- Es una opción europea.
- La acción subyacente no recibe dividendos en el período considerado.
- Estamos en un mercado eficiente, donde no existen costes de transacción, ni impuestos, donde la negociación se produce de forma continua.
- No existen restricciones sobre las operaciones de venta a descubierto, ni sobre las de préstamo y endeudamiento. Podríamos por tanto prestar o endeudarnos, por el importe deseado, a la tasa constante y conocida sin riesgo.

En función del estado final del precio de la acción  $S$ , el valor de una opción de compra sería uno de los dos siguientes:

$$C = \begin{cases} 0, & \text{si } S \leq E \\ S - E, & \text{si } S > E \end{cases}$$

En ambiente de certeza, conoceremos cuál será el valor de  $S$  al final de la vida de la opción. De este modo, lo que el mercado espera obtener por su desembolso inicial  $C$  es la remuneración de éste a la tasa libre de riesgo. Podríamos expresarlo así:

$$\frac{C}{(1+i)^T} = \begin{cases} 0, & \text{si } S \leq E \\ S - E, & \text{si } S > E \end{cases}$$

Ningún inversionista estaría dispuesto a comprar una opción cuyo precio de ejercicio fuera mayor o igual que el de la acción correspondiente, ya que el valor final de su inversión sería nulo.

Por ello, el único supuesto que nos importa es cuando  $S > E$ , en cuyo caso el valor actual de la opción de compra sería:

$$C = \frac{S}{(1+i)^T} - \frac{E}{(1+i)^T}$$

Las acciones también obtendrían un rendimiento a lo largo del período considerado:

$$S_0 = \frac{S_T}{(1+i)^T}$$

Así, el valor de la opción de compra sería:

$$C = S_0 - \frac{E}{(1+i)^T}$$

es decir, "el valor actual de la opción es el precio actual de la acción menos el precio de ejercicio descontado al momento presente" (Valero; 1988:95).

Hasta este momento nos hemos centrado en el supuesto de que los rendimientos se perciben de forma discreta, pero si atendemos al caso continuo (percepción de rendimientos, no en momentos puntuales del tiempo, sino de forma continua a lo largo del período considerado) el valor de la opción de compra quedaría recogido por la siguiente expresión:

$$C = S_0 - E e^{-iT}$$

La fórmula de Black y Scholes es muy parecida, con la única matización de que estos dos términos vienen ponderados por unas probabilidades. Estas no hacen sino reflejar la incertidumbre inherente a la situación real de los mercados de acciones y de opciones.

### 3.3.- VALORACION DE OPCIONES EN AMBIENTE DE RIESGO.

#### 3.3.1.- Prolegómenos de la valoración de opciones. La cobertura sin riesgo.

La primera formulación para la valoración de opciones de compra europeas fue desarrollada por Fisher Black y Myron Scholes (1973) partiendo, básicamente, de dos hipótesis: mercados eficientes y oportunidades de negociación continua. Según estos autores, en estas circunstancias es posible construir una cartera cubierta sin riesgo, formada por una posición larga en el activo subyacente y una posición corta en la opción de compra europea (venta de opciones). Así, cualquier inversionista, que desee invertir a largo plazo en un determinado tipo de acciones, tiene la posibilidad de neutralizar el riesgo inherente a la oscilación del precio de las acciones. Mediante la venta de opciones de compra, sobre esas mismas acciones, puede neutralizar ese riesgo. Sin embargo, en la medida que la relación entre ambas variables no suele ser lineal, no se produce una compensación exacta entre las ganancias y las pérdidas de una y otra posición (Suárez; 1987: 744)

Si el precio de la acción cambiara de forma discreta, podríamos reajustar la cartera en aquellos momentos puntuales en que dicha variación se produjera. Sin embargo, el precio de la acción cambia a lo largo del tiempo de forma continua. Por ello, para mantener una cartera cubierta sin riesgo, será necesario efectuar un reajuste continuo en la proporción de acciones y opciones.

El problema se reduce a calcular el ratio o proporción entre acciones y opciones que nos permita mantener cubierta la cartera de forma continua. Este ratio, denominado delta de la opción, puede recalcularse de forma instantánea y así reequilibrar la cartera.

Cuando se producen cambios infinitesimales en el precio de una acción, durante pequeños periodos de tiempo, se puede obtener una cobertura perfecta. En otras palabras, sin tener en cuenta los costos, esta cobertura no produce ni beneficios ni pérdidas. Por ello, para cambios pequeños no tiene riesgo en la medida que cualquier beneficio (o pérdida) en la acción se compensa con la pérdida (o beneficio) de la opción en la misma cuantía (Jarrow y Rudd; 1983:87).

En el límite, cuando el reequilibrio es continuo, la cobertura puede mantenerse sin riesgo hasta su vencimiento.

$$D = \frac{dC_t}{dS_t}, \text{ delta o ratio de cobertura perfecta.}$$

siendo  $C_t$  el precio de la opción de compra en  $t$  y  $S_t$  el precio de la acción en  $t$ .

Para una opción de compra, el valor de delta oscilará entre 0 y 1. Este ratio nos indica "la exposición de la opción respecto a la acción subyacente" (Jarrow y Rudd; 1983:88). Otra forma de expresarlo sería:

$$D = \frac{(C_a - C_d)}{(a - d) S}$$

siendo  $a$  o  $d$  el rendimiento de las acciones.

En definitiva, delta (D) recoge, ante una caída del precio de la acción, cuál sería el cambio relativo del valor de la opción respecto al de la acción si, por el contrario, el precio de ésta hubiera subido.

Ahora bien, basta dividir el numerador de delta por el valor de la opción y el denominador por el precio de la acción para poder comparar en términos porcentuales esos cambios. Este concepto se denomina elasticidad de la opción y se representa mediante la letra  $\Omega$  (Cox, Rubinstein; 1978: 186)

$$\Omega = (S/C)D$$

Para una opción de venta, el valor de delta y omega serían:

$$D = \frac{(P_a - P_d)}{(a - d) S} \quad ; \quad \Omega = \frac{S}{P} D$$

siendo, P el valor de la opción de venta.

Como  $P_a \leq P_d$ , cuando  $a \geq d$ , tanto delta como omega son menores o iguales a cero.

Una vez que se ha logrado cubrir la cartera sin coste alguno, el inversionista debería obtener de ésta un rendimiento igual al tipo de interés sin riesgo.

En una economía en la que los inversionistas tengan aversión al riesgo, la valoración de los activos con riesgo en equilibrio requiera la búsqueda de una prima por riesgo que satisfaga a todos los inversionistas.

En contraste, en una economía hipotética cuyos inversionistas se muestran neutrales al riesgo, todos los activos producirán el tipo de interés sin riesgo. Y, en consecuencia, no resulta necesario compensar a los inversionistas por asumir riesgos.

Ahora bien, la cartera cubierta tiene el mismo valor para los inversionistas neutrales al riesgo que para aquellos otros con aversión al riesgo. Por ello, resultará posible valorar las carteras cubiertas en aquella economía en la que resulte más sencillo, esto es, en la economía neutral ante el riesgo (Cox, Ross, 1976:145-166).

Centrándonos pues en una economía neutral al riesgo, todos los activos tendrían unos rendimientos esperados iguales al tipo de interés sin riesgo. Así:

$$E \left[ \frac{C_T}{C_t} \right] = \frac{1}{B(t, r)}, \quad r = T - t$$

$$C_t = E[C_T] B(t, r)$$

donde  $E[.]$  es el valor esperado de  $[.]$ ,  $B(t, r)$ , es el precio de un bono sin riesgo en el periodo  $t$ , garantizando una unidad monetaria al vencimiento, en  $T$ .

Como,  $C_T = \max.(0, S_T - E)$ , de aquí pasamos a que:

$$C_t = E[\max.(0, S_T - E)] B(t, r)$$

Para poder comprender esta expresión deberíamos conocer cuáles son las propiedades del precio de una acción en su vencimiento. En una economía neutral al riesgo esto resulta más sencillo ya que:

$$S_t = E[S_T] B(t, r)$$

En este supuesto, si podemos formar una cartera perfectamente cubierta, entonces las opciones pueden valorarse "como si" el precio de las acciones creciera al tipo de interés sin riesgo.

Para determinar el valor esperado del precio de la acción en T, debemos ver qué distribución sigue la evolución de los precios. La más utilizada es la logaritmico-normal (Cox, Ross, 1976). Esta distribución supone que el logaritmo de los rendimientos de las acciones sigue una distribución normal:

$$\log \left[ \frac{S_{t+\delta t}}{S_t} \right] = \mu \delta t + \sigma (\delta t)^{1/2} Z \quad (1)$$

donde:

$\frac{S_{t+\delta t}}{S_t}$  : es el rendimiento de la acción entre t y t+ $\delta t$ .

$\delta t$ : variación infinitesimal del tiempo.

$\mu = \alpha - \frac{\sigma^2}{2}$  : valor esperado del logaritmo del rendimiento por unidad de tiempo.

$\alpha$  : media geométrica del rendimiento por unidad de tiempo.

$\sigma$  : desviación estandar del logaritmo del rendimiento por unidad de tiempo.

$Z$  : variable aleatoria normal de media 0 y desviación típica 1.

$$\text{Prob}(x \leq Z \leq x+dx) = N'(x) dx = \frac{1}{(\sqrt{2\pi}) e^{-\frac{1}{2}x^2}} dx$$

y  $\text{Prob}(Z \leq y) = N(y) = \int_{-\infty}^y N'(x) dx$   
donde:

$N'(x)$  : Función de densidad.

$N(y)$  : Función de distribución.

También podríamos expresar la ecuación (1) así:

$$S_{t+\delta t} = S_t \exp(\mu \delta t + \sigma(\sqrt{\delta t})Z) \quad (1a)$$

$$\exp = e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{6} + \dots$$

Lo que nos indica es que, durante el instante  $\delta t$ , el precio de la acción evoluciona al ritmo de la suma de una constante y una variable aleatoria.

$$1 + \frac{\delta S_t}{S_t} = 1 + (\mu \delta t + \sigma(\sqrt{\delta t})Z) + \frac{(\mu \delta t + \sigma(\sqrt{\delta t})Z)^2}{2} + \dots$$

$$\delta S_t = S_{t+\delta t} - S_t$$

Si ignoramos los términos de orden superior a  $\delta t$  y reagrupamos, obtenemos que:

$$\frac{\delta S_t}{S_t} = \sigma (\sqrt{\delta t}) Z + \left[ \mu + \frac{\sigma^2 Z^2}{2} \right] \delta t + \dots$$

Tomando la esperanza matemática de esta expresión, la tasa de rendimiento medio de la acción es:

$$E \left[ \frac{\delta S_t}{S_t} \right] = \left[ \mu + \frac{\sigma^2}{2} \right] \delta t + \dots$$

ya que  $E[Z] = 0$  y  $E[Z^2] = 1$ .

Y la varianza es:

$$\text{Var} \left[ \frac{\delta S_t}{S_t} \right] = \sigma^2 \delta t + \dots$$

ya que  $\text{Var}[Z] = E[Z^2] - E^2[Z] = E[Z^2] = 1$

Por ello, podemos reescribir la expresión (1) de la siguiente forma:

$$\frac{\delta S_t}{S_t} = \left[ \mu + \frac{\sigma^2}{2} \right] \delta t + \sigma (\sqrt{\delta t}) Z \quad (1b)$$

Esta fórmula es equivalente a la (1) pero en tiempo continuo. Por último con (1), (1a) y (1b):

$$E \left[ \log(S_{t+\delta t}/S_t) \right] = \mu \delta t$$

debido a que  $E[Z] = 0$

$$\text{Var} \left[ \log \frac{S_{t+\delta t}}{S_t} \right] = \sigma^2 \delta t$$

debido a que  $\text{Var}[Z] = 1$

$$\begin{aligned} E[S_{t+\delta t}] &= S_t E[\exp(\mu \delta t + \sigma(\sqrt{\delta t})Z)] = \\ &= S_t \exp((\mu + \sigma^2/2) \delta t) = S \exp(\alpha \delta t) \quad (2) \end{aligned}$$

donde definimos  $\alpha = \mu + \sigma^2/2$ , ya que,

$$E[\exp(\sigma(\sqrt{\delta t})Z)] = \exp[(\sigma^2/2)\delta t],$$

es la función generatriz de momentos de una variable aleatoria normal.

Una vez calculado el riesgo de la acción, podemos utilizar un procedimiento análogo para determinar el de una opción. En este caso, la media  $\mu_C$  y la desviación estándar  $\sigma_C$  del rendimiento total de una acción durante un período serían:

$$\mu_C = \frac{(q C_a + (1-q) C_d)}{C}$$

siendo,  $q$  la probabilidad de que el precio de la opción alcance el valor  $C_a$ .

$$\sigma_c = \left[ q(1-q) \left[ \frac{C_a - C_d}{2} \right]^2 \right]^{1/2}$$

como también  $\sigma_s^2 = q(a - \mu_s)^2 + (1-q)(d - \mu_s)^2$ , substituyendo tenemos que:

$$\mu_s = qa + (1-q)d,$$

$$\sigma_s = (q(1-q)(a-d)^2)^{1/2}$$

como  $\Omega = (S/C)D$ , y  $D = (C_a - C_d)/(a-d)S$

$$\Omega = \frac{(S/C)(C_a - C_d)}{(a-d)S}$$

$$\sigma_c = \sigma_s \Omega \quad (3)$$

En esta ecuación expresamos el riesgo de la opción de compra en función del de la correspondiente acción y como podemos apreciar:

"El riesgo de una call es igual a la volatilidad de la acción subyacente por la elasticidad" (Cox, Rubinstein; 1978:187).

Aunque aquí no entremos en la demostración, se puede probar fácilmente que, en términos porcentuales, la opción de compra nunca puede tener un riesgo menor al de la acción, es decir,  $\sigma_c \geq \sigma_s$  (Cox, Rubinstein; 1978:187-188).

Para el caso de una opción de venta, la ecuación (3) quedaría así:

$$\sigma_p = -\Omega \sigma_s \quad (3a)$$

Si deseamos establecer una relación entre el valor esperado del rendimiento de la opción de compra, con el correspondiente de la acción, tendríamos que:

$$C_a = a S D + i B, \text{ para un aumento del valor de la "call"}$$

$$C_d = d S D + i B, \text{ para una disminución del valor de la "call"}$$

siendo B un bono sin riesgo.

Como hemos visto  $D = (C_a - C_d) / (a - d) S$  y además ahora  $B = a C_a - d C_d / (a - d) i$ , por ello si no existen oportunidades de arbitraje, entonces  $C = S D + B$ . Combinando estas expresiones:

$$a S D - C_a = i (S D - C), \quad y$$

$$d S D - C_d = i (S D - C)$$

multiplicando la primera por  $q$  y la segunda por  $(1-q)$  y sumando ambas ecuaciones tenemos que:

$$q (a S D - C_a) + (1-q) (d S D - C_d) = i (S D - C)$$

$$(q a + (1-q) d) S D - (q C_a + (1-q) C_d) (C/C) = i (S D - C)$$

Sustituyendo  $\mu_C$  y  $\mu_B$  y reagrupando términos:

$$\mu_B S D - \mu_C C = i (S D - C)$$

o en función de  $\Omega$ :

$$\mu_C (C/C) + i (S/C) D = \mu_B (S/C) D + i (C/C)$$

$$\mu_C + i\eta = \mu_B \eta + i$$

$$\mu_C - i = \eta (\mu_B - i)$$

Lo que significa es que:

"el exceso sobre la tasa sin riesgo de la tasa de retorno esperada de la opción de compra es igual a  $\eta$  veces el exceso de tasa de retorno esperada de la acción" (Cox, Rubinstein; 1978:189).

Para opciones de venta la relación quedaría así:

$$\mu_P - i = \eta (\mu_B - r)$$

La elasticidad también nos proporciona la relación entre el riesgo sistemático (o beta) de la acción y el de la opción (Rudd, Clasing; 1982).

Utilizando el modelo del CAPM intertemporal, la beta de la acción sería:

$$\beta_B = \frac{\text{Cov} (\delta S/S_t, \delta M/M_t)}{\text{Var} (\delta M/M_t)}$$

donde  $\delta M/M_t$  es la tasa de retorno de la cartera de mercado (Merton, 1973c: 878).

De igual forma, la beta de la opción vendría dada por:

$$\beta_C = \frac{\text{Cov} (\delta C/C_t, \delta M/M_t)}{\text{Var} (\delta M/M_t)}$$

En resumen, la cobertura sin riesgo trata de buscar la composición de una cartera que permita que su valor permanezca constante ante un cambio en las cotizaciones. Aunque el valor de la opción depende del de la acción subyacente, también depende de otros factores. Por ello y debido a que esa variación de las acciones se puede producir de forma continua, es necesario actuar en esa composición de la cartera análogamente para alcanzar una cobertura continua. Si logramos esto tendremos una cartera cuyo rendimiento es igual al de un activo libre de riesgo. Ello nos conduce a denominarla "cartera de cobertura continua y sin riesgo".

### 3.3.2.- El modelo de Black-Scholes.

#### 3.3.2.1.- Antecedentes históricos.

Como hemos comentado la teoría de valoración de opciones se remonta a finales del siglo XIX, si bien es en el año 1973 cuando el revolucionario artículo de Fisher Black y Myron Scholes, "The Pricing of Options and Corporate Liabilities", marca un nuevo hito en la historia de la OPT.

Los primeros indicios de esta teoría se remontan a 1900, año en el que el matemático Louis Bachelier obtuvo una fórmula de valoración de opciones. Este autor se ceñía a la hipótesis de que los precios de las acciones siguen un movimiento browniano con tendencia igual a cero. El movimiento browniano al que se refería este autor es el aritmético sin torbellino que implica que las probabilidades de que el precio de la acción o suba o baje una unidad monetaria, son iguales, independientemente del nivel de precios de la acción (El movimiento browniano geométrico sin torbellino implica que las probabilidades de que el precio

de la acción o suba o baja un 1% son iguales, independientes del precio de la acción).

Posteriormente, la mayoría de los modelos han utilizado una hipótesis alternativa a la del movimiento browniano aritmético. Esta nueva hipótesis se reduce a considerar que el logaritmo de los precios de las acciones sigue un proceso de Wiener (o que el precio de las acciones sigue un movimiento browniano geométrico). Para que esto sea así se deben cumplir cuatro requisitos:

1.- La distribución de las variaciones relativas de precios es independiente del nivel de precios:  
 $\text{Prob}(S_m^* \leq S^* \mid S_m = S) = F(S^*|S; T)$ , donde  $F$  es la función de distribución de los precios relativos de las acciones.

2.- Las variaciones relativas de precios son independientes. Como  $(S^*|S) = (S^*|S')(S'|S)$ ,

$$F(S^*|S; T) = \int_0^{\infty} F(S^*|S'; T-T') F'(S'|S; T') dS'$$

donde  $F'$  es la función de densidad para  $F$ ,  $S'$  es el precio de la acción en  $T'$ , y  $T > T' > 0$ .

3.- La probabilidad de que el precio de la acción sea cero es nula, por tanto se pueden utilizar logaritmos.

4.- La varianza de los precios relativos es finita.

En 1964, Sprengle elaboró un modelo que superaba parcialmente algunas de las objeciones que se oponían al modelo de Bachelier. Sin embargo, en su nueva formulación no consideraba el valor temporal del dinero y por ello ésta resultó defectuosa.

En ese mismo año, Boness reelaboró este modelo incluyendo el valor temporal del dinero, pero incurrió en un nuevo error al ignorar los distintos niveles de riesgo para las acciones y las opciones.

Por último, Samuelson (1965) elaboró un modelo con la hipótesis de que los precios de las acciones siguen un movimiento browniano geométrico.

Sin embargo, a juicio de Black y Scholes (1973) este modelo, y todos los realizados hasta la fecha, no pueden considerarse correctos para la valoración de activos en condiciones de equilibrio de un mercado de capitales. Estos autores parten de la idea de que:

"Si el mercado valora las opciones correctamente no debería ser posible obtener beneficios sin riesgo mediante la creación de carteras con posiciones largas (posesión del título) y cortas (ventas a descubierto) en opciones y sus correspondientes acciones" (Black y Scholes, 1973: 637).

### 3.3.2.2.- Hipótesis del modelo.

El modelo de valoración de Black y Scholes está construido sobre la base de unas determinadas hipótesis de funcionamiento de los mercados de acciones y opciones. Estas "condiciones ideales" son las siguientes (Black y Scholes: 1973: 640).

1.- Los mercados de opciones, bonos y acciones son perfectos. Un mercado perfecto se caracteriza por los tres puntos siguientes:

- No existen costes de transacción en la compra o venta de la acción ni de la opción, por lo que se puede estar negociando de forma continua.

• No existe ningún límite en prestar o pedir prestada cualquier cantidad de dinero al tipo de interés sin riesgo.

• No se penalizan las ventas a descubierto:

"Un vendedor que no posee un determinado activo financiero, aceptará sencillamente del comprador el precio del activo financiero, y acordará con el comprador completar la transacción en una fecha futura pagándole una cantidad igual al precio de dicho activo financiero en esa fecha" (Black y Scholes; 1973: 640).

2.- El tipo de interés de los activos sin riesgo es conocido y constante durante la vida de la opción e igual a  $i$ , por unidad de tiempo.

$$B(t, r) = e^{-ir}, \quad r = T - t$$

3.- El precio de las acciones sigue un recorrido aleatorio en tiempo continuo (según un proceso de Ito), con una varianza proporcional al cuadrado del precio de la acción. El precio de la acción al vencimiento sigue una distribución logarítmico normal con media  $\mu r$  y desviación estándar  $\sigma/r$  (el logaritmo del precio de las acciones sigue una distribución de probabilidad normal).

Todos los inversionistas están de acuerdo en que el precio de las acciones sigue un proceso estocástico de la forma que damos a continuación. Es más, todos los inversionistas coinciden en la forma funcional de la varianza de la rentabilidad de la acción, que se supone constante a lo largo de la vida de la opción, es decir,  $\sigma(S_t, t) = \sigma$ , para todo  $t$ .

$$\delta S_t = (\mu(S_t, t)) S_t \delta t + \sigma(S_t, t) S_t \delta Z_t, \text{ donde}$$

$$\delta S_t = S_{t+\delta t} - S_t$$

$\mu(S_t, t)$  = Rendimiento total esperado (ganancias de capital mas dividendos) del titulo durante el periodo  $(t, t+\delta t)$ .

$\sigma(S_t, t)$  = Desviación estandar del rendimiento en  $(t, t+\delta t)$ .

$\delta Z_t = Z_{t+\delta t} - Z_t$ ,  $(Z_t, t \in (0, \infty))$ , es un proceso Wiener o de movimiento Browniano.

4.- La acción no recibe dividendos ni ninguna otra forma de distribución de beneficios, reservas o capital.

5.- La opción considerada en el modelo es de tipo europeo, es decir, sólo puede ejercitarse a su vencimiento.

Las hipótesis 1ª y 2ª implican que se puede formar una cobertura perfecta incluyendo opciones y acciones. Además, el valor de la opción sólo dependerá del precio de la acción, del tiempo y de variables conocidas y constantes, según los supuestos adoptados.

Pasemos a continuación al estudio del desarrollo analítico de la formulación de Black y Scholes.

### 3.3.2.3.- Desarrollo analítico.

#### A.- Aproximación heurística.

El problema para la obtención de la fórmula Black-Scholes quedaría reducido a uno de cálculo en el que:

- Primero necesitamos expresar los parámetros ( $\mu$  y  $\sigma$ ) de la distribución normal como función del precio del bono, o lo que es lo mismo, del tipo de interés. De la ecuación (2) (epígrafa 3.3.1):

$$E \left[ \frac{S_{t+\delta t}}{S_t} \right] = \exp \left[ \mu + \frac{\sigma^2}{2} \delta t \right] = B(t, \delta t) = e^{-i\delta t}$$

Justificamos este último paso con base en el argumento de neutralidad ante el riesgo. Y, por la hipótesis 2 (epígrafa 3.3.2.2.) tenemos que:

$$i = \mu + \frac{\sigma^2}{2} = \alpha$$

donde el paso final utiliza la relación entre las distribuciones normal y logarítmico-normal según se definen en la ecuación (1).

- El paso siguiente consistiría en utilizar este resultado para evaluar el precio de una opción.

$$C_t = E \left[ \max(0, S_T - E) \right] B(t, r)$$

$$C_t = E \left[ \max(0, S_T - E) \right] e^{-i\tau} \quad (4)$$

Esta expresión podemos dividirla en dos que dependan del estado final del precio de la acción al vencimiento:

$$\text{Caso 1: Si } S_T \leq E \rightarrow C_t = 0$$

Caso 2: Si  $S_T > E \rightarrow C_t = E[S_T - E]e^{-ir} - e^{-ir}E[S_T] - e^{-ir}E$   
siendo  $E[.]$  el valor esperado y  $E$  el precio de ejercicio.

Por ello, la opción de compra vale:

- \*  $e^{-ir}E[S_T | S_T > E] - e^{-ir}E$ , con probabilidad  $p = \text{Prob}(S_T > E)$
- \* cero, con probabilidad  $1-p$ .

En consecuencia,

$$\begin{aligned} C_t &= (1-p)(0) + p(e^{-ir}E[S_T | S_T > E] - e^{-ir}E) = \\ &= e^{-ir}E[S_T | S_T > E]p - pe^{-ir}E \end{aligned} \quad (5)$$

Evaluando los valores de  $p$  y de  $E[S_T | S_T > E]p$  y sustituyendo sus valores en la ecuación (5) (Jarrow y Rudd, 1983: 93-94) obtenemos:

$$C_t = S_t N(h) - E e^{-ir} N(h - \sigma/r) \quad (6)$$

donde:

$$h = \frac{\log(S_t/E) + ir + \sigma^2 r/2}{\sigma/r}$$

Es la ecuación de Black-Scholes. Bajo estos supuestos vemos que el precio de la opción de compra está compuesto de dos términos:

- 1) El precio esperado de la acción, en el caso de que ésta termine con dinero ("in-the-money") ( $S N(h)$ ) y

2) El coste esperado, en términos de valor actual, de ejercitar la opción en el vencimiento:

$$(Ea^{-i\tau}N(h-d/\tau))$$

### B.- Valoración de una opción de compra americana.

Mediante la técnica de valoración con arbitraje, el valor de una opción de compra viene determinado como función de los parámetros del proceso estocástico que siga el activo subyacente, del tipo de interés sin riesgo, de la fecha de vencimiento y de la fecha de ejercicio. Para poder aplicar esta técnica, debe ser posible formar una cartera con opciones y acciones sin riesgo (varianza=0) durante un intervalo de tiempo determinado, es decir, ha de ser una cartera perfectamente cubierta. Esto puede lograrse si y sólo si los rendimientos de la opción y del título están perfectamente correlacionados, al menos durante el intervalo infinitesimal  $(t, t+\delta t)$  si  $\delta t \rightarrow 0$ .

Tal y como afirman Jarrow y Rudd (1983:97):

"la condición suficiente para la existencia de una cobertura perfecta es que los precios de los títulos observados sigan un proceso de Itô".

Un proceso de Itô es

"un proceso de Markov continuo en tiempo continuo. La evolución de la muestra de tal proceso será continua (puede ser dibujada sin levantar el lápiz del papel)... Todos los procesos de Itô pueden representarse como:  $dS = \mu(S, t)dt + \sigma(S, t)dZ$ , donde  $dZ$  se presenta como la diferencial de Itô de un proceso Gauss-Wiener estándar" (Smith, 1979: 139 de la traducción).

Todos los inversionistas están de acuerdo en que el precio de las acciones sigue este proceso estocástico y en la forma de la función.

- $\mu(S,t)$ : rendimiento total esperado = ganancias de capital + dividendos, del título durante el período  $(t, t+\delta t)$ .
- $\sigma(S,t)$ : desviación estándar del rendimiento en el período  $(t, t+\delta t)$ .
- $dZ$ : es un proceso de Wiener, es decir, los cambios de  $Z_t$  en intervalos de tiempo pequeños, se distribuyen normalmente con un valor esperado de cero ( $E[\delta Z_t] = 0$ ), y una varianza igual a  $\delta t$  ( $Cov[\delta Z_t, \delta Z_{t^*}] = 0$  para  $t$  distinto de  $t^*$ ). En otras palabras, los cambios en la variable aleatoria  $Z_t$ , durante instantes de tiempo pequeños se distribuyen como una normal de media cero y varianza igual a la longitud del intervalo de tiempo. Es importante resaltar que todos los parámetros de este proceso estocástico dependen del precio del título  $S_t$  y del tiempo  $t$  (Fleming y Rishel, 1975: 114).

C.- La fórmula de Black-Scholes.

Con las condiciones de partida, y suponiendo que se forma una cartera con un activo y con opciones de forma que continuamente estamos modificando su composición para conseguir una cartera cubierta sin riesgo, Black y Scholes llegan a la siguiente ecuación diferencial parcial:

$$(1/2) \sigma^2 S^2 F_{SS}(S,t) + \mu S F_S(S,t) - rF(S,t) + F_t(S,t) = 0$$

sujeta a las condiciones de contorno:

$$F(0,r) = 0, \quad r = T - t$$

$$F(S,T) = \max[0, S - E]$$

La solución de esta ecuación diferencial parcial ha sido resuelta por estos autores y es la siguiente:

$$C(S, t; i, \sigma, T, E) = S N(h) - E e^{-i\tau} N(h - \sigma/\tau) \quad (7)$$

donde,

$$N(h) = \int_{-\infty}^h (1/\sqrt{2\pi}) e^{-(x^2/2)} dx \quad (8)$$

$$h = \log(S/Ee^{-i\tau})/\sigma/\tau + (1/2) \sigma/\tau \quad (9)$$

En esta fórmula S y t son las variables de estado y i,  $\sigma$ , T y E son los parámetros del modelo.

### 3.3.3.- Sensibilidad de la fórmula Black-Scholes.

A continuación vamos a estudiar siguiendo el modelo de Black-Scholes el cambio que se produce en el valor de la opción cuando introducimos impactos en cualquiera de las variables de estado o de los parámetros que le afectan. Este análisis estático comparativo nos mostrará la sensibilidad del modelo a los distintos "inputs".

Para ello, derivamos el valor de la opción respecto a cada uno de los elementos que determinan su valor.

- 1)  $\delta C/\delta S = N(h) > 0$
- 2)  $\delta C/\delta E = -e^{-i\tau} N(h - \sigma/\tau) < 0$
- 3)  $\delta C/\delta r = (S\sigma/2/\tau) N'(h) + E e^{-i\tau} i N(h - \sigma/\tau) > 0$
- 4)  $\delta C/\delta \sigma = S/\tau N'(h) > 0$

$$5) \delta C / \delta i = r E a^{-1} r N(h - \sigma / r) > 0$$

$$6) \delta^2 C / \delta S^2 = (1 / S \sigma / r) N'(h) > 0$$

$$\text{donde } N'(h) = (1 / \sqrt{2\pi}) a^{-h^2/2}$$

La más útil, como ya hemos visto, es la primera (delta) porque indica la exposición de la opción respecto a la acción.

---

La tercera (theta de la opción) nos indica cuánto cambiará el valor de la opción de compra sencillamente por el mero paso del tiempo.

---

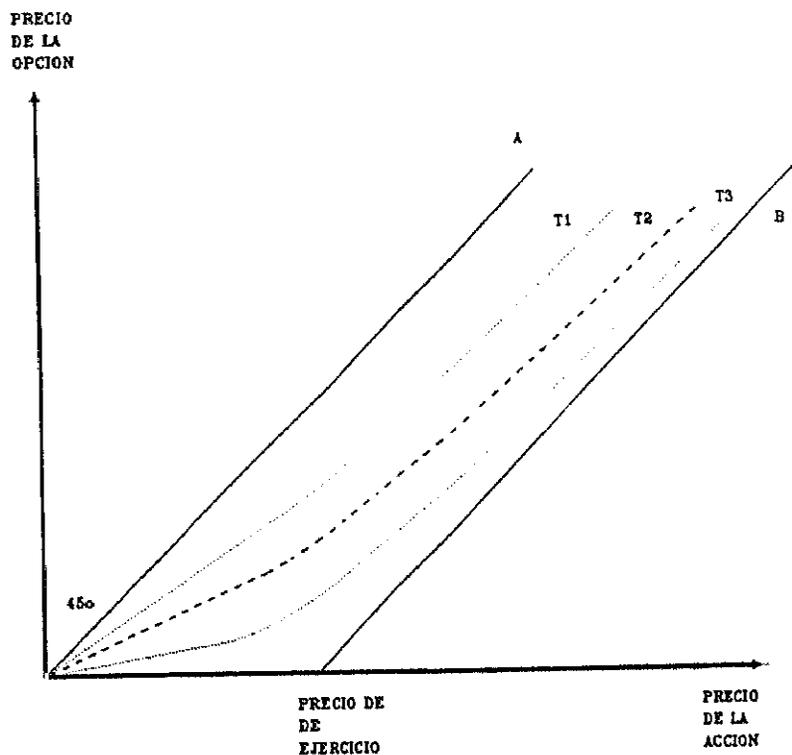
La sexta (gamma de la opción) nos muestra como cambia la delta en función del precio del título. Esta derivada es siempre positiva, lo que indica que la pendiente de la línea de precios (utilizando los precios de Black-Scholes) aumenta conforme el precio de la acción se incrementa. Como podemos ver en la figura 3.1, la línea de precios de Black-Scholes es convexa con referencia al eje de abscisas (precio de la acción) (Black, Scholes, 1973: 638).

En esa figura, la línea A representa el valor máximo de la opción (nunca puede valer más que la acción) y la B representa su valor mínimo (no puede ser negativo ni inferior al precio de la acción menos el precio de ejercicio).  $T_1$ ,  $T_2$  y  $T_3$ , serían el valor de la opción para vencimientos cada vez más próximos ( $T_1 > T_2 > T_3$ ). La curva que representa el valor de la opción es cóncava hacia arriba, lo que supone que un cambio en el precio de la acción, "ceteris paribus", producirá un cambio porcentual mayor en el valor de la opción.



Figura 3.1

Valor de una opción en distintas fechas



### 3.3.4.- Consideración de los dividendos.

Una de las principales deficiencias de la fórmula de Black-Scholes es que parte de la hipótesis de inexistencia de dividendos. Dos han sido los enfoques que han demostrado la posibilidad de excluir dicha hipótesis restrictiva. Estos enfoques permiten ampliar la fórmula Black-Scholes para el caso de que existan dividendos. El primero de ellos considera que existe un número finito de dividendos conocidos a lo largo de la vida de la opción. El segundo, por el contrario, contempla el caso de dividendos estocásticos pagados de forma continua en dicho período. En ambos enfoques se supone que la opción no se ejercerá antes de su vencimiento.

#### 3.3.4.1.- Dividendos conocidos.

Para simplificar la exposición suponemos que el pago de dividendos se efectúa en dos momentos conocidos  $t_1$ ,  $t_2$ , donde  $t < t_1 < t_2 < T$ , siendo  $d_1$  y  $d_2$  los correspondientes dividendos conocidos y constantes.  $C'$  es el precio de la opción de compra cuando la acción recibe dividendos conocidos. Estamos considerando una opción pseudo-americana ya que, a priori, decidimos no ejercerla antes de su vencimiento.

Dado que la opción no se ejercita anticipadamente, vamos a demostrar a continuación que el precio de mercado de la acción es la suma del valor de la acción y de los dividendos corridos justo antes del vencimiento, entonces el valor de la opción  $C'$  quedaría expresado así:

$$C' = C(S_t - d_1 e^{-r_1 t_1} - d_2 e^{-r_2 t_2}, t; i, \sigma, T, E) \quad (10)$$

$$t < t_1 \text{ y } r_i = t_i - t, \text{ para todo } i = 1, 2$$

En resumen, la solución del valor de esta opción de compra pseudo-americana con dividendos coincide con la fórmula de Black y Scholes, donde el precio de la acción  $S_T$  viene sustituido por el precio de la acción menos el valor actual de los dividendos futuros conocidos,  $S_t - d_1 e^{-ir_1} - d_2 e^{-ir_2}$ . Como la opción no se ejercita antes de su vencimiento, el tenedor de la opción no recibirá los dividendos. Por ello el inversionista debe restar el valor actual de esos dividendos del precio de la acción (Roll, 1977: 251-258).

Esta formulación no sería correcta en el caso de que se ejercitara la opción antes de su vencimiento. Existe una interesante técnica de aproximación basada en la fórmula de Black y Scholes, que podría utilizarse en ésta situación. Aunque esta aproximación no es exacta, sí proporciona un límite inferior más preciso para una opción de compra americana con dividendos. Esta técnica de aproximación consiste en valorar la opción como si el inversionista, en el momento de comprar (y en cada instante sucesivo), tuviera que especificar la fecha exacta en la que va a ejercitar la opción de compra pseudo-americana (Black, 1975: 36-72 y Rubinstein y Cox, 1978).

Si partimos del hecho de que una opción americana sólo podría ejercitarse de forma óptima un instante antes del pago de dividendos, su valor es el máximo de los valores de su homónima europea con los mismos parámetros, cada una con fechas de vencimiento distintas.

$$t_1 - \delta t, t_2 - \delta t \text{ y } T(\delta t \rightarrow 0 \Rightarrow t_1 - \delta t \rightarrow t_1, t_2 - \delta t \rightarrow t_2)$$

Estas opciones podrían denominarse  $C_i$  ( $i = C$ -corto;  $M$ -medio;  $L$ -largo) el subíndice  $i$  nos indicaría su vencimiento.

La opción con vencimiento en T sería:

$$C_L = C(S_t - d_1 e^{-ir_1} - d_2 e^{-ir_2}, t; i, \sigma, T, E)$$

La opción con vencimiento en  $t_1$  sería:

$$C_C = C(S_t - d_1 e^{-ir_1} - d_2 e^{-ir_2}, t; i, \sigma, t_1, E - d_1 - d_2 e^{-i(t_2 - t_1)})$$

Y por último la opción con vencimiento en  $t_2$  sería

$$C_M = C(S_t - d_1 e^{-ir_1} - d_2 e^{-ir_2}, t; i, \sigma, t_2, E - d_2)$$

Combinando estas tres fórmulas obtendremos el valor de esta opción de compra pseudo-americana.

$$C^* = \max(C_C, C_M, C_L) \quad (11)$$

Debe cumplirse que  $C' \geq C^*$ , donde  $C'$  es el precio de una opción de compra americana cuando la acción percibe dividendos conocidos. De aquí que, como mínimo, este enfoque nos facilite un límite inferior más ajustado para el valor de esta opción (Rubinstein, 1981 y Whaley, 1981).

### 3.3.4.2.- Dividendos estocásticos.

En este supuesto, los dividendos se pagan de forma continua a lo largo de la vida de la opción, por ello el enfoque no proporciona una solución exacta, sólo una aproximada.

Si partimos del modelo más sencillo, asumimos que el dividendo es constante,  $d(S, t) = d$ :

$$0 = \frac{1}{2} \frac{\delta^2 C'}{\delta S_t^2} \sigma^2 S_t^2 + \frac{\delta C'}{\delta t} + (i-D) S_t \frac{\delta C'}{\delta S_t} - iC'$$

siendo  $C'$  una opción de compra europea, y sujeta a las condiciones siguientes:

$$C'_T = \max (S_T - E, 0), \quad 0 \leq t \leq T, \quad 0 \leq S_t < +\infty$$

La solución de esta ecuación diferencial parcial sería (Merton, 1973b: 84):

$$C'_t = C(S_t e^{-dr}, t; i, \sigma, T, E)$$

En este caso la fórmula Black-Scholes se aplica con  $S_t e^{-dr}$ , sustituyendo a  $S_t$ , que representa el valor actual de la parte del precio de la acción en  $t$  que supone el dividendo corrido. En definitiva,

"es igual al precio actual de la acción menos el valor actual de los dividendos estocásticos pagados a lo largo de la vida de la opción" (Jarrow y Rudd, 1983: 132).

Ahora bien cuando  $S_t$  es suficientemente elevado,

$N(h) \approx 1$  y  $N(h - \sigma/r) \approx 1$ , por lo que:

$$C'(S_t e^{-dr}, t; i, \sigma, T, k) \approx S_t e^{-dr} - E e^{-ir}$$

Y este valor es menor que el de ejercicio de la opción,  $S_t - E$ , siempre que  $S_t$  sea suficientemente elevado en relación con  $E$  y  $d \geq i$ . Por ello, la opción resulta mucho más valiosa cuando se ejercita.

También podemos aplicar este procedimiento de forma análoga para valorar opciones de compra pseudo-americanas con fechas de pago de dividendos conocidas y con dividendos estocásticos:

$$t < t_1 < t_2 < T, \quad d_1 \text{ y } d_2$$

$$d_1', i = 1, 2 / E(d_1/S_t) = e^{d_1' r_1} \quad y$$

$$E \left[ \frac{d_1 + d_2}{S_t} \right] = e^{d_2' r_2}$$

El valor de esta opción será así:

$$C^* = \max \begin{bmatrix} C(S_t, t; i, \sigma, t_1, E), \\ C(S_t e^{-d_1' r_1}, t; i, \sigma, t_2, E), \\ C(S_t e^{-d_2' r_2}, t; i, \sigma, T, E) \end{bmatrix} \quad (12)$$

### 3.3.5.- Aplicación de la fórmula Black-Scholes.

La utilización de la fórmula Black-Scholes resulta a priori sencilla. Tan sólo la determinación de algunos parámetros conlleva ciertas dificultades. Analicemos a continuación los pasos que hay que seguir para su correcta aplicación:

1) Obtención del precio actual del título: las fuentes pueden ser diversas, desde los datos de prensa, servicios que proporcionan la posibilidad de exportar los precios de cierre a cualquier ordenador, hasta sistemas en tiempo real que facilitan los últimos precios negociados, con conexión directa a bolsa.

2) Obtención del precio de ejercicio (E): esto es extremadamente sencillo ya que consta en el contrato de opción.

3) Obtención de  $i$ , el tipo de interés sin riesgo: podría tomarse el tipo de la deuda del Estado a largo plazo (Stigum, 1978).

4) Calcular (T-t) para:

a - calcular el valor actual del precio de ejercicio: número total de días hasta el vencimiento.

b - cálculos de la desviación estandar de los precios de los títulos hasta el vencimiento: número total de días o número de días hábiles o una combinación de ambos considerando un día no hábil como 1/3 de día hábil.

5) Calcular  $\sigma$  (Jarrow y Rudd, 1982: 347-369), es el único parámetro que tiene asociado algún grado de subjetividad. Para su determinación podemos utilizar:

a - Métodos empíricos utilizando los precios históricos de los títulos (precio de apertura, cierre, máximo, mínimo) (Garman, Klass, 1980: 67-78).

b - Volatilidades implícitas, basadas en los precios de las acciones y las opciones en cada momento (Latane, Rendleman, 1976: 369 -381). Estos autores utilizan

"un modelo de medias ponderadas de las desviaciones implícitas utilizadas como una medida de las predicciones del mercado acerca de la variabilidad de los precios" (Latane, Rendleman, 1976: 369).

Diferentes opciones sobre el mismo título pueden tener diferentes volatilidades implícitas, por ello, deben estar ponderadas. En el trabajo de Stan Beckers (1981b) se estudian distintos criterios de ponderación y se obtienen las siguientes conclusiones: cuando las volatilidades implícitas se calculan con los precios de cierre diarios de las acciones y opciones, la volatilidad implícita calculada con la opción más sensible (p.ej.: aquella que tiene el máximo valor de  $\delta C/\delta \sigma$ ) ofrece la mejor estimación de la volatilidad futura.

c - Métodos combinados: utilizando los datos históricos fundamentales, junto con las estimaciones empíricas e implícitas de la volatilidad (Rudd, Clasing, 1982).

6) Predicción de los dividendos pagados y las fechas de su pago ( $d_1$  y  $t_1$ ).

7) Realización de cálculos sencillos, con la excepción de la función de distribución normal estandar. Para facilitar estos cálculos para el inversionista, Elroy Dimson (1977a y b) ha desarrollado nomogramas basados en la ecuación de Black-Scholes. La utilización de nomogramas es bastante sencilla. El inversionista necesita conocer sólo cuatro elementos:

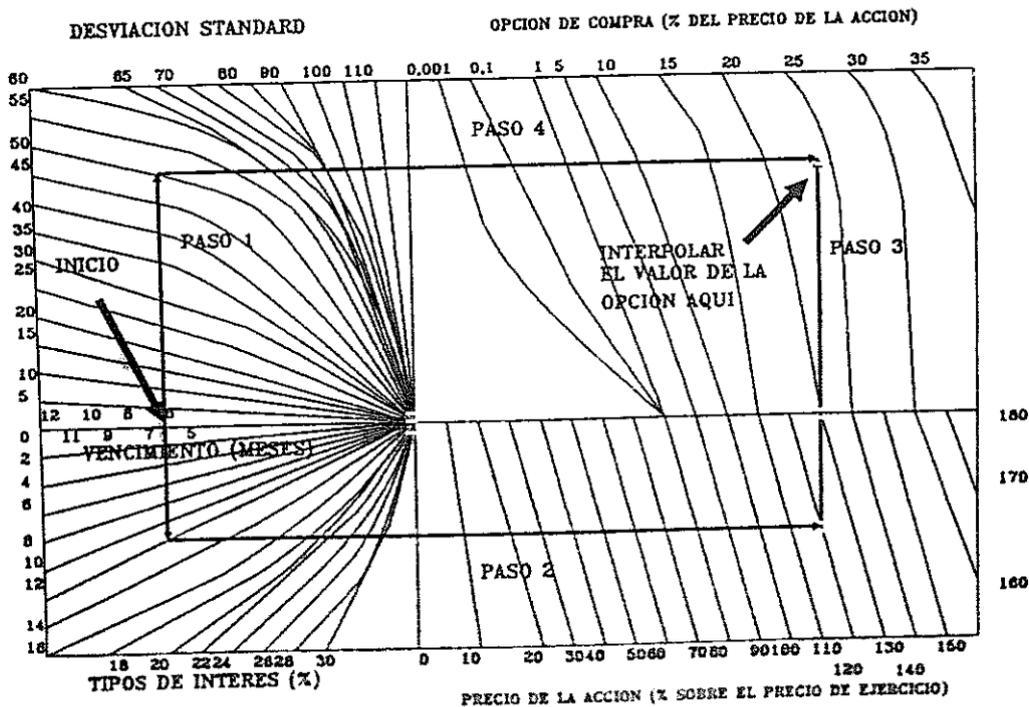
- Vencimiento de la opción.
- Precio de la acción expresado como un porcentaje del precio de ejercicio.
- Tipo de interés de mercado.

- Volatilidad del precio de la acción, medida por la desviación estandar del tipo de rendimiento anual de la acción. En la siguiente tabla se recoge el nomograma de Dimson, que puede utilizarse para valorar una opción de compra.

VALORES DE  $N(h)$  PARA DETERMINADOS VALORES DE  $h$ .

h	N(h)	h	N(h)	h	N(h)
		-1.00	.1587	1.00	.8413
-2.95	.0016	-.95	.1711	1.05	.8531
-2.90	.0019	-.90	.1841	1.10	.8643
-2.85	.0022	-.85	.1977	1.15	.8749
-2.80	.0026	-.80	.2119	1.20	.8849
-2.75	.0030	-.75	.2266	1.25	.8944
-2.70	.0035	-.70	.2420	1.30	.9032
-2.65	.0040	-.65	.2578	1.35	.9115
-2.60	.0047	-.60	.2743	1.40	.9192
-2.55	.0054	-.55	.2912	1.45	.9265
-2.50	.0062	-.50	.3085	1.50	.9332
-2.45	.0071	-.45	.3264	1.55	.9394
-2.40	.0082	-.40	.3446	1.60	.9452
-2.35	.0094	-.35	.3632	1.65	.9505
-2.30	.0107	-.30	.3821	1.70	.9554
-2.25	.0122	-.25	.4013	1.75	.9599
-2.20	.0139	-.20	.4207	1.80	.9641
-2.15	.0158	-.15	.4404	1.85	.9678
-2.10	.0179	-.10	.4602	1.90	.9713
-2.05	.0202	-.05	.4801	1.95	.9744
-2.00	.0228	.00	.5000	2.00	.9773
-1.95	.0256	.05	.5199	2.05	.9798
-1.90	.0287	.10	.5398	2.10	.9821
-1.85	.0322	.15	.5596	2.15	.9842
-1.80	.0359	.20	.5793	2.20	.9861
-1.75	.0401	.25	.5987	2.25	.9878
-1.70	.0446	.30	.6179	2.30	.9893
-1.65	.0496	.35	.6368	2.35	.9906
-1.60	.0548	.40	.6554	2.40	.9918
-1.55	.0606	.45	.6736	2.45	.9929
-1.50	.0668	.50	.6915	2.50	.9938
-1.45	.0735	.55	.7088	2.55	.9946
-1.40	.0808	.60	.7257	2.60	.9953
-1.35	.0885	.65	.7422	2.65	.9960
-1.30	.0968	.70	.7580	2.70	.9965
-1.25	.1057	.75	.7734	2.75	.9970
-1.20	.1151	.80	.7881	2.80	.9974
-1.15	.1251	.85	.8023	2.85	.9978
-1.10	.1357	.90	.8159	2.90	.9981
-1.05	.1469	.95	.8289	2.95	.9984

Figura 3.2  
 Nomograma de Dimson para valorar una opcion de compra



Existen cuatro pasos para utilizar un nomograma (Huang y Randall, 1987: 367-368).

- Paso 1: dibujar o trazar una línea vertical perpendicular al eje de abscisas en el punto de vencimiento.

- Paso 2: trazar una línea horizontal desde el punto de intersección con el tipo de interés hasta el cuadrante inferior derecho del nomograma.

- Paso 3: trazar una línea vertical desde el punto de intersección con el precio de la acción como un porcentaje del precio de ejercicio, hasta el cuadrante superior derecho.

- Paso 4: Trazar una línea horizontal desde el punto de intersección con la desviación estándar, hasta el cuadrante superior derecho. El resultado es el punto de intersección de las dos líneas en el cuadrante superior derecho del nomograma. Este punto indica el valor de la opción expresado como porcentaje del precio de la acción.

### 3.3.6.- Opciones compuestas.

Para abordar el estudio de la valoración de estas opciones, en primer lugar habría que explicar qué es una opción compuesta, asunto sencillo en extremo ya que es una opción cuyo activo subyacente es otra opción.

Aunque el concepto parece claro, el problema que presenta encontrar un modelo capaz de valorar este tipo de opciones es complejo.

Robert Geske en su tesis doctoral sobre "La valoración de opciones complejas" se ha ocupado de este tema, planteando una fórmula de una opción de compra compuesta. Este autor considera el caso de una opción sobre una acción que, a su vez, es en sí misma otra opción sobre los activos de la empresa. Desde este punto de vista, existen efectos de apalancamiento en la valoración de opciones y por ello la varianza del precio de la acción no es constante.

Según Geske (1979: 63) la fórmula de Black-Scholes sería un caso especial de la formulación de opciones compuestas.

Los bonos con cupón y la deuda subordinada han sido desarrollados por Geske (1977) como si fueran opciones compuestas. Roll (1977) también ha utilizado esta técnica para valorar las opciones americanas sobre acciones que pagan dividendos constantes.

Cuando nos ocupemos en el siguiente capítulo de las oportunidades de inversión en la empresa también nos referiremos a las opciones compuestas.

Una de las características que diferencia la valoración de opciones compuestas es que la varianza no es constante sino que depende del nivel de precios de las acciones o más concretamente del valor de la empresa. Además la solución que plantea Geske contiene un nuevo término que refleja el endeudamiento de la empresa: "es el apalancamiento financiero el que altera el riesgo total o la volatilidad de las acciones conforme el mercado revalúa continuamente los flujos de caja esperados de la empresa." (Geske, 1979: 64).

La forma funcional de la opción de compra sería  $C=f(S,t)=f(g(V,t),t)$ , donde  $t$  es el momento actual y  $V$  el valor de la empresa. De esta forma cualquier cambio en el precio de la opción podemos expresarlo como función de los cambios en el valor de la empresa y de los cambios de tiempo. Puede formarse así una cartera sin riesgo eligiendo la combinación adecuada de acciones de la empresa y de opciones sobre estas acciones.

Por ejemplo, consideremos la opción  $C_t$  que viene dada por la expresión:

$$C(S, t; i, \sigma, T, E) = S N(h) - E e^{-i\tau} N(h-\sigma/\tau) \quad (13)$$

$$h = \frac{\log \frac{S}{E e^{-i\tau}}}{\sigma/\tau} + \frac{1}{2} \sigma/\tau$$

$$N(h) = \int_{-\infty}^h \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-(x^2/2)} dx, \quad \tau = T - t$$

que proporciona el valor de una opción de compra europea sobre un título en  $t$  con vencimiento en  $T$  y precio de ejercicio  $E$ . Ahora, supongamos un inversionista que vende una opción, que denominamos  $C_t^*$ , cuyo título subyacente es  $C_t$ . Esta nueva opción compuesta  $C_t^*$  tiene como fecha de vencimiento  $T_1 < T$  y el precio de ejercicio  $E_1$  (distinto de  $E$ , en general).

$C_t^*$  debe satisfacer la ecuación diferencial siguiente:

$$0 = \frac{1}{2} \frac{\delta^2 C^*}{\delta S_t^2} \sigma^2 (S_t, t) S_t^2 + \frac{\delta C^*}{\delta t} + i S_t \frac{\delta C^*}{\delta S_t} - i C^* \quad (14)$$

sujeta a estas condiciones:

$$\begin{aligned} C_{T_1}^* &= \max (C_{T_1} - E_1, 0) \\ 0 &\leq t \leq T_1 \\ 0 &\leq S_t \leq +\infty \end{aligned}$$

La solución de forma cerrada a la que ha llegado Geske (1979: 80) quedaría así:

$$C_t^* = S_t M(q + \sigma/r_1, h + \sigma/r_1; \sqrt{r_1/r}) - E e^{-ir} M(q, h; \sqrt{r_1/r}) - E_1 e^{-ir_1} N(q) \quad (15)$$

donde,

$$q = \frac{\log \frac{S_t}{S_t} + \left[ 1 - \frac{1}{2} \sigma^2 \right] r}{\sigma/r_1}$$

$$r = T - t$$

$$r_1 = T_1 - t, \quad T > T_1$$

M es la función de distribución normal bivalente definida como:

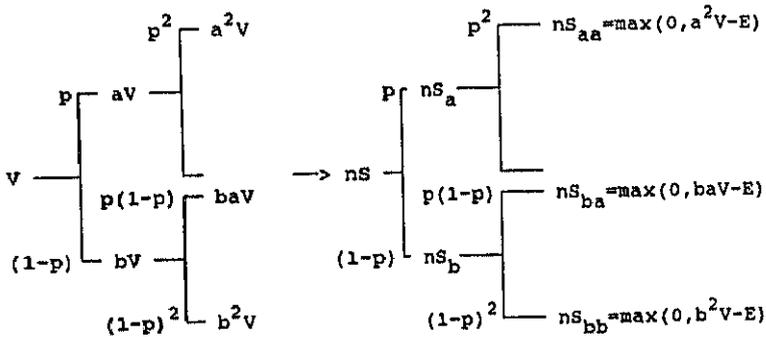
$$M(a, b; p) = \int_{-\infty}^a \int_{-\infty}^b \frac{1}{2\pi/(1-p^2)} \exp \left[ -\frac{1}{2} \frac{x^2 - 2pxy + y^2}{(1-p^2)} \right] dx dy$$

y  $S_t^{*M}$  se obtiene de  $C(S_t^{*M}, t; \sigma, T, E) - E = 0$ ; esto es  $S_t^{*M}$  es aquel precio de la acción por encima del cual la opción compuesta se ejercitará.

Cox y Rubinstein (1985: 413) expresan una opción compuesta como un proceso binomial bietápico ( en el epígrafe 3.4 se analiza la técnica binomial).

En principio,  $V$  (el valor de la empresa) determina cual es el valor de  $S$  (el precio de la acción) en cualquier momento anterior al vencimiento de los bonos (la única forma alternativa de financiación de la empresa).

El proceso para dos periodos sería el siguiente:



siendo,

$p$ : probabilidad de que el valor de la empresa sea  $aV$  en un periodo.

$(1-p)$ : probabilidad de que el valor de la empresa sea  $bV$  en un periodo.

$aV, bV$ : los dos valores que puede alcanzar la empresa en un periodo.

### 3.4.- OTROS MODELOS DE VALORACION DE OPCIONES.

#### 3.4.1.- Formulación de Roll para opciones de compra americanas.

Como hemos visto, la fórmula de Black-Scholes parte del restrictivo supuesto de que la acción sobre la que se contrata una opción no recibe dividendos durante la vigencia del contrato, además supone que la opción es de tipo europeo, es decir, que sólo puede ejercitarse al vencimiento. Sin embargo, en la mayor parte de los mercados de opciones, entre los que destacaríamos el de Chicago (CBOE - Chicago Board Options Exchange) como pionero en este tipo de negociación, las opciones de compra más numerosas son de tipo americano (que pueden ejercitarse antes de su vencimiento) y no están protegidas contra el pago de dividendos.

Richard Roll detectando "la importante deficiencia en la teoría de valoración de opciones en términos de su aplicabilidad empírica" (Roll, 1977: 251) ha desarrollado una formulación que elimina esta importante limitación y que permite valorar una opción de compra americana cuando existe una probabilidad de que se ejercite de forma anticipada.

La notación utilizada es la siguiente:

$c(S,T,X)$ : valor de mercado de una opción de compra europea.

$C(S,T,X)$ : valor de mercado de una opción de compra americana.

Se mantiene el resto de la simbología utilizada hasta ahora.

Por lo que respecta a los dividendos se incluyen las condiciones siguientes:

- $d$ , es un dividendo conocido que se pagará a cada accionista con certeza.
- $t$  es la fecha correspondiente al instante inmediatamente posterior al pago de dividendos ( $t < T$ ), (cuando el valor de la acción ya es ex-dividendos).
- $b$  es la caída del precio de la acción que tiene lugar en  $t$ , tras el pago de dividendos y que medimos como una proporción del dividendo.
- No se paga ningún otro dividendo hasta que la opción haya expirado en  $T$ .

Se puede generalizar el modelo al caso de que exista un número finito de dividendos a lo largo de la vida de la opción (Geske, 1979b).

El precio de la acción  $S$  antes del pago de dividendos quedaría descompuesto en dos partes:

- $G_t$ : la parte o componente con riesgo.
- $de^{-i\tau}$ : el componente sin riesgo, que es igual al dividendo corrido.

Así, el precio de  $S$  sería igual a  $P$ , precio total del mercado menos el valor actual del dividendo corrido. Por ejemplo para cualquier  $\tau < t$ ,  $S_\tau = P_\tau - bde^{-i(t-\tau)}$  y para  $\tau \geq t$ ,  $S_\tau = P_\tau$  o lo que es lo mismo:

$$S_r = G_r + de^{-i(t-r)}, \quad r < t$$

$$S_r = G_r, \quad T \geq r \geq t$$

Justo antes del pago de dividendo, el "optante" conoce el valor de la opción tras el pago de dividendos, esto es  $c(S_t, T-t, E)$ . No quedando pendiente el pago de ningún otro dividendo, la opción americana equivaldrá a la correspondiente europea (Merton, 1973). Pero si se ejerce justo antes del pago de dividendos, se podría obtener  $S_t + bd - E$ . Por la fórmula de Black y Scholes conocemos los límites de  $c$ :  $c = \max(0, S_t - Ee^{-i(T-t)})$  y también conocemos que  $c$  es asintótica a esta banda inferior conforme aumenta el precio de la acción:

$$\lim_{S \rightarrow \infty} c(S, T-t, E) = S_t - Ee^{-i(T-t)}$$

Por ello, si  $bd > E(1 - e^{-i(T-t)})$  entonces existe algún precio finito de la acción ex-dividendo por encima del cual la opción americana se ejercerá justo antes de  $t$ .

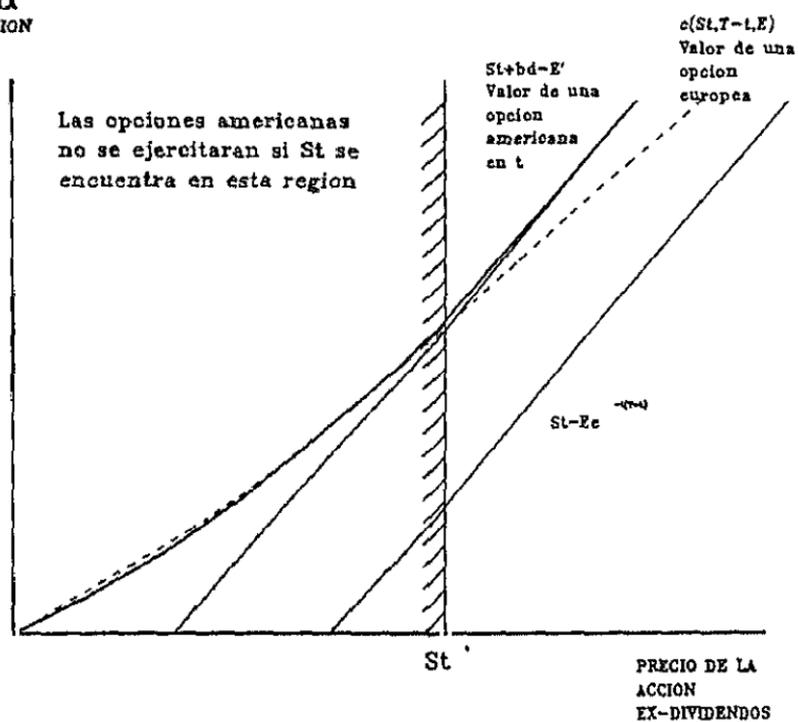
El ejercicio anticipado de la opción será tanto más probable cuanto mayor sea el dividendo a percibir o cuanto más elevado sea el precio de la acción en relación con el precio de ejercicio (opciones fuertemente con dinero ("deeply-in-the-money") o cuanto más próxima esté la fecha de pago del dividendo a la de expiración. Gráficamente quedaría recogido en la figura 3.3.

En definitiva, el que una opción americana se ejerce o no antes de su vencimiento sólo dependerá del valor que alcanza su homónima europea tras el pago de dividendos.

Las proposiciones que formula Roll (1977), al hilo de lo expuesto, son las siguientes:

Figura 3.3  
Valor de una opción americana ex-dividendos

PRECIO  
DE LA  
OPCION



• "Conforme  $\text{Prob}(c_t < S_t + bd - E)$  tiende a 1, la opción americana desprotegida contra el pago de dividendos se aproxima a la valoración de Black-Scholes pero utilizando la fecha  $t$ , tras el pago de dividendos, en vez de la fecha de expiración del contrato de opción" (Roll, 1977:254).

Realmente lo que nos indica es que si la opción se va a ejercitar casi con seguridad antes de su vencimiento, entonces  $t$  debe considerarse como fecha de vencimiento, en vez de la contractual  $T$ . Aunque la probabilidad de que se ejercite antes del vencimiento no es igual a uno, sí puede llegar a aproximarse mucho a este valor, por ello la proposición I nos proporcionaría un valor muy ajustado de la opción. Además conoceríamos el precio que alcanzaría la acción,  $S_t^*$  tras el pago de dividendos por encima del cual se ejercitaría la opción americana:

$c(S_t^*, T-t, E) = S_t^* + bd - E$ , siendo  $S_t^*$  diferente para cada opción cuyos parámetros sean distintos.

• El valor de una opción de compra americana desprotegida contra el pago de dividendos con precio de ejercicio  $E$ , cuya acción subyacente recibe un sólo dividendo  $d$  cierto después de  $t$  y antes de la expiración contractual de la opción en  $T$ , corresponde a la suma de:

- a) una opción de compra europea con precio de ejercicio  $E$  y vencimiento  $T$ .
- b) más una opción de compra europea con precio de ejercicio  $S_t^* + bd$  y vencimiento  $t - \epsilon$  ( $\epsilon > 0$ ,  $\epsilon \neq 0$ ).
- c) menos una opción compuesta (opción de compra europea sobre la opción descrita en a) con vencimiento en  $t - \epsilon$  y precio de ejercicio  $S_t^* + bd - E$  (Roll, 1977: 255).

Una vez que se ha pagado el dividendo estos tres sumandos tendrían el siguiente valor:

1) Para  $S_t > S_t^*$ , los flujos de caja serían:

a) 0

b)  $S_t + bd - S_t^* - bd$

c)  $S_t^* + bd - E$

En total:  $S_t + bd - E$

2) Para  $S_t < S_t^*$  las posiciones de la cartera serían:

a) Posición abierta: esta opción sigue viva hasta la fecha T.

b) Contrato expirado, ya que se ha pagado el dividendo en t y esta opción vencía en t-ε.

c) Contrato expirado: esta opción también expiraba en t-ε.

En resumen, tras el pago de dividendo estaríamos ante una opción europea sobre S, con precio de ejercicio E y vencimiento en T.

La valoración de las opciones a) y b) no presentan ningún problema ya que, en su caso, se puede aplicar directamente la fórmula de Black-Scholes. Ahora bien, para la valoración de la opción c), y dado que es una opción compuesta, sería necesario recurrir a la formulación realizada por Geske (ver epígrafe 3.3.6 del presente capítulo).

En conclusión, el valor de la opción de compra americana desprotegida contra el pago de dividendos sería:

$$C_a + C_b - C_c \quad (\text{Roll, 1977: 257-258}) \quad (16)$$

siendo,

$$C_a = S N(h(S, T, E)) - N(h(S, T, E) - \sigma/T) e^{-iT} E$$

$$C_b = S N(h(S, t, S_t^* + bd)) - N(h(S, t, S_t^* + bd) - \sigma/t) e^{-it} (S_t^* + bd)$$

$$C_c = S N(h(S, t, S_t^*), h(S, T, E)) - \\ - N(h(S, t, S_t^*) - \sigma/t, h(S, T, E) - \sigma/T) e^{-iT} E - \\ - N(h(S, t, S_t^*) - \sigma/t) e^{-iT} (S_t^* + bd - E)$$

Aunque no resulta frecuente el pago sucesivo de dos o más dividendos conocidos el modelo puede generalizarse. Basta imaginar que la acción va a percibir de forma sucesiva  $N$  dividendos conocidos. Si nos situamos entre los dividendos  $(N-1)$  y  $N$ , sería de aplicación directa la fórmula utilizada hasta ahora. La cartera que formaríamos antes del pago del dividendo  $(N-1)$  estaría compuesta por:

a) una opción americana modificada con los mismos parámetros  $E$  y  $T$  más la fecha de pago del dividendo e importe del dividendo  $(N)$  y valorada según lo ya descrito.

b) más una opción de compra europea sobre la acción con precio de ejercicio  $S^{**} + bd$  y vencimiento  $t_{N-1} - \epsilon$  (donde  $S^{**}$  es el precio de la acción por encima del cual se ejercitaría la opción americana en  $t_{N-1}$ , fecha de pago del dividendo  $(N-1)$ ).

c) menos la opción europea sobre la opción a) con vencimiento  $t_{N-1} - \epsilon$  y precio de ejercicio  $S^{**} + bd - E$ .

La complejidad de esta fórmula sería mucho mayor, por cuanto incluimos una opción (c) sobre otra opción compuesta (a). Sin embargo, aportaría una solución para la valoración de opciones americanas, sobre acciones que reciben dividendos consecutivos y conocidos durante la vida de la opción, y que no están protegidas contra el pago de dividendos.

Robert Whaley (1982) ha realizado un estudio empírico del modelo de Roll. Su contraste examina el comportamiento de tres modelos de valoración de opciones americanas de compra. De todos ellos, el que parece obtener una valoración más ajustada es el de Roll. Pese a ello, este autor afirma que todavía existe una tendencia de este modelo a infravalorar las opciones sobre acciones de bajo riesgo y a sobrevalorar las emitidas sobre acciones de alto riesgo. Whaley explica este hecho por distintas causas:

- por los cambios en la volatilidad del precio de las acciones,
- por suponer que es un dividendo conocido en vez de uno incierto y
- por asumir que no existe un tratamiento fiscal distinto entre dividendos y ganancias de capital.

También William Sterk (1982) ha realizado otra constatación del modelo llegando a conclusiones similares.

### 3.4.2.- Formulación de Cox de la difusión y la elasticidad constante de la varianza.

Los intentos de ampliar el modelo de Black-Scholes, eludiendo algunas de las hipótesis restrictivas que contiene, han sido numerosos. La fórmula de Black-Scholes parte del supuesto de que el componente de riesgo del rendimiento de las acciones tiene una varianza constante a lo largo del tiempo. Este supuesto es fuertemente restrictivo y, lo que es más, no tiene el apoyo de los estudios empíricos realizados sobre el comportamiento efectivo del rendimiento de las acciones.

John Cox, preocupado por este hecho, ha centrado sus investigaciones en averiguar cuál es la forma funcional de la volatilidad del precio de las acciones y ha obtenido un modelo de la elasticidad constante de la varianza (CEV - "constant elasticity of variance") (1975) con la hipótesis de que el precio del título subyacente en su vencimiento sigue una distribución logarítmico normal con media  $\mu r$  y desviación estándar  $\sigma/r$ . En resumen, está considerando que la elasticidad de la varianza respecto al precio de la acción es constante.

Supongamos que se mantienen las hipótesis de la fórmula de Black-Scholes con la única excepción de que la desviación estándar del rendimiento de la acción viene dada por la siguiente función:  $\sigma(S_t, t) = \sigma S_t^{\theta-1}$ , donde  $\theta < 1$ . La variación que experimenta el precio de la acción sería ahora:

$$\delta S_t = b(S_t, t) S_t \delta t + \sigma S_t^{\theta} \delta Z_t$$

donde  $\delta Z_t$  es un proceso Wiener.

Sustituyendo en la ecuación diferencial parcial fundamental tenemos que:

$$0 = \frac{1}{2} \frac{\delta^2 C}{\delta S_t^2} \sigma^2 S_t^{2\theta} + \frac{\delta C}{\delta t} + i S_t \frac{\delta C}{\delta S_t} - iC \quad (17)$$

sujeta a las restricciones:

$$\begin{aligned} C_T &= \max(S_T - E, 0) \\ 0 &\leq t \leq T \\ 0 &\leq S_t < +\infty \end{aligned}$$

La solución que nos determina el valor de la opción de compra americana sobre un título que no percibe dividendos es (Jarrow y Rudd, 1983: 155):

$$\begin{aligned} C(S, t; i, \sigma, T, E, \theta) &= \quad (18) \\ &= S \sum_{n=0}^{\infty} g(L S^{-\phi}, n+1) G(L(E e^{-i\tau})^{-\phi}, n+1 - \frac{1}{\phi}) - \\ &- E e^{-i\tau} \sum_{n=0}^{\infty} g(L S^{-\phi}, n+1 - \frac{1}{\phi}) G(L(E e^{-i\tau})^{-\phi}, n+1) \end{aligned}$$

donde:

$$\phi = 2\theta - 2$$

$$L = \frac{2i}{\sigma^2 + (e^{\theta i\tau} - 1)}$$

$$\Gamma(n) = \int_0^{\infty} e^{-v} v^{n-1} dv, \text{ es la función gamma}$$

Sustituyendo en la ecuación diferencial parcial fundamental tenemos que:

$$0 = \frac{1}{2} \frac{\delta^2 C}{\delta S_t^2} \sigma^2 S_t^{2\theta} + \frac{\delta C}{\delta t} + i S_t \frac{\delta C}{\delta S_t} - iC \quad (17)$$

sujeta a las restricciones:

$$\begin{aligned} C_T &= \max(S_T - E, 0) \\ 0 &\leq t \leq T \\ 0 &\leq S_t < +\infty \end{aligned}$$

La solución que nos determina el valor de la opción de compra americana sobre un título que no percibe dividendos es (Jarrow y Rudd, 1983: 155):

$$\begin{aligned} C(S, t; i, \sigma, T, E, \theta) &= \quad (18) \\ &= S \sum_{n=0}^{\infty} g(L S^{-\frac{\phi}{2}}, n+1) G(L(E e^{-ir})^{-\frac{\phi}{2}}, n+1 - \frac{1}{\phi}) - \\ &- E e^{-ir} \sum_{n=0}^{\infty} g(L S^{-\frac{\phi}{2}}, n+1 - \frac{1}{\phi}) G(L(E e^{-ir})^{-\frac{\phi}{2}}, n+1) \end{aligned}$$

donde:

$$\phi = 2\theta - 2$$

$$L = \frac{2i}{\sigma^2 \phi (e^{\frac{\phi}{2} ir} - 1)}$$

$$\Gamma(n) = \int_0^{\infty} e^{-v} v^{n-1} dv, \text{ es la función gamma}$$

$g(z, n) = \frac{e^{-z} z^{n-1}}{\Gamma(n)}$ , es la función de densidad de gamma

$G(w, n) = \int_w^{\infty} g(z, n) dz$ , es la función de distribución de gamma complementaria o incompleta (Ríos, 1967:125-127)

Aunque a primera vista parezca una fórmula compleja, únicamente resulta algo más elaborada que la de Black y Scholes, ya que el valor de la opción sigue siendo  $C = SX - Ee^{-it}Y$ , con la única diferencia de que en la fórmula CEV, X e Y son sumas infinitas. Cada una de estas sumas infinitas está formada por términos que son los productos de las funciones  $g(\cdot, \cdot)$  y  $G(\cdot, \cdot)$ , donde los argumentos presentan una cierta simetría. La interpretación de X e Y es igual a la de Black y Scholes. X es el precio esperado de la acción al vencimiento suponiendo que supera al precio de ejercicio, mientras que Y es la probabilidad de que la opción termine con dinero, esto es:

$$X = E[S_T | S_T > E] \text{ Prob}(S_T > E)$$

$$Y = \text{Prob}(S_T > E)$$

Las funciones  $g(\cdot, \cdot)$  y  $G(\cdot, \cdot)$  vienen referidas a la función gamma  $\Gamma(\cdot)$ , y suelen estar tabuladas. La función gamma es en realidad una función factorial, cuando n es entero  $n! = n(n-1)(n-2) \dots 2 \cdot 1$ , sin embargo, puede adoptar valores no enteros.

Este modelo se denominó "de la elasticidad constante de la varianza" debido a que la elasticidad de la varianza de los rendimientos es igual a  $(2\theta-2)$ , una constante de signo negativo, dado que  $\theta < 1$ .

$$\frac{\delta \text{Var}(\delta S_t / S_t)}{\delta S_t} \cdot \frac{S_t}{\text{Var}(\delta S_t / S_t)} =$$

$$= \frac{(2\theta - 2)\sigma^2 S_t^{2\theta - 3} S_t}{\sigma^2 S_t^{2\theta - 2}} = (2\theta - 2) < 0$$

En resumen, conforme cae el precio de las acciones, el valor de mercado de los pasivos de la empresa también disminuye porque aumenta el temor de quiebra. De los dos tipos de pasivos (recursos ajenos y recursos propios), será mayor el descenso del valor de mercado de los segundos, y, en consecuencia, se produce un aumento del ratio recursos ajenos / recursos propios. En el apalancamiento financiero, este aumento provoca una elevación del riesgo y, en consecuencia, una mayor volatilidad del precio de las acciones.

El modelo de valoración de opciones de Cox ha sido posteriormente ampliado a los supuestos de que las acciones reciban dividendos.

Sin extendernos demasiado, la fórmula de la opción de compra con dividendos conocidos ( $d_1$  y  $d_2$ ) sería:

$$C_t^M = \text{Máx} \left[ \begin{array}{l} C(S_t - d_1 e^{-ir_1} - d_2 e^{-ir_2}, t; i, \sigma, t_1, E - d_1 - d_2 e^{-i(t_2 - t_1)}, \theta) \\ C(S_t - d_1 e^{-ir_1} - d_2 e^{-ir_2}, t; i, \sigma, t_2, E - d_2, \theta) \\ C(S_t - d_1 e^{-ir_1} - d_2 e^{-ir_2}, t; i, \sigma, T, E, \theta) \end{array} \right]$$

(19)

La solución propuesta por John Cox y Stephen Ross para el supuesto de dividendos estocásticos, pagados de forma continua sería (Cox, Ross, 1976: 145-166):

$$C_t^M = e^{-dr} C(S_t, t; i-d, \sigma, T, E, \theta)$$

El mayor problema que presenta este modelo es la estimación del parámetro  $\theta$ , que determina la dependencia de la volatilidad respecto del precio de la acción. Además, el hecho de que la fórmula venga expresada en término de series infinitas plantea nuevas necesidades de acelerar los procesos de cálculo.

En el trabajo realizado por Stan Beckers (1980: 661-673) se analiza este parámetro  $\theta$  para intentar averiguar si es el mismo para todas las acciones o si está directamente relacionado con el nivel de endeudamiento de la empresa.

Tomando logaritmos naturales de la varianza del precio de la acción tenemos que:

$$\text{Log} (\sigma(S_t, t)) = \text{Log} (\sigma) + (\theta-1) \text{Log} (S_t)$$

Si realizamos una regresión simple de la forma:  $\text{Log} (\sigma(S_t, t)) = a + b \text{Log} (S_t) + u_t$ , podremos obtener una estimación de  $\theta$  ( $= 1 + b'$ , donde  $b'$  es el coeficiente estimado). El mayor problema estriba en que  $\sigma(S_t, t)$  no es una variable directamente observable así que Beckers sustituye el  $\text{Log}(S_{t+\delta t} | S_t)$  que, de media, es aproximadamente proporcional a la desviación estandar. La muestra de datos históricos considerada por Beckers permite concluir que existe una relación inversa significativa entre el precio y la varianza, de ahí que se pueda rechazar la idea de que dicho parámetro  $\theta$  sea el mismo para todas las acciones.

En cuanto a la segunda idea, Beckers ha demostrado que un aumento en el endeudamiento afecta significativamente al riesgo de las acciones, aunque también existe un conjunto amplio de otros factores que contribuyen en esta relación.

De la ya numerosa literatura sobre este modelo, especialmente sobre su *constrastación* empírica, podemos destacar el trabajo realizado por MacBeth y Merville (1980) que apunta otra serie de métodos para estimar  $\theta$ . Sus conclusiones son rotundas: el modelo de valoración de opciones de compra elaborado por Cox proporciona unos precios más ajustados a los de mercado que los del modelo Black-Scholes.

Ahora bien este modelo, aunque parece obtener mejores resultados que el de Black-Scholes, se enfrenta con algunos problemas que pueden generar "ruido" y, en consecuencia, puede llegar a proporcionar resultados más distorsionados que el de Black y Scholes.

#### 3.4.3.- Formulación de Merton de difusión con saltos.

Hasta este momento hemos venido considerando que los precios de las acciones seguían procesos continuos, es decir, que podían ser dibujados en un gráfico sin necesidad de levantar el lápiz del papel para representar su evolución. Esta característica de continuidad permitía, tal y como hemos visto en otros epígrafes del presente capítulo, formar una cartera perfectamente cubierta formada por una determinada proporción de acciones y opciones que se revisaba de forma continua.

Sin embargo, la realidad nos conduce a considerar otro proceso estocástico en tiempo continuo que puede seguir el precio de las acciones: un proceso con saltos. Este proceso se basa en la creencia de que el precio de las acciones sigue un movimiento constante excepto un número aleatorio de veces en las que experimenta un salto de cuantía aleatoria.

Cox y Ross (1976) han demostrado que en estas circunstancias también resulta viable la formación de una cartera cubierta. Ahora bien, cuando el proceso que sigue el precio de las acciones es discontinuo y presenta saltos de forma intermitente es referencial obligada el modelo de Merton (1976: 125-144).

Según este autor, podemos descomponer la variación del precio de una acción en dos tipos de cambios:

1) Las alteraciones "normales" en el precio, por ejemplo, las debidas al desajuste temporal entre oferta y demanda, a los cambios en los índices bursátiles según la capitalización de las sociedades que lo forman, a las variaciones en la coyuntura económica, o a cualquier otro tipo de nueva información que provoque cambios marginales en el valor de las acciones. En la práctica, podemos asimilar el efecto que genera esta información por unidad de tiempo en el precio de las acciones al cambio marginal en el precio. Este componente puede estudiarse con un modelo de movimiento browniano geométrico estandar con varianza constante por unidad de tiempo y tiene una trayectoria muestral continua (Merton, Samuelson; 1974: 67-94).

2) Las alteraciones "anormales" en el precio se deben a la percepción de información nueva sobre los títulos que tiene un efecto sobre los precios superior al efecto marginal ya citado. Esta información, como podemos comprender, se centra más en la sociedad concreta, a cuyas acciones nos referimos, o en el entorno específico de la misma. En resumen, cuando se lance al mercado información de este tipo, el efecto sobre el precio de las acciones será más significativo.

Ahora bien, esta información no se produce de forma continua, por ello nos encontraremos con periodos en los que el precio de las acciones se verá sujeto sólo a variaciones marginales, siguiendo un proceso continuo, mientras que en determinados momentos puntuales se producirá un auténtico salto en las cotizaciones de las acciones, al aparecer estas informaciones de "efecto directo".

Todo ello hace necesario que esta componente se modelice con la ayuda de un "proceso con saltos" que refleja los efectos no marginales de la información. Para el estudio de este componente de saltos el prototipo para seguir es el proceso Poisson (Malliaris, Brock; 1982:42), mientras que para el componente continuo es el proceso Wiener (ambos tipos de procesos son divisibles infinitamente en el tiempo y tomando una escala adecuada, se podrían separar los incrementos que se producen según cada proceso).

El proceso Wiener ya ha sido citado en diversas ocasiones en el presente capítulo, por ello vamos a centrar a continuación nuestro interés en el proceso Poisson.

Vamos a definir el suceso que sigue el proceso Poisson como la llegada de una información determinada sobre las acciones. Se asume que el número de sucesos en intervalos de tiempo distintos son independientes. Por lo tanto, la probabilidad de que se produzca esta información durante un periodo de tiempo  $h$  (donde  $h$  es tan pequeño como se desea) pueda escribirse así:

Prob (la información se conozca en el intervalo de tiempo  $(t, t+h)$ ) =  $1 - Lh + O(h)$ ,

Prob (la información se conozca una vez en el intervalo de tiempo  $(t, t+h)$ ) =  $Lh + O(h)$ ,

Prob (la información se conozca más de una vez en el intervalo de tiempo  $(t, t+h)$ ) =  $O(h)$ , (20)

donde,

-  $O(h)$  es el símbolo de orden asintótico definido por  $\Theta(h) = O(h)$  si  $\lim_{h \rightarrow 0} (\Theta(h)/h) = 0$ .

$h \rightarrow 0$

-  $L$  es el número medio de sucesos por unidad de tiempo.

Así, si  $S(t)$  es el precio de la acción en  $t$  e  $Y$  es la variación "anormal" en el precio, entonces, dejando a un lado la variación "normal", el precio de las acciones en  $t+h$ ,  $S(t+h)$  será la variable aleatoria  $S(t+h) = S(t)Y$ , dado que se produce un suceso entre  $t$  y  $(t+h)$ .

Ahora podemos expresar el rendimiento de las acciones como una combinación de ambos tipos de procesos, obteniendo la ecuación diferencial estocástica (condicionada a que  $S(t)=S$ ) siguiente:

$$\frac{dS}{S} = (\alpha - Lk) dt + \sigma dZ + dq,$$

donde,

$\alpha$  es el rendimiento esperado de la acción en un intervalo de tiempo infinitesimal,

$\sigma^2$  es la varianza del rendimiento en un intervalo de tiempo infinitesimal, condicionada a que no aparezcan nuevos sucesos,

$dZ$  es un proceso estandar Gauss-Wiener,

$q(t)$  es el proceso Poisson independiente descrito en (20),

$dq$  y  $dZ$  se asume que son independientes,

$\Gamma$  es el número medio de sucesos por unidad de tiempo,

$k = \epsilon(Y-1)$  donde  $(Y-1)$  es la variación porcentual del precio de la acción si se produce un suceso de Poisson y  $\epsilon$  es el operador de expectativas de la variable aleatoria  $Y$ .

La expresión  $odZ$  describe la variación diferencial del rendimiento no anticipado debido a variaciones "normales" de los precios y la expresión  $dq$  describe la parte que se debe a variaciones "anormales" en los precios. Si  $L = 0$  (y en consecuencia  $dq = 0$ ), entonces nos encontramos en el caso analizado por Black y Scholes.

Una vez que hemos analizado el comportamiento del precio de las acciones vamos a estudiar a continuación el correspondiente del precio de las opciones.

Supongamos que el precio de la opción  $C$  puede expresarse como una función doblemente diferenciable respecto al precio de la acción y al tiempo:

$$C(t) = F(S, t).$$

Si el precio de la acción sigue el proceso siguiente:

$$\frac{dS}{S} = (\alpha - I_k) dt + \sigma dZ + (Y-1), \quad (21)$$

es decir, si ocurre un suceso de Poisson, entonces podemos expresar el rendimiento de la opción de la siguiente forma:

$$\frac{dC}{C} = (\alpha_C - Lk_C) dt + \sigma_C dz + dq_C \quad (22)$$

donde,

$\alpha_C$  es el rendimiento esperado de la opción en un intervalo infinitesimal,

$\sigma_C^2$  es la varianza del rendimiento en un intervalo infinitesimal, condicionada a que no se produzca un suceso de Poisson,

$q_C(t)$  es un proceso independiente de Poisson con parámetros  $Lk_C = \epsilon(Y_C - 1)$ , donde  $(Y_C - 1)$  es la variación porcentual del precio de la opción si se produce un suceso de Poisson y  $\epsilon$  es el operador de expectativas sobre la variable aleatoria  $Y_C$ .

Utilizando el Lemma de Ito para la parte continua primero, y para la discontinua después, obtenemos las siguientes relaciones:

$$\alpha_C = \frac{\frac{1}{2}\sigma^2 S^2 F_{SS}(S,t) + (\alpha - Lk) S F_S(S,t) + P_C + L\epsilon(F(SY,t) - F(S,t))}{F(S,t)} \quad (23a)$$

$$\sigma_C = \frac{F_S(S,t) \sigma S}{F(S,t)} \quad (23b)$$

donde los subíndices de  $F(S,t)$  se corresponden a las respectivas derivadas parciales.

Ahora bien, como además el proceso Poisson del precio de la opción  $q_C(t)$ , depende funcionalmente del proceso Poisson para el precio de la acción  $q(t)$ , esto significa que se producirá un suceso de Poisson que afecte al precio de la opción si y sólo si se produce un suceso de Poisson que afecta al de las acciones. Es más, si se produce este suceso para la acción, y la variable aleatoria  $Y$  se encuentra en  $Y=y$ , entonces se produce también para la opción y la variable aleatoria  $Y_C$  adopta el valor:

$$\frac{F(S_y, t)}{F(S, t)}$$

por ejemplo:  $Y_C = \frac{F(SY, t)}{F(S, t)}$

El hecho de que ambos procesos sean perfectamente dependientes no nos debe conducir al error de pensar que son linealmente dependientes dado que  $F$  es una función no-lineal de  $S$ .

Si ahora, consideramos una cartera compuesta por una acción, una opción y el activo sin riesgo con un rendimiento de  $i$  por unidad de tiempo en proporciones  $w_1$ ,  $w_2$  y  $w_3$  donde:

$$\sum_{j=1}^3 w_j = 1.$$

Y además consideramos que el valor de la cartera es  $P$ , entonces la evolución del rendimiento de la cartera puede escribirse como:

$$\frac{dP}{P} = (\alpha_p - Lk_p) dt + \sigma_p dz + dq_p,$$

donde,

$\alpha_p$  es el rendimiento esperado de la cartera en un intervalo infinitesimal,

$\sigma_p^2$  es la varianza del rendimiento en un intervalo infinitesimal, condicionada a que no se produzca un suceso de Poisson,

$q_p(t)$  es un proceso Poisson independiente, con el parámetro  $Lk_p = \epsilon(Y_p - 1)$  donde  $(Y_p - 1)$  es el cambio porcentual del valor de la cartera si se produce un suceso de Poisson y  $\epsilon$  es el operador de expectativas sobre la variable  $Y_p$ .

De las expresiones (21) y (22) tenemos que:

$$\alpha_p = w_1 (\alpha - 1) + w_2 (\alpha_c - 1) + i, \quad (24a)$$

$$\sigma_p^2 = w_1 \sigma^2 + w_2 \sigma_c^2. \quad (24b)$$

$$Y_p - 1 = \frac{w_1 (Y - 1) + w_2 (P(SY, t) - F(S, t))}{F(S, t)} \quad (24c)$$

donde se ha sustituido  $w_3 = 1 - w_1 - w_2$ .

En el análisis de Black y Scholes donde  $L=0$  (y por lo tanto  $dq = dq_c = dq_p = 0$ ), se podía cubrir la cartera haciendo  $w_1 = w_1^*$  y  $w_2 = w_2^*$  de forma que  $w_1^* \sigma + w_2^* \sigma_c = 0$ . Con esto se evitaba el arbitraje ya que el rendimiento esperado y efectivo de la cartera con pesos  $w_1^*$  y  $w_2^*$  era igual al tipo de interés sin riesgo  $i$ .

De las expresiones (24a) y (24b), esta condición supondría que:

$$\frac{(\alpha-r)}{\sigma} = \frac{(\alpha_c-r)}{\sigma_c} \quad (25)$$

Y, por último, de las expresiones (23a) (haciendo  $L=0$ ), (23b) y (25), llegamos a la conocida ecuación diferencial parcial para el precio de la opción:

$$\frac{1}{2} \sigma^2 S^2 F_{SS} + i S F_S - i F + F_t = 0$$

Desafortunadamente, nos encontramos trabajando con la hipótesis de un proceso con saltos, con lo que el rendimiento de la cartera con pesos  $w_1^*$  y  $w_2^*$ ,  $dq$ , no carece de riesgo. Es más, de la ecuación (24c) podemos obtener la conclusión de que los pesos ( $w_1$ ,  $w_2$ ) a los que antes nos referíamos no eliminarán el riesgo de saltos. La razón estriba en que la composición de la cartera no es una operación lineal y el precio de la opción es una función no lineal del precio de la acción.

Si seguimos la cobertura que proponen Black y Scholes y denominamos  $P^*$  al valor de la cartera tenemos que:

$$\frac{dP^*}{P^*} = (\alpha_p^* - Lk_p^*) dt + dq_p^*$$

siendo  $dq_p^* = 0$  cuando no se produce un suceso de Poisson y  $dq_p^* = (Y_p^* - 1)$  cuando si se produce.

Así podemos observar que la mayor parte del tiempo, el rendimiento de la cartera será predecible y será de  $(\alpha_p^* - Lk_p^*)$ . Sin embargo, de media, una vez cada  $1/L$  unidades de tiempo, el valor de la cartera registrará un salto inesperado:

$$Y_p^* - 1 = \frac{w_2^* (F(SY, t) - F(S, t) - P_g(S, t)(SY - S))}{F(S, t)}$$

La expresión contenida en el primer corchete es positiva para todo valor de  $Y$ . Con lo que si  $w_2^*$  es positivo, entonces  $(Y_p^* - 1)$  será positiva y el rendimiento de la cartera será siempre positivo. Si  $w_2^* < 0$ , entonces el rendimiento será negativo. Incluso el signo de  $k_p^*$  coincidirá con el de  $w_2^*$ .

Por ello, si un inversionista decide seguir la cobertura de Black y Scholes formando una cartera con una posición larga en acciones y otra corta en opciones (por ejemplo:  $w_2^* < 0$ ), entonces la mayor parte del tiempo, ganará más que el rendimiento esperado,  $\alpha_p^*$ , porque  $k_p^* < 0$ . Sin embargo, en aquellas ocasiones puntuales en que el precio de la acción "salta" sufrirá una pérdida comparativamente mayor.

Por el contrario, si el inversionista decide seguir una estrategia de cobertura de Black y Scholes inversa donde la posición corta esté en acciones y la larga en opciones (por ejemplo:  $w_2^* > 0$ ) entonces durante la mayor parte del tiempo estará ganando menos que el rendimiento esperado. Pero si se producen saltos en el precio de la acción obtendrá mayores rendimientos positivos.

La alternativa que presenta Merton en su modelo supone acercarnos al problema de valoración asumiendo que los rendimientos de las acciones en equilibrio quedan recogidos en el modelo del CAPM (Merton, 1976: 133).

Si tenemos en cuenta los dos tipos de informaciones, normal y anormal, que hemos descrito en este epígrafe podremos asimilar el componente de salto en el rendimiento de las acciones al riesgo no sistemático. Si el CAPM se cumple, entonces el rendimiento esperado de todos los activos con  $\beta=0$  debe ser igual al tipo de interés sin riesgo.

Por lo tanto,  $\alpha_p^* = i$ . Pero esto supone según (24a) que  $w_1^*(\alpha-i) + w_2^*(\alpha_c-i) = 0$ , o sustituyendo  $w_1^*$  y  $w_2^*$ , tenemos que:

$$\frac{\alpha-i}{\sigma} = \frac{\alpha_c-i}{\sigma_c} \quad (26)$$

Pero esta ecuación (26) junto con la (23a) y la (23b) implica que  $F$  debe satisfacer la siguiente información:

$$0 = -\frac{1}{2} \sigma^2 S^2 F_{SS} + (1-Lk) S F_S - F_r - iF + L\epsilon (F(SY, r) - F(S, r)) \quad (27)$$

sujeta a las siguientes condiciones:

$$F(0, r) = 0$$

$$F(S, 0) = \text{máx}(0, S-E)$$

Aunque no se puede incluir una solución completa de forma cerrada para la ecuación (27) sin incluir una especificación más amplia de la distribución para  $Y$ , si podemos exponer la solución parcial que está en una forma más adecuada para su cálculo:

$$W(S, r; E, i, \sigma^2) = S \phi(d_1) - Ee^{-Lr} \phi(d_2)$$

donde,

$$\phi(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^y e^{-\frac{s^2}{2}} ds$$

donde,  $d_1$  es la función de distribución normal:

$$d_1 = \frac{\log(S/E) + (i + \sigma^2/2)r}{\sigma/\sqrt{r}} \quad \text{y} \quad d_2 = d_1 - \sigma/\sqrt{r}$$

La solución a la ecuación (27) para el precio de la opción cuando el precio actual de la acción es  $S$  es la siguiente:

$$F(S, r) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{-Lr}(Lr)^n}{n!} \left[ \epsilon_n(W(SX_n e^{-Lkr}, r; E, \sigma^2, i)) \right] \quad (28)$$

Aunque esta fórmula obtenida por Merton (1976: 135) no es una solución de forma cerrada, si permite una aproximación razonable de cálculo debido a que las funciones de densidad para  $(X_n)$  no son muy complejas.

De todos modos, el modelo de Merton que hemos descrito requiere un esfuerzo adicional en relación con el de Black-Scholes dado que se basa en la estimación de tres parámetros adicionales (especificando el tamaño y frecuencia

de los saltos). Incluso en esta última fórmula simplificada son dos los parámetros para estimar. Los problemas de estimación de estos parámetros han sido estudiados con mayor profundidad por Beckers (1981: 127-40).

En cuanto a la contrastación empírica de que ha sido objeto este modelo (Beckers y Merton, 1976), conviene matizar que, en la práctica, el componente de salto parece ser bastante insignificante para las acciones corrientes. Por ello, para que el modelo de difusión con saltos proporcione resultados significativamente diferentes a los del modelo de Black y Scholes se deben satisfacer dos condiciones:

- 1) Que la proporción de la varianza total del precio de la acción que sea directamente atribuible al componente de salto sea elevada (por ejemplo,  $L X^2 / \sigma^2 + LX^2$  debe ser grande).
- 2) Que el ratio de la frecuencia de los saltos en relación con la varianza total sea pequeña (por ejemplo,  $L / (\sigma^2 + LX^2)$  debe ser pequeña).

Estas condiciones lo que sugieren es que el proceso debe estar ampliamente dominado por unos pocos, pero grandes, saltos. Los activos cuyo comportamiento sea el descrito son firmes candidatos a que se les aplique el modelo de Merton.

#### 3.4.4.- Técnica binomial.

De entre las técnicas de valoración de opciones, aquella que resulta más sencilla, por cuanto los únicos conocimientos que precisa son de matemáticas básicas, es la técnica binomial.

Para comprender su funcionamiento empezamos asumiendo que el precio de una acción sigue un proceso binomial multiplicativo en periodos discretos. La tasa de retorno de la acción en cada periodo tiene dos valores posibles: 1)  $a-1$ , con probabilidad  $q$  y 2)  $b-1$ , con probabilidad  $1-q$ . Además, suponemos por el momento que la acción no recibe dividendos. Como el precio actual de la acción es  $S$ , su precio al final del periodo puede ser  $aS$  o  $bS$ :

$$S \begin{cases} aS & \text{con probabilidad } q \\ bS & \text{con probabilidad } 1-q \end{cases}$$

Assumimos también que el tipo de interés es constante y positivo, que no existen restricciones institucionales (impuestos, costes de transacción, márgenes o coberturas exigidas), que se pueda vender a descubierto y que nos encontremos en un mercado perfecto (un individuo podría comprar o vender la cantidad que desee de un título).

Si  $r$  es uno más el tipo de interés anual  $(1+i)$ , entonces  $a > r > b$ . Si esto no es así, entonces existirán oportunidades de arbitraje.

Ahora tenemos que:

$C_a$  : valor de la "call" si la acción vale  $aS$ .

$C_b$  : valor de la "call" si la acción vale  $bS$ .

Consideramos un periodo antes del vencimiento de la "call".

$$C \begin{cases} C_a = \max(0, aS-E) & \text{con probabilidad } q. \\ C_b = \max(0, bS-E) & \text{con probabilidad } 1-q. \end{cases}$$

Si formamos la cartera que contiene A acciones y B bonos sin riesgo (se considera la compra de bonos como análoga a la concesión de un préstamo a la entidad emisora de los bonos). Su coste será  $S A + B$ . Al final del periodo, el valor de la cartera será:

$$SA+B \begin{cases} aSA+iB & \text{con probabilidad } q \\ bSA+iB & \text{con probabilidad } 1-q \end{cases}$$

Como A y B los elegimos nosotros, si escogemos unos valores tales que:

$$aAS + iB = C_a$$

$$bAS + iB = C_b$$

podemos resolver las ecuaciones:

$$A = \frac{(C_a - C_b)}{(a-b)S} \quad (29)$$

$$B = \frac{(aC_b - bC_a)}{(a-b)i}$$

Si no existen posibilidades de arbitraje, el valor actual de la opción de compra, C, no puede ser inferior que el valor actual de "la cartera equivalente" SA+B (Cox, Ross, Rubinstein; 1979:233).

"Si no existen oportunidades de arbitraje sin riesgo, debe ser cierto que:

$$C = SA + B = \frac{(C_a - C_b)}{(a-b)} + \frac{(aC_b - bC_a)}{(a-b)i} =$$

$$= \frac{C_a \frac{(1-b)}{(a-b)} + C_b \frac{(a-1)}{(a-b)}}{1}$$

si este valor es mayor que S-E, y si no,  $C = S-E$ " (Cox, Ross, Rubinstein; 1979: 234)

$$\text{Si llamamos } p = \frac{(1-b)}{(a-b)}, \quad 1-p = \frac{(a-1)}{(a-b)}$$

$$C = \frac{pC_a + (1-p)C_b}{1} \quad (30)$$

"El valor actual de la opción no es más que el valor presente de la esperanza matemática de los valores terminales de las opciones" (Valero, 1988: 98).

Las características que presenta la fórmula (30)

son:

- No aparece la probabilidad  $q$ : esto implica que incluso si los inversionistas tienen probabilidades subjetivas diferentes acerca de los movimientos de alza o caída de los precios de las acciones, si que estarán de acuerdo en la relación de  $C$  con  $S$  y  $r$ .

- El valor de la opción de compra no depende de la actitud del inversionista frente al riesgo. Para obtener la fórmula, la única asunción que realizamos acerca del comportamiento del individuo es que prefiera más riqueza a menos y, en consecuencia, esto es un incentivo para obtener ventajas de las oportunidades de arbitraje con beneficio y sin riesgo.

- La única variable aleatoria de la que depende el precio de la acción es el propio precio de la acción.

La fórmula tan sólo es una relación de precios relativos que nos facilita el valor de  $C$  en términos de  $S$ ,  $a$ ,  $b$  e  $i$ .

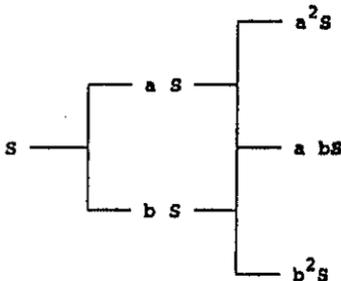
$1 > p > 0$ ; por ello tiene las propiedades de la probabilidad. De hecho,  $p$  es el valor que tendría  $q$  en equilibrio si los inversionistas fueran neutrales al riesgo.

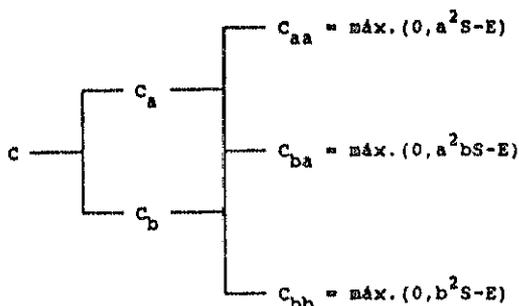
$$q(aS) + (1-q)(bS) = iS, \text{ y } q = \frac{(i-b)}{(a-b)} = p.$$

Así, el valor de la "call" podría interpretarse como el valor esperado de su valor futuro descontado en un mundo neutral al riesgo (Esta propiedad fue destacada por primera vez por John Cox y Stephen Ross, 1976:145-166).

Tanto el riesgo como la tasa de retorno esperada de la opción deben ser igual a los de la cartera equivalente.

Ahora consideremos una "call" dos períodos antes de su vencimiento. Siguiendo un proceso binomial:





Transcurrido un periodo, cuando aún falta otro para el vencimiento de la "call":

$$C_a = \frac{pC_{aa} + (1-p)C_{ab}}{1} \quad (31a)$$

$$C_b = \frac{pC_{ab} + (1-p)C_{bb}}{1} \quad (31b)$$

De nuevo podemos elegir una cartera de  $S_A$  acciones y  $B$  bonos cuyo valor al final del periodo será  $C_a$  si la acción llega a  $aS$  y  $C_b$  si llega a  $bS$ .

Al final del primer periodo, cuando todavía queda otro periodo, el precio de mercado de la opción podría estar todavía en desequilibrio y ser superior al valor de la cartera equivalente. Si deshacemos nuestra posición vendiendo la cartera y recomprando la opción podríamos sufrir una pérdida que podría más que compensar nuestro beneficio original. Sin embargo, siempre podríamos evitar esta pérdida manteniendo la cartera un periodo más.

Con dos periodos, existe una estrategia que nos garantiza beneficios sin riesgo, sin inversiones netas si el precio actual de mercado de la opción difiere del máximo de  $SA+B$  y  $S-E$ . Así, el mayor de ambos es el valor actual de la opción de compra.

Como A y B adoptan la misma forma funcional en ambos periodos:

$$C = \frac{pC_a + (1-p)C_b}{i}, \text{ si es mayor que } S-E$$

$$C = S-E, \text{ en otro caso (} \leq S-E \text{)}$$

$$C = \frac{p^2 C_{aa} + 2p(1-p) C_{ab} + (1-p)^2 C_{bb}}{i^2} = \quad (32)$$

$$= \frac{p^2 \max.(0, a^2 S-E) + 2p(1-p) \max.(0, abS-E) + (1-p)^2 \max.(0, b^2 S-E)}{i^2}$$

Como siempre es mayor que  $S-E$  (siendo  $i > 1$ ) entonces esta expresión nos proporciona el valor exacto de la "call". Esto sólo se da en el caso de que no existan dividendos, es decir, cuando no se debe ejercitar la opción antes de su vencimiento. En un caso general, con dividendos, no se cumple y deberíamos utilizar un procedimiento para chequear cada periodo.

Generalizando a  $n$  periodos: empezamos en la fecha de vencimiento y realizamos el mismo proceso hacia atrás:



$$C = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{n!}{j!(n-j)!} p^j (1-p)^{n-j} \max.(0, a^j b^{n-j} S - E)}{1^n} \quad (33)$$

Consideremos que  $z$  es el número mínimo de movimientos al alza del precio de la acción durante los próximos  $n$  periodos de forma que la "call" termina con dinero ("in-the-money"). Así,  $z$  será el entero más pequeño no negativo tal que  $a^z b^{n-z} S > E$ . Tomando logaritmos naturales a ambos lados de la inecuación, podemos escribir "a" como el entero no negativo más pequeño, mayor que:

$$a > \frac{\log \frac{E}{Sb^n}}{\log \frac{a}{b}}$$

$$a^z b^{n-z} S > E$$

$$a^z b^{-z} > \frac{E}{Sb^n}$$

$$\log \left[ \frac{a}{b} \right]^z > \log \frac{E}{Sb^n} ; \quad z \log \frac{a}{b} > \log \frac{E}{Sb^n}$$

$$z > \frac{\log \frac{E}{Sb^n}}{\log \frac{a}{b}}$$

Para todo  $j < z$ ,  $\max(0, a^j b^{n-j} S - E) = 0$  y para todo  $j \geq z$ ,  $\max(0, a^j b^{n-j} S - E) = a^j b^{n-j} S - E$ . En consecuencia:

$$C = \frac{\sum_{j=z}^n \frac{n!}{j!(n-j)!} p^j (1-p)^{n-j} (a^j b^{n-j} S - E)}{i^n}$$

Si  $z > n$ , la opción de compra terminará sin dinero ("out-of-the-money"), incluso si la acción sube en cada período; y, en consecuencia, su valor actual será cero. Si expresamos  $C$  como la diferencia de dos términos, tenemos que:

$$C = S \left[ \sum_{j=z}^n \frac{n!}{j!(n-j)!} p^j (1-p)^{n-j} \frac{(a^j b^{n-j})}{i^n} \right] - E i^{-n} \left[ \sum_{j=z}^n \frac{n!}{j!(n-j)!} p^j (1-p)^{n-j} \right]$$

La última expresión entre corchetes es la función de distribución binomial complementaria  $\dagger(z;n,p)$ . La primera expresión entre corchetes también puede interpretarse como una función de distribución binomial complementaria  $\dagger(z;n,p')$ , donde:

$$p' = (a/r)p \quad \text{y} \quad 1-p' = (d/r)(1-p)$$

$$0 < p' < 1 \quad \text{y} \quad p < r/a$$

Podemos resumir el desarrollo del método binomial con la siguiente expresión (Cox, Ross, Rubinstein, 1979:239):

$$C = S \Phi(z;n,p') - E i^{-n} \Phi(z;n,p) \quad (34)$$

Es la fórmula binomial de valoración de opciones ("Binomial Option Pricing Formula"), donde:

$$p = \frac{i-b}{a-b} \quad \text{y} \quad p' = \frac{a}{i} p$$

$$z = \text{es el entero más pequeño no negativo} > \frac{\log \frac{E}{Sb^n}}{\log \frac{a}{b}}$$

Si  $z > n$ ,  $C = 0$ .

$\Phi(z;n,p)$ : probabilidad de que la suma de  $n$  variables aleatorias, cada una de las cuales puede tomar el valor 1 con probabilidad  $p$  y 0 con probabilidad  $1-p$ , sea mayor o igual que  $z$ .

Como podemos apreciar, la ecuación (34) es distinta a la fórmula en ambiente de certeza:

$$C = S - E(1+i)^{-n}$$

La metodología binomial de valoración de opciones, fue desarrollada por Cox, Ross y Rubinstein. Estos autores presentan en su artículo una sencilla fórmula de valoración de opciones en tiempo discreto (ha sido reproducido en Cox, Rubinstein (1978)).

Las probabilidades de que suba o que caiga el precio de las acciones no figuran en la fórmula de valoración. Por ello obtendríamos el mismo resultado si  $q$  depende de los precios pasados o presentes de las acciones o de otras variables aleatorias. Además,  $a$  y  $b$  podrían haber sido funciones deterministas del tiempo. De forma significativa, la cuantía de los cambios porcentuales del precio de las acciones durante cada período podría haber dependido de los precios de las acciones al principio del período considerado.

Es un modelo en tiempo discreto. Para las opciones de todos los vencimientos y precios de ejercicio, que queremos valorar por arbitraje utilizando sólo las acciones y los bonos en la cartera, la condición necesaria y suficiente es que en cada período:

(a) El precio de las acciones puede situarse tras el pago de dividendos en sólo dos valores, distintos al valor inicial

(b) Los dividendos y la cuantía de cada uno de los dos posibles cambios que puede registrar el precio de las acciones son funciones conocidas. Estas funciones dependen de:

1.- El precio actual y pasado de las acciones.

2.- Valores actuales y pasados de las variables aleatorias cuyos cambios están perfectamente correlacionados con los de las acciones en cada periodo.

3.- Las fechas.

Como conclusión:

"el proceso de dos estados sencillo ("simple two-state process") es realmente el ingrediente esencial de la valoración de opciones por métodos de arbitraje. Es sorprendente quizás, dada la complejidad matemática de algunos de los modelos actuales en este campo. Pero es tranquilizador encontrar unos argumentos económicos tan sencillos en el corazón de esta potente teoría" (Cox, Ross, Rubinstein; 1979: 263).

Gracias al supuesto de que:

"los precios de la acción y de su opción sigue un proceso de dos estados (two-state), es posible formar una cartera sin riesgo con los dos activos. Como el valor de la cartera al final del periodo es cierto, la opción debería valorarse de forma que la cartera produzca el tipo de interés sin riesgo" (Rendleman, Barter; 1979: 1093).

En definitiva, la cartera sin riesgo se forma invirtiendo 1 u.m. en la acción y comprando  $\alpha$  unidades de la opción al precio de  $P_{t-1}$ . Tomamos un valor de  $\alpha$  tal que los resultados de la cartera son iguales en ambos estados:

$$\alpha S + \alpha C_a = bS + \alpha C_b$$

Como vemos, existe una diferencia entre el valor de una opción ( $V$ ) y su precio ( $P$  ó  $C$ ), por ello, un inversionista ejercerá su opción cuando le resulte más rentable, o lo que es lo mismo:

$$V_t = \max(P_t, VEJER_t)$$

$VEJER_t$ : es el valor de ejercitar la opción en el instante  $t$ .

Para opciones americanas:

- "Call":  $VEJER_t = S_t - E$ , para todo  $t$ .
- "Put" :  $VEJER_t = E - S_t$ , para todo  $t$ .

Para opciones europeas:

- "Call":  $VEJER_t = S_t - E$ , para  $t = T$ .  
 $VEJER_t = 0$ , para  $t < T$ .
- "Put" :  $VEJER_t = E - S_t$ , para  $t = T$ .  
 $VEJER_t = 0$ , para  $t < T$ .

$P_T = 0$  (tras el vencimiento la opción vale cero).

### 3.5.- VALORACION DE OPCIONES DE VENTA.

Hasta el momento hemos estado considerando los distintos modelos existentes para la valoración de opciones de compra. Claro está que el estudio de la paridad entre las opciones de compra y venta (ver capítulo 2) nos permitiría obtener el valor de las opciones de venta a partir del valor de las opciones de compra. Sin embargo, la valoración de las opciones de venta merece un estudio más detallado especialmente porque no existe una fórmula analítica generalmente aceptada para determinar el precio de una opción de venta americana. Esto se debe básicamente a la imposibilidad de determinar en qué circunstancias sería aconsejable ejercitar la opción antes de su vencimiento.

Todas estas dificultades contribuyen a que las publicaciones sobre valoración de opciones de compra sean mucho más numerosas que en el caso de las de venta. Hasta el momento, los distintos autores que se han ocupado de este tema coinciden, casi sin excepción, en que los rendimientos de las acciones siguen procesos de difusión y estudian los supuestos más sencillos acerca del pago de dividendo. Asimismo, la contrastación empírica de estos modelos se encuentra poco desarrollada.

Quizá la manera más sencilla de aproximarnos a la valoración de las opciones de venta americanas sea comenzar por el estudio de sus homónimas europeas.

### 3.5.1.- Opciones de venta europeas.

La imposibilidad de que las opciones europeas se ejerciten antes de su vencimiento, simplifica claramente la valoración de opciones de venta. Así, obtener una fórmula que recoja su valor no entraña mayor dificultad que la ya estudiada en los teoremas más relevantes de paridad entre opciones de compra y de venta.

Como hemos visto en el capítulo 2, cuando los dividendos son ciertos entonces existe una única relación entre el precio de una opción de venta y el de una de compra europeas. En particular, cuando no existen dividendos, la ecuación de estado es:

$$P_t = C_t - S_t + E e^{-i(T-t)} \quad (35)$$

que cumple que:

$$\frac{\delta P}{\delta S} = \frac{\delta C}{\delta S} - 1 \quad (36a)$$

$$\frac{\delta^2 P}{\delta S^2} = \frac{\delta^2 C}{\delta S^2} \quad (36b)$$

$$\frac{\delta P}{\delta t} = \frac{\delta C}{\delta t} - i E e^{-i(T-t)} \quad (36c)$$

Para poder obtener la correspondiente formulación de la opción de venta europea, según el modelo de Black y Scholes, vamos a incorporar tres nuevas condiciones de contorno (Ingersoll, 1987: 320):

$$P_T = \max.(K - S, 0) \quad (37a)$$

$$0 \leq t \leq T \quad (37b)$$

$$0 \leq S_t < +\infty \quad (37c)$$

Suponiendo que se dan las hipótesis del modelo de Black y Scholes, que recordamos a continuación:

- 1) Los mercados de opciones, bonos y acciones son perfectos.
- 2) El tipo de interés de los activos sin riesgo es conocido y constante durante la vida de la opción e igual a  $i$ , por unidad de tiempo.
- 3) La acción no recibe dividendos ni ninguna otra forma de distribución de beneficios, reservas o capital.
- 4) La desviación estandar del rendimiento de la acción es constante a lo largo de la vida de la opción; por ejemplo,  $\sigma(S_t, t) = \sigma$  para todo  $t$  (se mantienen el resto de las condiciones incluidas en el punto 3 del epígrafe 3.3.2.2).

entonces, utilizando el teorema de paridad de opciones europeas en el supuesto de que las acciones no perciben dividendos (ver epígrafe 2.2.1) y la expresión (35), podemos obtener la siguiente ecuación diferencial parcial de Black y Scholes:

$$0 = \frac{1}{2} \frac{\delta^2 P}{\delta S_t^2} \sigma^2 S_t^2 + \frac{\delta P}{\delta t} + i S_t \frac{\delta P}{\delta S_t} - iP \quad (38)$$

Como podemos observar la ecuación no sufre ninguna alteración con respecto a la de valoración de una opción de

compra, dado que la diferencia se centra exclusivamente en las tres condiciones vistas arriba.

También podemos obtener la solución mediante otra aplicación del teorema de paridad entre opción de compra y de venta.

$$\begin{aligned}
 P_t &= S_t N(h) - E e^{-i r} N(h - \sigma/r) - S_t + E e^{-i r} = \\
 &= S_t (N(h) - 1) - E e^{-i r} (N(h - \sigma/r) - 1) = \\
 &= -[S_t N(-h) - E e^{-i r} N(\sigma/r - h)] \quad (39)
 \end{aligned}$$

donde,

$$h = \frac{\log \frac{S_t}{E e^{-i r}}}{\sigma/r} + \frac{1}{2} \frac{\sigma}{r} \quad (40)$$

Ahora, la sensibilidad de esta fórmula (39) puede obtenerse fácilmente derivándola respecto a sus distintos componentes:

$$\frac{\delta P}{\delta S} = N(h) - 1 = -N(-h) < 0 \quad (41a)$$

$$\frac{\delta P}{\delta E} = e^{-i r} (1 - N(h - \sigma/r)) = e^{-i r} N(\sigma/r - h) > 0 \quad (41b)$$

$$\frac{\delta P}{\delta r} = \frac{S \sigma}{2/r} N'(h) + i E e^{-i r} (N(h - \sigma/r) - 1) =$$

$$= \frac{\delta\sigma}{2/r} N'(h) - i E e^{-1r} N(\sigma/r-h) \geq 0 \quad (41c)$$

$$\frac{\delta P}{\delta\sigma} = \frac{1}{2/r} N'(h) > 0 \quad (41d)$$

$$\begin{aligned} \frac{\delta P}{\delta i} &= r E e^{-1r} (N(h-\sigma/r)-1) = \\ &= -r E e^{-1r} N(\sigma/r-h) < 0 \end{aligned} \quad (41e)$$

$$\frac{\delta^2 P}{\delta\sigma^2} = \frac{N'(h)}{\sigma/r} > 0 \quad (41f)$$

De esta forma, podemos comprobar que cuando aumenta el precio de la acción o disminuye el precio de ejercicio, el valor de la opción de venta desciende.

El efecto de la disminución del tiempo hasta el vencimiento sobre el precio de la opción de venta resulta un tanto ambiguo dado que este efecto tiene un doble componente de distinto signo. Por una parte, el valor actual del precio de ejercicio que recibe el tenedor de la opción en el vencimiento aumenta, por otra y al mismo tiempo, la probabilidad de obtener resultados favorables disminuye. El primero de estos componentes tiende a aumentar el precio de la opción de venta mientras que el segundo tiende a reducir su precio. Quizá la única conclusión que puede extraerse de la expresión (41c) es que para opciones con un largo plazo hasta su vencimiento tiene un mayor peso el primer componente, ahora bien, cuando nos aproximamos al vencimiento, el efecto dominante dependerá del ratio S/E y de otros factores.

La sensibilidad de la opción de venta a los tipos de interés tiene signo contrario que la correspondiente a la opción de compra.

Por último, la gamma de la opción, es decir, la segunda derivada del precio de la opción con respecto al precio de la acción nos muestra como cambia el ratio de cobertura ("hedge ratio") ante un cambio en el precio de la acción. Esta derivada es siempre positiva lo que nos muestra que los precios de la opción según Black y Scholes son convexos en relación con el precio de la acción. Por ejemplo, la pendiente de la línea de precio aumenta (se hace menos negativa) conforme aumenta el precio de la acción.

El ratio de cobertura nos muestra que el número de acciones de la cartera, necesario para que esté perfectamente cubierta cada opción que compremos en el período  $(t, t+\delta t)$ , se sitúa entre -1 y 0.

En cuanto a la elasticidad de la opción de venta, que viene dada por la expresión  $\mu_p = (\delta P/\delta S)(S/P)$ , puede obtenerse fácilmente a partir de la expresión (39) que  $\mu_p < 0$ . De aquí que el rendimiento de la opción de venta pueda ser más o menos volátil que el rendimiento de las acciones porque:

$$\mu = H \frac{S_t}{P_t} = \frac{\delta P_t}{\delta S_t} \frac{S_t}{P_t}$$

$$\frac{\delta P}{P_t} = \frac{\delta P_t}{\delta S_t} \frac{S_t}{P_t}$$

$$\frac{\delta P}{S_t}$$

Considerando el desarrollo de Taylor:

$$\frac{\delta P}{P_t} = \frac{\frac{\delta P_t}{\delta t} \delta t + \frac{\delta P_t}{\delta S_t} \delta S + \frac{1}{2} \frac{\delta^2 P_t}{\delta S_t^2} \sigma^2 S_t^2 \delta t}{C_t} + 0(\delta t)$$

$$\begin{aligned} \text{Var} \frac{\delta P}{P_t} &= \text{Var} \frac{H\delta S}{P_t} + 0(\delta t) = \mu_p^2 \text{Var} \frac{\delta S}{S_t} + 0(\delta t) = \\ &= \mu_p^2 \sigma^2 \delta t \end{aligned}$$

La beta de la opción de venta tiene signo contrario al de la opción de compra y puede ser en términos absolutos mayor o menor que la beta de la acción ya que:

$$\beta_p = \mu_p \beta_s$$

Si consideramos ahora el ajuste por dividendos en la fórmula de Black y Scholes para una opción de venta europea, suponiendo que los dividendos son ciertos, tendríamos que:

$$P_M = P(S_t - d_1 e^{-ir_1} - d_2 e^{-ir_2}, t; i, \sigma, T, E)$$

Por último, sólo comentar que la técnica binomial también nos permitiría la valoración de estas opciones, bastaría plantear:

$$P \begin{cases} P_a = \max. (0, E-aS), \text{ con probabilidad } q \\ P_b = \max. (0, E-bS), \text{ con probabilidad } 1-q \end{cases}$$

y repetir el proceso analizado en el epígrafe 3.4.4., sin embargo, omitimos el desarrollo (Cox, Ross, Rubinstein, 1979: 258-261).

### 3.5.2.- Opciones de venta americanas.

Para el caso que ahora nos ocupa, el modelo de Black-Scholes no ofrece una solución cerrada por ello vamos a analizar en lo que sigue el modelo propuesto por Brennan y Schwartz (1977: 449): "un algoritmo para resolver el problema de valoración de opciones de venta cuando ésta tiene una vida finita y pueda o no estar protegida contra el pago de dividendos de las acciones", dado que, en muchas ocasiones, si el tenedor de una opción europea pudiera ejercitarla antes del vencimiento sin duda que lo haría. Vamos a analizar en lo que sigue estas situaciones.

Supongamos que  $P$  es el precio de la opción de venta europea y  $C$  el correspondiente a la opción de compra europea. Ambas opciones tienen por activo subyacente acciones que no reciben dividendos y suponemos que el tipo de interés de los activos sin riesgo es conocido y constante durante la vida de la opción e igual a  $i$  por unidad de tiempo:

$$B(t, r) = e^{-ir}, \quad r = T-t$$

De la relación de paridad entre opciones de compra y de venta tenemos que:  $C_t = P_t + S_t - Ee^{-ir}$

Además sabemos que  $S_t \geq C_t$ , de aquí que:

$$S_t \geq P_t + S_t - Ee^{-ir}, \text{ o lo que es lo mismo:} \\ Ee^{-ir} \geq P_t, \text{ para todo } t$$

Es decir, el valor máximo de una opción de venta es su precio de ejercicio que, en el marco de opciones europeas, no puede percibirse hasta el vencimiento. De aquí que el valor de la opción de venta no pueda ser superior al valor actual del precio de ejercicio.

Ahora podemos representar las líneas de valoración típicas para una opción europea a lo largo del tiempo tal y como muestra la figura 3.4.

En primer lugar hay que tener en cuenta que cuando  $r$  (el período hasta el vencimiento) es grande:

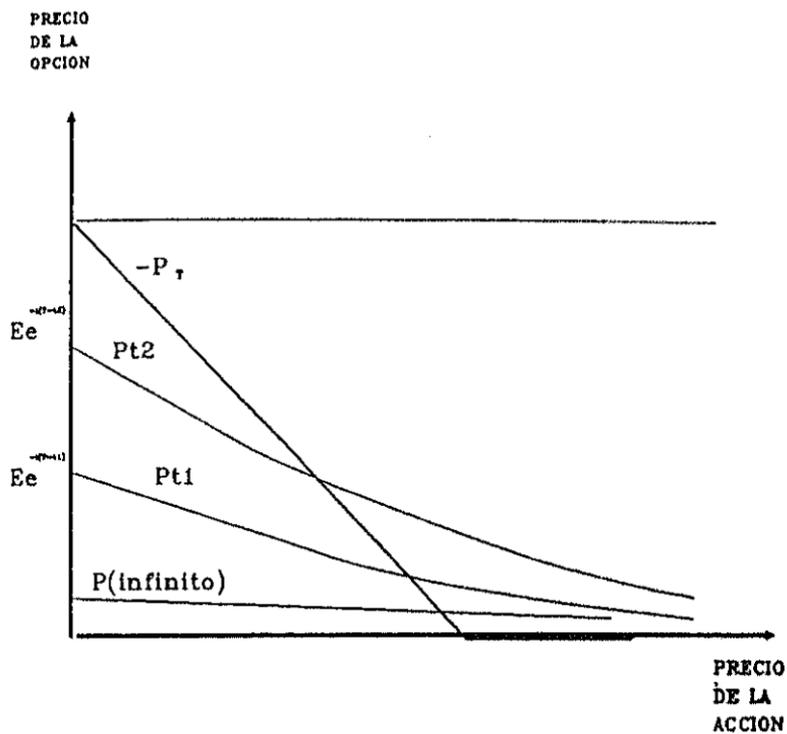
$$\lim_{r \rightarrow \infty} Ee^{-ir} = 0 \geq P_t \geq 0$$

(por ejemplo: supuesta una hipotética opción de venta europea perpétua su valor sería nulo).

Esta línea es la que aparece en la figura 3.4 paralela al eje de abscisas. Conforme nos aproximamos al vencimiento la línea del valor de la opción se desplaza hacia arriba y cuando  $S_t = 0$ , corta el eje de ordenadas en el punto  $Ee^{-ir}$ . Si pasa más tiempo, la línea de valor se desplaza hacia arriba cada vez con mayor pendiente incluso la parte derecha y de mayor amplitud de la línea de valor empieza a descender. En el vencimiento, la línea coincide con el límite representado con el trazo grueso,  $\max\{E - S_T, 0\}$ . Ahora la línea de valor corta el eje de ordenadas en el punto  $E$ .

Este movimiento complejo explica el porqué el efecto del tiempo para opciones europeas sobre la fórmula de Black-Scholes no puede señalizarse.

Figura 3.4  
Valor de una opción de venta europea



Creemos que la figura 3.4 deja patente porqué debe considerarse el ejercicio anticipado para las opciones americanas, ya que cada una de las líneas de valor de las opciones europeas cortan antes del vencimiento el límite de arbitraje. En otras palabras, para todo  $t$  previo al vencimiento existe un precio de la acción  $S_{tM}$  tal que si el precio de la acción cae por debajo de este  $S_{tM}$ , entonces el tenedor "racional" de una opción de venta europea saldría beneficiado ejercitando la opción (si fuera posible). Por esta razón, existe una probabilidad positiva de que la opción de venta americana se ejercite antes de su vencimiento y, por lo tanto, su valor será superior al de la correspondiente europea.

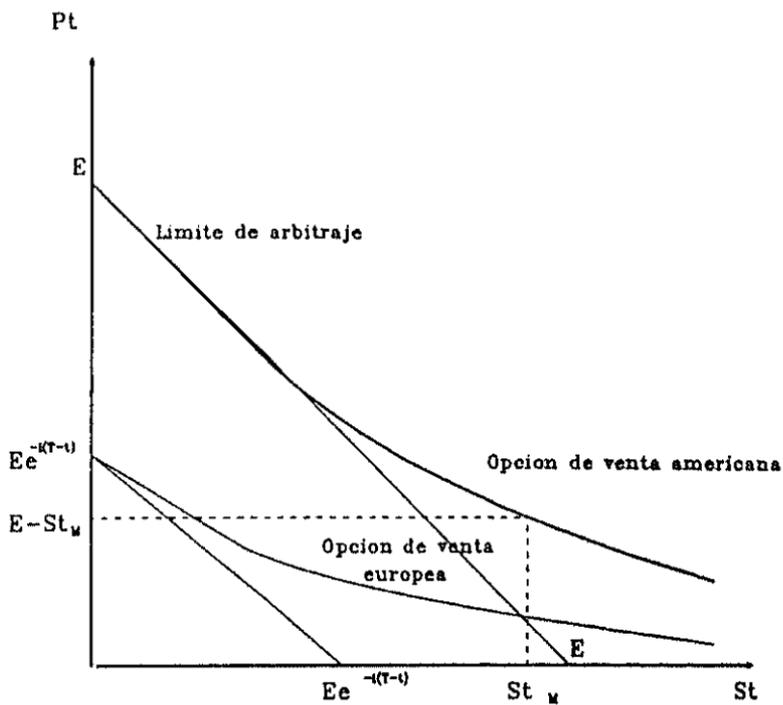
En la figura 3.5 se observan las líneas de valor para una opción de venta europea y otra americana.

La línea correspondiente a la opción europea se sitúa por debajo de la americana. Además esta última coincide con el límite de arbitraje en el vencimiento para precios de las acciones inferiores a  $S_{tM}$ , que es el precio óptimo de la acción para el ejercicio anticipado.

Al igual que para las opciones de compra americanas, el pago de dividendos tiene una gran influencia sobre el ejercicio anticipado de las opciones de venta americanas.

En un trabajo de Geske y Shastri (1983) se muestra como el efecto de los dividendos sobre las opciones de venta es justo el contrario al de las opciones de compra. Estos autores sugieren que el mayor valor de las opciones de venta americanas, por su posibilidad de ejercicio anticipado, respecto a las europeas no es tan grande para las opciones sobre acciones que reciben dividendos que para aquellas otras sobre acciones que no los perciben.

Figura 3.5  
 Valor de una opcion de venta europea y otra americana



Para la valoración de las opciones de venta americanas suponemos que se dan las siguientes hipótesis:

- 1) Los mercados de opciones, bonos y acciones son perfectos.
- 2) El tipo de interés de los activos sin riesgo es conocido y constante durante la vida de la opción e igual a  $i$  por unidad de tiempo.
- 3) La acción no recibe dividendos:  $D(S_t, t) = 0$ .
- 4) La desviación estandar del rendimiento de la acción es constante a lo largo de la vida de la opción; por ejemplo,  $\sigma(S_t, t) = \sigma$  para todo  $t$  (se mantienen el resto de las condiciones incluidas en el punto 3 del epígrafe 3.3.2.2.).

Con estos supuestos hemos visto en el epígrafe 3.5.1. que se mantiene la siguiente ecuación diferencial parcial fundamental:

$$0 = \frac{1}{2} \frac{\delta^2 P}{\delta S_t^2} \sigma^2 S_t^2 + \frac{\delta P}{\delta t} + i S_t \frac{\delta P}{\delta S_t} - iP$$

Sin embargo, en esta ocasión las condiciones de contorno no coinciden ya que requieren un ajuste por la posibilidad de ejercitar la opción antes de su vencimiento:

$$P_T = \max. (E - S_T, 0)$$

$$P_t \geq \max. (E - S_t, 0), \text{ para todo } t \leq T$$

$$0 \leq t \leq T$$

$$0 \leq S_t < \infty$$

Desafortunadamente esta ecuación diferencial parcial no tiene ninguna solución cerrada conocida, por ello, debe resolverse a través de métodos numéricos aproximados.

Hasta el momento, los cuatro procedimientos más relevantes para la solución de esta ecuación diferencial que permiten valorar las opciones de venta americanas son los siguientes:

- Método de integración numérica de Parkinson (1977: 21-36).
- Método de diferencias finitas de Brennan-Schwartz (1977: 449-62).
- Procedimiento binomial propuesto por Cox, Ross y Rubinstein (1979: 229-63).
- Aproximación polinómica de Geske y Johnson (1982).

Analícemos a continuación, aunque sea muy brevemente, en que consisten estos procedimientos.

#### • Método de Parkinson.

Este autor propone la generalización del enfoque de opciones pseudo-americanas. Para ello asume que la opción sólo puede ejercitarse en determinados instantes de tiempo  $t_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ , donde  $t_N = T$ , la fecha de vencimiento de la opción de venta. En el límite, cuando  $n \rightarrow \infty$ , la opción de venta pseudo-americana tiende a la verdadera o auténtica opción de venta americana.

En el instante  $t_{N-1}$ , este autor recurre al argumento de neutralidad ante el riesgo para obtener que:

$$P(S, t_{N-1}) = \max \left[ e^{-i(T-t_{N-1})} E \left[ \max(E-S_T, 0) \right], E-S_{t_{N-1}} \right]$$

Una vez que hemos calculado el valor de  $P(S, t_{N-1})$  podemos utilizarlo como parte de la condición de contorno para la valoración del precio de la opción de venta en el instante  $t_{N-2}$ :

$$P(S, t_{N-2}) = \max \left[ e^{-i(t_{N-2}-t_{N-1})} E \left[ P(S, t_{N-1}) \right], E-S_{t_{N-2}} \right]$$

De esta forma obtendríamos el valor de la opción de venta americana iterando sucesivamente hasta llegar a  $t$ .

#### • Método de diferencias finitas.

Para obtener el valor de la opción, Brennan y Schwartz se sirven de una aproximación discreta de la ecuación diferencial parcial continua. En esencia se trata de sustituir las derivadas parciales por diferencias finitas lo que conduce a transformar la ecuación diferencial en una ecuación de diferencias finitas.

Así, por ejemplo:

$$P(S, t) = P(ih, jk) = P_{ij}$$

donde "h" y "k" son incrementos discretos del precio de la acción y del tiempo, e "i" y "j" son variables indiciadas, tales que, cada una toma el valor de entre los rangos siguientes ( $1 \leq i \leq i_{\max}$  y  $1 \leq j \leq j_{\max}$ ), el precio de la acción se sitúa entre los valores mínimos y máximos y la variable tiempo va desde el momento actual hasta el vencimiento de la opción (Brennan, Schwartz, 1978: 461-74).

Veamos como se obtendría el modelo. Suponemos, en primer lugar que entre las fechas en que se pagan dividendos el precio de la acción sigue un proceso estocástico:

$$\frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dZ \quad (42)$$

donde  $dZ$  es un proceso Gauss-Wiener. Después asumimos que el valor de la opción de venta sigue la siguiente ecuación diferencial parcial, ya estudiada:

$$\frac{1}{2} \sigma^2 S^2 P_{SS} + \mu S P_S - r P + P_t = 0 \quad (43)$$

Además,  $P(S,t)$  debe cumplir otras condiciones de contorno:

$$P(S,T) = \max(E_T - S, 0) \quad (44)$$

El valor de la opción de venta en su vencimiento será:

$$P(S,t) \geq \max(E_t - S, 0) \quad (45)$$

Y dado que la posibilidad de ejercitar anticipadamente la opción evita que su precio caiga por debajo del precio de ejercicio:

$$P(S,t) \leq E_t \quad (46)$$

(siempre que el precio de ejercicio no sea función decreciente con el tiempo hasta el vencimiento).

Por supuesto tenemos que:

$$P(S, t) \geq 0 \quad (47)$$

También sabemos que el valor de una opción de venta es una función convexa del precio de la acción. Si hacemos explícito el valor de la opción como función del precio de la acción y del precio de ejercicio, el precio de la opción de venta debe cumplir que :

$$L P(S_1, E) + (1-L) P(S_2, E) \geq P(LS_1 + (1-L)S_2, E) \quad (48)$$

$$0 \leq L \leq 1$$

Haciendo  $S_1 = h_1 E$ ,  $S_2 = h_2 E$ , sustituimos en (48):

$$L P(h_1 E, E) + (1-L) P(h_2 E, E) \geq P(Lh_1 E + (1-L)h_2 E, E) \quad (49)$$

Si asumimos que el precio de la opción es una función homogénea de grado uno del precio de la acción y del precio de ejercicio, entonces (49) será equivalente a:

$$(50)$$

$$Lh_1 P\left[E, \frac{E}{h_1}\right] + (1-L)h_2 P\left[E, \frac{E}{h_2}\right] \geq (Lh_1 + (1-L)h_2) P\left[E, \frac{E}{Lh_1 + (1-L)h_2}\right]$$

Si se forma una cartera con  $Lh_1$  opciones de venta y precio de ejercicio  $E/h_1$  y con  $(1-L)h_2$  opciones de venta y precio de ejercicio  $E/h_2$ , el valor de esta cartera cuando  $S=E$  viene dada por la parte izquierda de la desigualdad (50). Análogamente la parte derecha de esta desigualdad es el valor de una cartera formada por  $(Lh_1 + (1-L)h_2)$  opciones de venta con precio de ejercicio  $E/(Lh_1 + (1-L)h_2)$ , cuando  $S=E$ .

Seguendo el criterio de Clifford W. Smith (1976: 3-51) se muestra que el rendimiento de la primera de estas carteras tiene dominio de primer grado sobre el rendimiento de la segunda. Las dos condiciones de contorno (4) y (5) y la convexidad del precio de la opción nos permite obtener la siguiente expresión:

$$\lim_{S \rightarrow \infty} P_S(S, t) = 0 \quad (51)$$

"Como la opción de venta es una función del precio de la acción, puede verse que el precio de equilibrio de la opción de venta es una función creciente con el grado de riesgo de la acción" (Brennan, Schwartz; 1977: 451).

Por último, la existencia de pago de dividendos y de cambios en el precio de ejercicio hace necesaria la inclusión de una nueva condición de contorno. Así, si suponemos que en el momento  $t$  se produce un cambio en el precio de ejercicio y se paga un dividendo de carácter discreto  $D_t$ , entonces el valor de la opción de venta sería:

$$P(S, t^-) = \max.(E_{t^-} - S, P(S - D_t, t^+)) \quad (52)$$

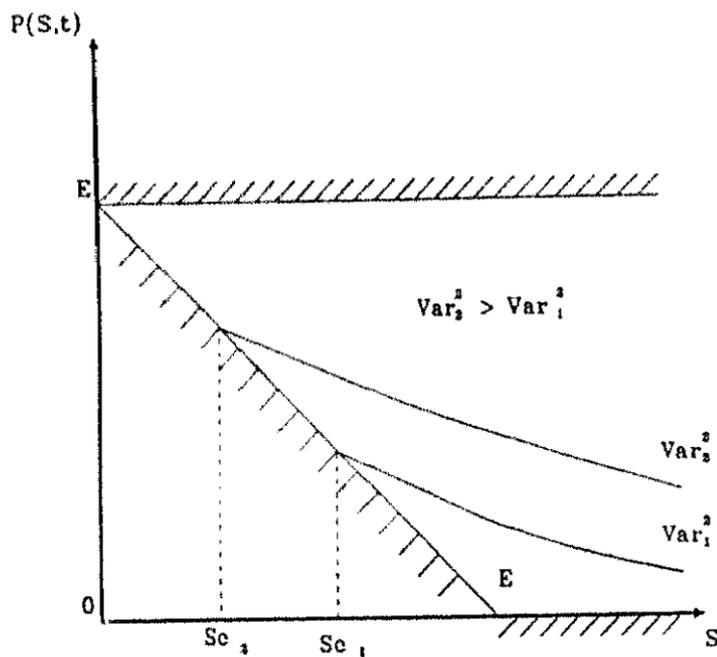
$t^-$  un momento antes del cambio del precio de ejercicio y del pago de dividendo.

$t^+$  un instante después del cambio del precio de ejercicio y del pago de dividendo.

$P(S, t^+)$  valor de la opción de venta cuando el precio de ejercicio pasa a ser  $E_t^+$ .

Esta última ecuación nos dice que el valor de la opción antes del cambio del precio de ejercicio y del pago de dividendo es el máximo del valor de ejercicio inmediato

Figura 3.6  
Relacion entre el precio de la opcion de venta  
y el precio de la accion



( $E_t - S$ ) y del valor tras el cambio del precio de ejercicio y del pago de dividendo  $P(S - D_t, t^+)$ .

Ahora ya estamos en condiciones de intentar resolver la ecuación diferencial siguiente, sujeta a las restricciones (44), (45), (46), (47), (51) y (52).

$$\frac{1}{2} \sigma^2 S^2 P_{SS} + i S P_S - i P + P_r = 0$$

donde nos hemos limitado a sustituir  $r = T - t$ .

Si tomamos diferencias finitas en vez de derivadas parciales tenemos que:

$$(53) \quad a_g P_{g-1,j} + b_g P_{g,j} + c_g P_{g+1,j} = P_{g,j-1}$$

$$g = 1, \dots, (n-1); \quad j = 1, \dots, m$$

donde,

$$a_g = \frac{1}{2} i E_g - \frac{1}{2} \sigma^2 E_g^2$$

$$b_g = 1 + iE + \sigma^2 E_g^2$$

$$c_g = -\frac{1}{2} i E_g - \frac{1}{2} \sigma^2 E_g^2$$

$$P(S, r) = P(S_g, r_j) = P(gh, jk) = P_{g,j}$$

"h" y "k" son los incrementos discretos del precio de la acción y el periodo de tiempo hasta el vencimiento, respectivamente.

"m" y "n" son el número de incrementos discretos en el periodo de tiempo hasta el vencimiento y en el precio de la acción, respectivamente.

Este método de diferencias finitas ha sido utilizado y comprobado en numerosos estudios de matemáticas, física e ingeniería. Los índices de eficiencia, estabilidad y convergencia para la mayoría de sus aplicaciones se han mostrado más que aceptables.

• Procedimiento binomial.

Sólo añadir a este método, ya comentado, que la única nueva restricción que se debe incluir para valorar una opción de venta americana es que, en el vencimiento, su signo debe ser contrario al correspondiente a la opción de compra (ver epígrafe 3.4.4).

• Aproximación polinómica de Geske-Johnson.

Estos autores han intentado examinar el proceso que siguen el precio de las acciones y el valor de las opciones de venta en puntos discretos en el tiempo.

En cada uno de estos puntos, se producirá un beneficio si y sólo si:

- 1) El precio de las acciones está por debajo del precio crítico de la acción para su ejercicio anticipado en esa fecha y,
- 2) La opción de venta no se ha ejercitado anteriormente.

En definitiva, mediante la aproximación sucesiva de los puntos discretos podemos considerar una opción de venta americana como un conjunto infinito de derechos contingentes. En cada momento el inversionista recibe un rendimiento contingente en función de que:

- 1) la opción de venta tenga un valor intrínseco positivo y,
- 2) la opción no se haya ejercitado con anterioridad.

"Este enfoque supone que la opción de venta americana puede expresarse como una serie infinita de opciones de venta europeas compuestas. En cada instante sucesivo del tiempo el número de contingencias se incrementa en uno, como también lo hacen el número de opciones sobre opciones, llegando a formar una serie infinita de funciones de distribución normal de orden más elevado" (Jarrow y Rudd, 1983: 223).

El único inconveniente que presenta este método, que por otra parte se muestra razonablemente preciso y resistente, es que no facilita la inclusión de los dividendos.

En resumen, podemos concluir que aunque la similitud entre opciones de compra y de venta americanas es muy significativa, sin embargo, existen mayores dificultades para la valoración de las segundas. Esto se debe a que no existe, por el momento, ninguna solución cerrada para valorar estas opciones incluso en el supuesto de que la acción subyacente no reciba dividendos. Por ello, resulta necesario apelar a procedimientos numéricos que nos permitan obtener una solución aproximada.

### 3.6.- QUE MODELO SE DEBE ELEGIR.

En este capítulo hemos intentado sintetizar y sistematizar el "state of the art" en cuanto a modelos de valoración de opciones, analizando los más importantes. Ahora bien, determinar cuál de ellos es el mejor no es tarea sencilla y lo que es más, la exactitud y los beneficios de un modelo dependerá en gran medida del uso que de él se haga. Así, al analizar el campo de las opciones sobre acciones tendremos que determinar a priori que tipo de proceso siguen los precios de éstas. Ahí es donde se concentran las principales dificultades para valorar las opciones financieras, ya que no existe una respuesta universal que nos resuelva qué proceso siguen los precios de las acciones y, en consecuencia, no existe tampoco un modelo universal de valoración de opciones sobre acciones.

Quizás ésta sea la razón por la que muchos inversionistas prefieren el modelo de Black Scholes frente a los demás, ya que, a su juicio, el grado de aproximación que se logra con otros modelos no compensa la complejidad de su obtención.

Sin embargo, se nos ocurren dos argumentos de gran peso en contra esta opinión. En primer lugar, son aquellos inversionistas que conocen mejor su entorno los que obtienen más pingües beneficios, por ello en un mercado razonablemente eficiente, son ellos los beneficiados de los rendimientos "extras", ya que entienden y obtienen ventajas en el entorno específico mejor que sus competidores.

En otras palabras, cuanto mejores sean los modelos que se utilicen y los parámetros estimados, mejores serán las decisiones adoptadas y, en definitiva, se obtendrán

mayores beneficios. De esta forma, los inversionistas contribuyen a la mayor eficiencia del mercado que, de momento, parece ser la mejor forma de asignación de recursos.

En segundo lugar, y de más interés para continuar con el presente estudio, hay que tener en cuenta que la valoración de opciones sobre acciones constituye un caso particular dentro de la teoría de valoración de opciones, pero son muy variadas las opciones que se desean valorar y no nos referimos únicamente a las opciones sobre instrumentos financieros sino también a aquellas otras opciones estratégicas que posee la empresa y que proponemos estudiar en el siguiente capítulo. Lo que ya sí podemos afirmar, a esta altura del estudio, es que el modelo de Black y Scholes es, a todas luces, insuficiente para asimilar las características que presentan los distintos activos subyacentes.

Obviamente, el avanzar en el grado de generalización de un modelo no supone siempre una ventaja, ya que persistirá ese "trade-off" entre aumentar el esfuerzo requerido para estimar otro conjunto de parámetros o aumentar la exactitud del modelo.

Para concluir, sólo comentar que en la actualidad, y para el caso de opciones sobre acciones, los modelos más utilizados por los inversionistas son: la fórmula de la opción de compra europea de Black y Scholes con ajuste de dividendos (ver epígrafe 3.3.4.) y la fórmula de la opción de venta europea de Black y Scholes con ajuste de dividendos (ver epígrafe 3.5.1) incluso para valorar opciones americanas. En orden de importancia y popularidad les sigue el modelo binomial de valoración de opciones (ver epígrafe 3.4.4).

## CAPITULO 4:

### LAS OPCIONES ESTRATEGICAS EN LA EMPRESA.

4.1.- Introducción.

4.2.- Concepto y tipología de las opciones estratégicas

4.2.1.- Opciones de flexibilidad.

4.2.2.- Opciones de crecimiento.

4.3.- Valoración de las opciones de flexibilidad.

4.3.1.- Opción a abandonar un proyecto.

4.3.2.- Opción a asignar activos con riesgo a un nuevo proyecto.

4.3.3.- Opción a parar temporalmente la producción.

4.3.4.- Opción a expandir o contraer el nivel de producción.

4.4.- Valoración de las opciones de crecimiento.

4.4.1.- Opción a esperar antes de invertir.

4.4.2.- Opción sobre el mínimo o el máximo de dos activos.

4.5.- Las opciones y las estrategias competitivas genéricas.

4.6.- Una propuesta de metodología.

#### 4.1.- INTRODUCCION

En el primer capítulo de este trabajo, hemos comprobado que existen numerosas dificultades a la hora de valorar determinados aspectos cualitativos de las empresas con los métodos de valoración y selección de inversiones. Como resumen, podemos concluir que esto es así por los siguientes motivos (Gil, 1988: 24):

- 1) Estos métodos no evalúan la parte del proyecto que no se traduce en flujos de caja: son proyectos que conllevan unas opciones o unas oportunidades de crecimiento en el futuro.
- 2) No contemplan la interacción entre las inversiones de hoy y las oportunidades de futuro que pueden generar.
- 3) Resulta difícil valorar aquellas inversiones que incorporan fuertes dosis de flexibilidad.

Ante estos problemas, la teoría de valoración de opciones ha intentado aportar soluciones que, aunque todavía no están resueltas de forma satisfactoria, tanto en sus aspectos teóricos como prácticos, al menos ofrecen un marco global para realizar el análisis de inversiones de manera consistente. Este enfoque tiene en cuenta, tanto los activos existentes como las posibilidades de crecimiento dentro de la empresa, algo que las técnicas tradicionales han dejado de lado.

Sin embargo,

"La sofisticación de este enfoque, el nivel de preparación requerido y su temprana incorporación a la evaluación de proyectos, son hechos que justifican plenamente el que esta forma de evaluar no se encuentre más generalizada" (Esteban, 1989:70).

La posibilidad de incluir el valor de todas las opciones intangibles dentro del valor de una empresa nos hace ser más optimistas por cuanto pensamos que la OPT puede contribuir a la racionalización del proceso de toma de decisiones y, en definitiva, a integrar los enfoques financiero y estratégico dentro de la empresa.

Por ello, el objeto de este capítulo es mostrar algunas de las opciones estratégicas con las que cuentan muchas empresas, intentando arrojar luz en su tipología, sus características intrínsecas y en los modelos de valoración específicos para este tipo de opciones. El análisis realizado en los capítulos segundo y tercero nos será de gran utilidad y nos permitirá centrarnos con mayor detalle en los factores que determinan el valor de estas opciones.

Este capítulo constituye, por otra parte, un marco de referencia para realizar cualquier estudio empírico como el que se acomete en la parte II de este estudio y, en consecuencia, intenta ofrecer la metodología para su incorporación en los sistemas de valoración y en las grandes estrategias empresariales.

#### 4.2.- CONCEPTO Y TIPOLOGIA DE LAS OPCIONES ESTRATEGICAS

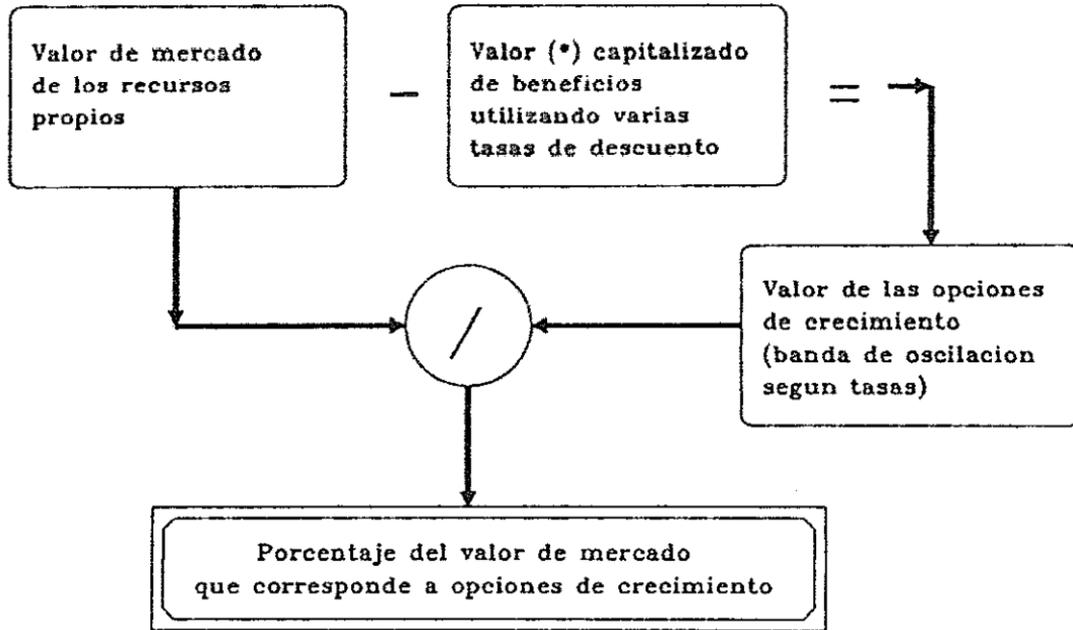
Por analogía a las opciones financieras, podríamos definir las opciones estratégicas como aquellas que proporcionan a su poseedor el derecho a invertir capital en activos productivos a un precio fijo y predeterminado (el precio de ejercicio) y "con anterioridad" o "en" un fecha fija (la fecha de vencimiento). El coste de la inversión representa su precio de ejercicio. En este caso, el activo subyacente "es el valor actual de los flujos de caja más el valor de cualquier nueva oportunidad de crecimiento esperado que provenga de la propiedad o de la utilización de los activos" (Kester, 1984: 154).

Por último, el tiempo disponible hasta el vencimiento es el período en el que se mantiene vigente esa oportunidad de inversión.

Si deseamos evaluar la importancia que las opciones estratégicas tienen en la empresa, bastaría verificar la diferencia que existe entre el valor total de mercado de los recursos propios de una empresa y el valor actual del flujo de sus beneficios (ver figura 4.1).

Como podemos observar en los siguientes cuadros referidos a las empresas españolas que cotizan en bolsa, el porcentaje de su valor de mercado que reflejan las opciones de crecimiento (para distintas tasas de actualización) es realmente significativo y de media superior al 50%.

Figura 4.1



(\*) Considerando los beneficios como renta perpetua

SECTOR	(29/6/1990)	BENEFICIOS VALOR CAPITALIZADO DE LOS BENEFICIOS VALOR ESTIMADO DE LAS			OPCIONES DE CRECIMIENTO			PORCENTAJE DEL VALOR DE MERCADO QUE SUPONEN LAS			
	CAPITALIZACION	PREVISTOS	(MILL. pts)		OPCIONES DE CRECIMIENTO			OPCIONES DE CRECIMIENTO			
	BURSATIL	1990 (**)	15%	20%	25%	15%	20%	25%	15%	20%	25%
Empresa	(MILL. pts)	(MILL. pts) (**)									
<b>1. BANCOS</b>											
Andalucia	45,903	6,797	45,313	33,985	27,188	590	11,918	18,715	1X	26X	41X
Atlantico	60,329	6,490	43,267	32,450	25,960	17,062	27,879	34,369	28X	46X	57X
Banesto	390,502	42,232	281,547	211,160	168,928	108,955	179,342	221,574	28X	46X	57X
Bankinter	163,474	18,107	120,713	90,535	72,428	42,760	72,939	91,046	26X	45X	56X
Bilbao-Vizcaya	854,187	108,065	720,433	540,325	432,260	133,753	313,862	421,927	16X	37X	49X
Castilla	24,908	4,375	29,167	21,875	17,500	(4,259)	3,033	7,408	-17X	12X	30X
Central	483,819	49,969	333,127	249,845	199,876	150,692	233,974	283,943	31X	48X	59X
Exterior	196,740	12,610	84,067	63,050	50,440	112,674	133,690	146,300	57X	68X	74X
Fomento	23,842	2,484	16,560	12,420	9,936	7,282	11,422	13,906	31X	48X	58X
Herrero	35,147	5,619	37,460	28,095	22,476	(2,313)	7,052	12,671	-7X	20X	36X
Hispano	276,286	39,186	261,240	195,930	156,744	15,046	80,356	119,542	5X	29X	43X
Pastor	57,409	4,209	28,060	21,045	16,836	29,349	36,364	40,573	51X	63X	71X
Popular	274,206	38,195	254,633	190,975	152,780	19,573	83,231	121,426	7X	30X	44X
Progreso	22,883	2,806	18,707	14,030	11,224	4,176	8,853	11,659	18X	39X	51X
Santander	528,771	54,078	360,520	270,390	216,312	168,251	258,381	312,459	32X	49X	59X
Zaragozano	52,238	4,884	32,560	24,420	19,536	19,678	27,818	32,702	38X	53X	63X
<b>2. ELECTRICAS</b>											
Agua Barba	91,597	1,950	13,000	9,750	7,800	78,597	81,847	83,797	86X	89X	91X
Catalana de Gas	130,501	7,214	48,093	36,070	28,856	82,408	94,431	101,645	63X	72X	78X
Endesa	673,415	79,263	528,420	396,315	317,052	144,995	277,180	356,363	22X	41X	53X
Enher	76,112	6,143	40,953	30,715	24,572	35,158	45,397	51,560	46X	60X	68X
Gas y Electric.	37,034	4,856	32,375	24,280	19,424	4,461	12,754	17,610	13X	34X	48X
Hidrocanabrico	61,056	4,967	33,113	24,835	19,868	27,942	36,221	41,188	46X	59X	67X
Hidroala	229,559	22,559	150,393	112,795	90,236	79,166	116,764	139,323	34X	51X	61X
Iberdrola	335,351	25,759	171,727	128,795	103,036	163,624	206,556	232,315	49X	62X	69X
Sevillana	132,981	12,695	84,633	63,475	50,780	48,347	69,506	82,201	36X	52X	62X
Union Fenosa	145,531	12,926	86,173	64,630	51,704	59,358	80,901	93,827	41X	56X	64X
Viesgo	60,641	3,842	25,613	19,210	15,368	35,628	41,431	45,273	58X	68X	75X

SECTOR	1994/1993	BENEFICIOS	VALOR CAPITALIZADO DE LOS BENEFICIOS		VALOR ESTIMADO DE LAS			PORCENTAJE DEL			
	CAPITALIZACIÓN	PREVISIONE	(M\$ mil. pes)		OPCIONES DE CRECIMIENTO			DE MERCADO QUE SUSP			
	BURSALIZ	1993 (**)	15%	20%	25%	15%	20%	25%	OPCIONES DE CREC		
Empres	(M\$ mil. pes)	(M\$ mil. pes) (***)							15%	20%	25%
<b>3. ALIMENTACION</b>											
AzuCARERA	47,712	2,405	10,053	12,025	9,620	31,670	35,627	30,092	64%	75%	80%
C.A.I.	4,842	475	2,833	2,125	1,700	2,000	2,717	3,342	41%	56%	65%
CompoFro	45,077	5,764	25,107	10,030	15,094	39,971	46,247	50,013	61%	71%	77%
Cia Ind. Agric.	45,431	3,902	26,013	19,510	15,600	19,418	25,021	29,823	43%	57%	66%
Ebco	123,806	9,006	60,040	45,030	36,024	43,766	70,776	87,702	52%	64%	71%
El Aguila	30,743	1,940	12,933	9,700	7,760	17,829	21,043	23,003	50%	60%	75%
Koopa	21,730	1,652	11,013	8,260	6,608	10,737	13,490	15,142	49%	62%	70%
Pactuel Unos.	10,212	1,160	7,767	5,825	4,660	2,445	4,387	5,552	24%	43%	54%
San Niquel	72,430	2,425	16,833	12,625	10,100	55,617	59,825	62,350	77%	83%	86%
Savin	16,093	895	5,967	4,475	3,500	10,927	12,418	13,313	65%	74%	79%
Tabacalera	154,474	12,887	85,913	64,435	51,548	68,561	90,039	102,926	44%	50%	67%
Uniasa	21,216	1,100	7,333	5,500	4,400	13,802	15,716	16,816	65%	74%	79%
Union Carveera	8,210	1,079	7,195	5,395	4,316	1,016	2,815	3,894	12%	34%	47%
Viscofan	48,825	2,608	17,987	13,490	10,792	30,838	35,335	38,033	63%	72%	78%
<b>4. MATERIALES DE CONSTRUCCION</b>											
Asland Cataluna	43,672	3,069	20,440	15,345	12,274	43,212	48,327	51,396	68%	76%	81%
Asland	225,403	11,993	79,953	59,965	47,972	145,450	165,438	177,431	65%	73%	79%
Cristaleria	154,151	7,039	46,927	35,195	28,156	107,224	118,956	125,995	70%	77%	82%
Fin. y Minera	70,575	2,477	16,513	12,380	9,908	54,362	58,490	60,967	77%	83%	86%
Uralita	116,730	8,254	55,027	41,270	33,016	61,703	75,460	83,714	53%	65%	72%
Valderrivas	140,630	6,524	43,495	32,620	26,096	105,157	116,030	122,554	71%	78%	82%
Valenc.Cementos	198,482	8,662	57,747	43,310	34,648	140,735	155,172	163,834	71%	78%	83%

SECTOR	(29/6/1990)	BENEFICIOS VALOR CAPITALIZADO DE LOS BENEFICIOS VALOR ESTIMADO DE LAS			OPCIONES DE CRECIMIENTO					PORCENTAJE DEL VALOR DE MERCADO QUE SUPONEN LAS OPCIONES DE CRECIMIENTO		
	CAPITALIZACION BORSATIL	PREVISTOS 1990 (*)	(Mill. pts)									
	(Mill. pts)	(Mill. pts) (**)	15%	20%	25%	15%	20%	25%	15%	20%	25%	
<b>5. CONSTRUCCION</b>												
Cubiertas HZOV	83,240	2,978	19,853	14,890	11,912	63,387	68,350	71,328	76%	82%	86%	
Dragados	114,629	7,678	51,187	38,390	30,712	63,442	76,239	83,917	55%	67%	73%	
Focsa	118,668	2,764	18,427	13,820	11,056	100,241	104,848	107,612	84%	88%	91%	
Imob. Alcazar	5,179	968	6,320	4,740	3,792	(1,141)	439	1,387	-22%	8%	27%	
Macosa	11,184	5,790	38,600	28,950	23,160	(27,416)	(17,766)	(11,976)	-245%	-159%	-107%	
Renta Inmobil.	39,118	1,688	11,253	8,440	6,752	27,864	30,678	32,366	71%	78%	83%	
Urbia	48,412	6,889	45,927	34,445	27,554	2,485	13,967	20,856	5%	29%	43%	
Vallermoso	92,268	4,167	27,780	20,835	16,668	64,488	71,433	75,600	70%	77%	82%	
<b>6. BIENES DE EQUIPO</b>												
Acerinox	84,750	6,914	46,093	34,570	27,656	38,657	50,180	57,094	46%	59%	67%	
Asturiana Zinc	72,534	5,642	37,613	28,210	22,568	34,921	44,324	49,966	48%	61%	69%	
Cobra	15,279	1,188	7,920	5,940	4,752	7,359	9,339	10,527	48%	61%	69%	
Duro Feiguera	18,888	1,404	9,360	7,020	5,616	9,528	11,868	13,272	50%	63%	70%	
Finanzaute	34,368	2,203	14,687	11,015	8,812	19,681	23,353	25,556	57%	68%	74%	
Tafisa	15,478	1,170	7,800	5,850	4,680	7,678	9,628	10,798	50%	62%	70%	
Turbacex	17,819	3,300	22,000	16,500	13,200	(4,181)	1,319	4,619	-23%	7%	26%	
Vidrala	11,171	1,310	8,733	6,550	5,240	2,438	4,621	5,931	22%	41%	53%	
Zardoya Otis	66,518	3,709	24,727	18,545	14,836	41,791	47,973	51,682	63%	72%	78%	
<b>7. AUTOPISTAS</b>												
Acesa	144,597	17,142	114,280	85,710	68,568	30,317	58,887	76,029	21%	41%	53%	
Aunar	82,784	9,256	61,707	46,280	37,024	21,077	36,504	45,780	25%	44%	55%	
Iberpistas	27,532	1,059	7,060	5,295	4,236	20,472	22,237	23,296	74%	81%	85%	
Saba	16,132	1,105	7,367	5,525	4,420	8,765	10,607	11,712	54%	66%	73%	

SECTOR Empresa	(29/6/1990)	BENEFICIOS	VALOR CAPITALIZADO DE LOS BENEFICIOS			VALOR ESTIMADO DE LAS			PORCENTAJE DEL VALOR		
	CAPITALIZACION	PREVISTOS	EN (Mill. pts)			OPCIONES DE CRECIMIENTO			DE MERCADO QUE SUPONEN LAS		
	ANUALIZADA	1990 (*)	15%	20%	25%	15%	20%	25%	15%	20%	25%
Mill. pts	(Mill. pts) (**)										
<b>8. AUTOMOVIL</b>											
Bentley	11,826	1,973	13,153	9,865	7,892	(1,327)	1,961	3,934	-11%	17%	33%
Citroen	154,506	17,240	114,933	86,280	68,960	39,573	48,306	25,546	26%	44%	53%
Ford Renault	105,923	12,765	84,700	63,525	50,826	21,233	42,468	55,113	28%	48%	52%
Land Rover S.	7,324	533	3,553	2,665	2,132	3,771	4,489	5,192	51%	64%	71%
Nissan	92,571	11,275	75,167	56,375	45,180	17,485	36,196	47,471	19%	39%	51%
Tudor	21,430	1,257	8,380	6,285	5,828	13,050	15,145	16,402	61%	71%	77%
<b>9. QUIMICAS</b>											
Aragonesas	36,543	3,966	26,448	19,830	15,864	10,103	16,713	20,679	28%	46%	57%
Carburas Metal.	83,341	3,250	21,667	16,250	13,080	61,675	67,891	70,341	74%	81%	84%
Cepsa	125,463	15,632	104,213	78,160	62,528	21,250	47,303	62,935	17%	38%	50%
Ercros	76,621	15,000	100,600	75,000	60,000	(25,379)	(379)	14,621	-34%	-1%	28%
Petromed	75,985	6,649	44,327	33,245	26,596	31,659	42,740	49,389	42%	56%	65%
Repsol	774,688	78,155	521,833	390,775	312,628	252,967	383,225	461,388	33%	50%	60%
<b>10. PAPELERAS</b>											
Ence	31,937	7,473	49,820	37,365	29,892	(17,883)	(5,428)	2,045	-56%	-17%	6%
Papelera Esp.	8,423	784	5,227	3,920	3,136	3,197	4,503	5,287	38%	53%	63%
Sarifin	30,906	3,545	23,633	17,725	14,180	7,273	13,181	16,726	24%	43%	54%
Enriace	15,639	878	5,853	4,390	3,512	9,786	11,249	12,127	63%	72%	78%
Torras H.	151,617	23,210	154,733	116,050	92,840	(3,116)	35,567	58,777	-2%	23%	39%
Unipapel	17,976	1,495	9,967	7,475	5,980	8,009	10,501	11,996	45%	58%	67%

SECTOR	(29/6/1990)	BENEFICIOS VALOR CAPITALIZADO DE LOS BENEFICIOS VALOR ESTIMADO DE LAS			OPCIONES DE CRECIMIENTO			PORCENTAJE DEL VALOR			
	CAPITALIZACION	PREVISTOS	(Mill. pts)			DE MERCADO QUE SUPONEN LAS			OPCIONES DE CRECIMIENTO		
	BURSATIL	1990 (**)	15x	20x	25x	15x	20x	25x	15x	20x	25x
Empresa	(Mill. pts)	(Mill. pts) (**)									
<b>11. COMUNICACIONES</b>											
Amper	19,975	1,473	9,820	7,365	5,892	10,155	12,610	14,083	51x	63x	71x
Telefonica	803,662	79,499	529,993	397,495	317,996	273,668	406,167	485,666	34x	51x	60x
<b>12. VARIOS</b>											
Aneja	40,968	2,557	17,047	12,785	10,228	23,921	28,183	30,740	58x	69x	75x
C.F. Alba	149,647	10,591	70,607	52,955	42,364	79,040	96,692	107,283	53x	65x	72x
Cofir	45,189	4,640	30,933	23,200	18,560	14,255	21,989	26,629	32x	49x	59x
Mispamer	48,508	6,004	40,027	30,020	24,016	8,473	18,480	24,484	17x	38x	50x
Mapfre	154,290	5,159	34,393	25,795	20,636	119,897	128,495	133,654	78x	83x	87x
Prosegur	54,080	2,868	19,120	14,340	11,472	34,960	39,740	42,608	65x	73x	79x
Sistemas Finen.	13,550	963	6,420	4,815	3,852	7,130	8,735	9,698	53x	64x	72x
Union y Faniz	89,208	6,310	42,067	31,550	25,240	47,141	57,658	63,968	53x	65x	72x

(\*\*) - Fuente Eurofinanzas

(\*\*\*) - Se consideran los beneficios como rentas perpetuas

En el proceso de inversión, nos encontramos con que las inversiones futuras pueden depender, de forma crítica, del conjunto de activos con los que se cuente en el presente. De hecho, muchas de las inversiones actuales no son más que un primer peldaño que nos conduce a subsiguientes decisiones de inversión.

Si enfocamos cualquier decisión de inversión desde la teoría de opciones podemos intentar identificar aquellas condiciones bajo las cuales el proyecto se debería implementar rápidamente y aquellas otras bajo las cuales lo más aconsejable sería posponerlo.

De hecho, toda empresa debería separar los proyectos que requieren una decisión inmediata, de aquellos en los que pueda posponer la actuación definitiva. Para aquellas opciones de crecimiento a más corto plazo sólo se debería estudiar lo que se gana o se pierde al ejecutarlas. Ahora bien, para aquellos proyectos que puedan posponerse, deberían analizarse escrupulosamente todos aquellos costes o beneficios que van ligados a su diferimiento.

Por ello, a la hora de valorar un proyecto de inversión hemos de tener presente que:

"La oportunidad de acometer un proyecto cualquiera vale al menos el valor actual de los flujos de caja entrantes que genere el proyecto menos el valor actual de los flujos de caja que salen" (Kester, 1984: 156).

El matiz de esta afirmación se encuentra en "al menos", ya que esa oportunidad de inversión puede representar mucho más que el VAN.

Los factores que van a incidir en el valor de este componente "optativo" son los siguientes:

- 1) Valor de los activos subyacentes: cuanto mayor sea éste, el valor de la opción estratégica también será mayor.
- 2) Desembolso de capital requerido: a menor desembolso de capital requerido mayor será el valor de la opción.
- 3) Plazo de tiempo que puede posponerse la decisión de comenzar el proyecto: cuanto mayor sea ésta, la opción será más valiosa, en la medida que proporciona tiempo al decisor para conocer la evolución futura de todas las variables significativas que afectan, o pueden afectar, al valor del proyecto. Esta nueva información, si es favorable, puede decantar la opinión del decisor por llevar a cabo el proyecto, o le paraitirá rechazarlo evitando errores costosos, si es desfavorable.

Si las empresas pudieran aplazar sus decisiones de inversión durante algún tiempo, podríamos encontrarnos con proyectos que, a priori, tienen un VAN negativo pero que pueden presentar valiosas opciones «out-of-the-money». Mantener estas opciones en las "carteras" de las empresas puede ser altamente recomendable, incluso cuando exigen continuos gastos en I+D, desarrollo de producto etc.... Esta será la recomendación, siempre que mantengan ese componente "optativo", que aumenta de forma realista el valor del proyecto en el futuro.

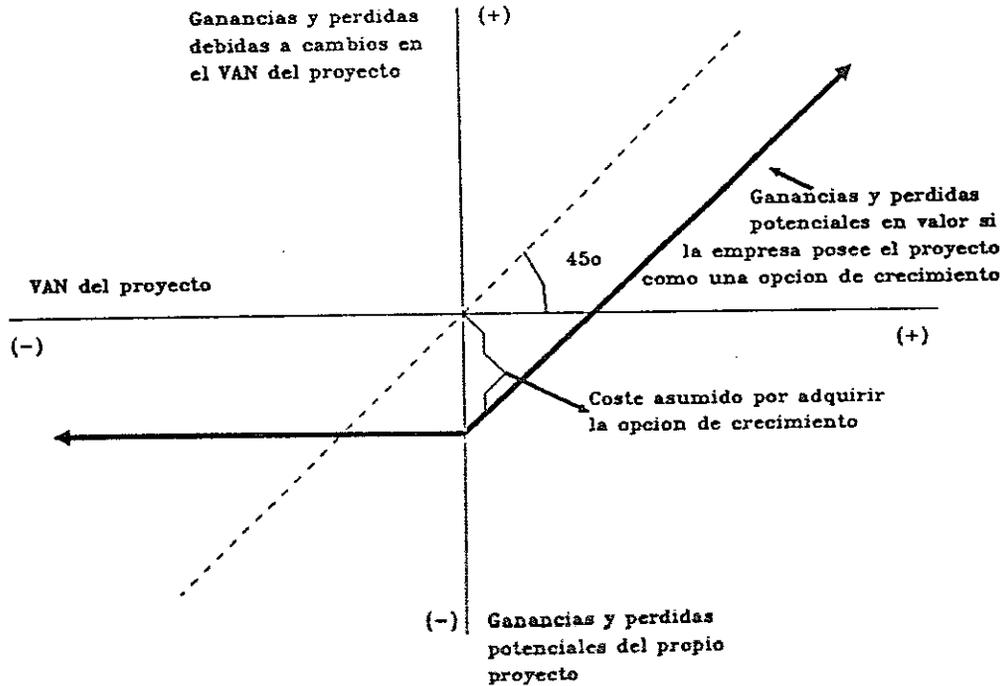
Además, en el presupuesto de fondos para inversiones, y puesto que la opción de invertir en el futuro puede tener un mayor valor que el VAN del proyecto subyacente, cualquier empresa debería esperar hasta el último momento posible antes de comprometer los fondos. Ello, por una parte, mantiene la "prima" de la opción y por otra protege a la empresa de errores, costosos y evitables, por decisiones precipitadas. En consecuencia, todo apunta a ser cautos con cualquier decisión que suponga comprometer fondos para un proyecto antes de lo necesario, pues se puede sacrificar la parte del valor correspondiente a la opción.

- 4) El riesgo del proyecto (volatilidad del valor de los activos): la asimetría que existe entre las ganancias y las pérdidas potenciales de una inversión provoca que aquellos proyectos con mayor riesgo tengan una opción estratégica más valiosa. Como decía cierto ejecutivo de una importante empresa de bienes de consumo:

"Si conoces todo lo que pueda saberse acerca de un nuevo producto, no será un buen negocio. Tienen que existir algunas incertidumbres importantes que resolver. Es la única forma de conseguir un producto con una importante oportunidad de beneficio" (Kaster, 1988: 157).

Por ello, ante dos proyectos de inversión con igual VAN "ceteris paribus", aquel que cuente con un riesgo mayor será el que poseerá una opción estratégica más valiosa (Ver figura 4.2).

Figura 4.2



- 5) El nivel de los tipos de interés: convencionalmente, en un contexto de altos tipos de interés, se utilizan tasas de actualización elevadas y, en consecuencia, esto provoca un menor valor actual de los flujos de caja futuros. Sin embargo, también se debe considerar que esas altas tasas de descuento implican un valor actual del capital futuro menor, que necesitaremos para ejercitar una opción. Estos dos efectos son de signo contrario y, por tanto, se contrarrestan. De este modo pueden ser preferibles los proyectos de inversión con opciones de crecimiento a aquellos otros que generen a corto plazo mayores flujos de caja, pero que carezcan de un componente estratégico. Esto se explica porque el menor valor actual del capital, necesario en el futuro para ejercitar una opción, ofrece una ventaja comparativa decisiva en el proceso de presupuesto de fondos para inversiones. Por ello, "si el valor de la opción de crecimiento más que compensa las pérdidas de los flujos de caja del proyecto, entonces este valor es digno de consideración" (Kester 1984: 157).
- 6) Grado de exclusividad del derecho del tenedor para ejercitar la opción: en este punto, las opciones estratégicas son radicalmente distintas a las financieras, ya que las primeras, desde el punto de vista de los derechos de propiedad, se encuadran en la clasificación de: opciones que dan derecho al ejercicio "en propiedad exclusiva" y opciones que dan derecho al ejercicio "compartido". Las primeras son mucho más valiosas, en tanto que suponen la explotación de una ventaja

competitiva, como puede ser una patente, la experiencia en un mercado concreto o una tecnología no compartida por la competencia de forma individual, e implican un aumento del valor añadido de la empresa que las posee. Por el contrario, las segundas, si bien suponen una mejora para la empresa que las posee, constituyen verdaderas oportunidades colectivas del sector o industria y, en consecuencia, su valor es menor. Ejemplos de estas opciones de ejercicio compartido podrían ser la oportunidad de entrar en un mercado no protegido por elevadas barreras de entradas o la de reducir costes, dado que los competidores también pueden incidir en esa estrategia (salvo que venga ocasionada por un nuevo desarrollo tecnológico que abarate costes de producción). En este tipo de opciones la empresa sólo saldrá beneficiada si alcanza una posición competitiva fuerte y sostenida evitando los ataques de la competencia.

Una vez evaluados los factores que determinan el valor de una opción, hemos de considerar aquellos elementos que harían recomendable ejercitar una opción estratégica antes de su vencimiento.

En principio, y al igual que ocurre con las opciones financieras, nos encontraríamos con dos tipos de opciones según el momento en que se puedan ejercitar:

- Opciones europeas: sólo se podrían ejercitar en su fecha de vencimiento. Son opciones cuyo plazo para posponer la decisión de inversión es fijo y no puede anticiparse.



- Opciones americanas: son aquellas que se pueden ejercitar antes de su vencimiento.

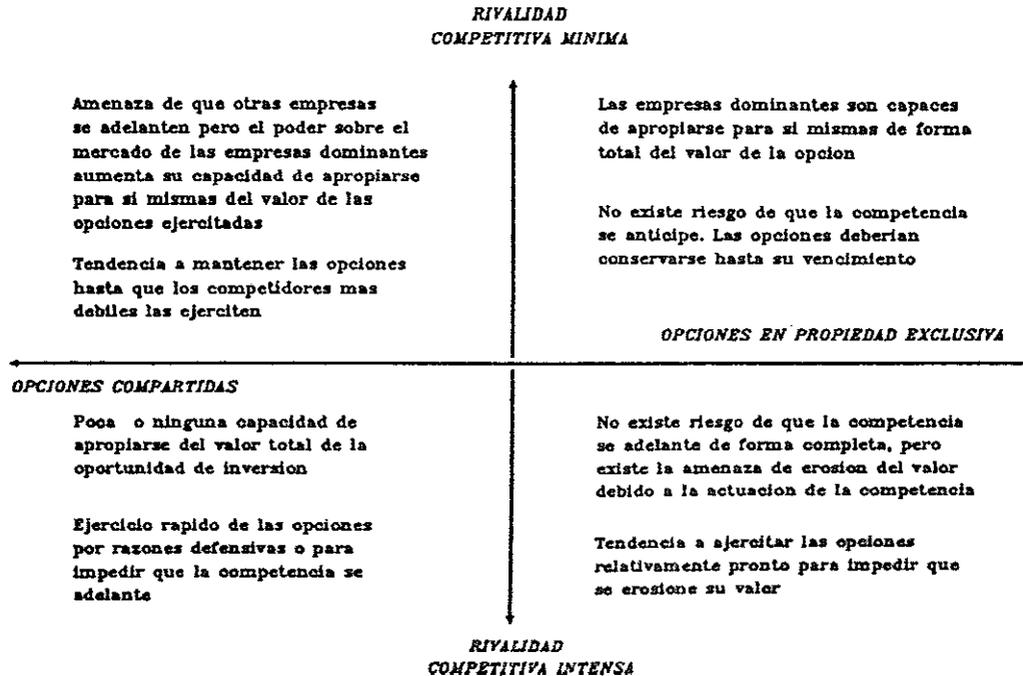
En los dos capítulos anteriores hemos revisado los modelos analíticos de valoración de opciones americanas. Como hemos visto, existen distintos supuestos para el ejercicio óptimo anticipado de las opciones americanas. En general, y para el caso que nos ocupa, una empresa encontrará que le resulta conveniente ejercitar sus opciones de crecimiento antes de su vencimiento cuando: 1) los competidores tengan acceso a la misma opción; 2) el valor actual neto del proyecto sea elevado; 3) el nivel de riesgo y los tipos de interés sean bajos; y 4) la rivalidad en el sector o industria sea intensa.

En la figura 4.3 se muestra el momento adecuado para ejercitar anticipadamente una opción estratégica, es decir, para acometer una inversión. Los dos factores que condicionan la política óptima de ejercicio de una opción estratégica americana son, por una parte, el grado de rivalidad en el sector y, por otra, el grado de exclusividad en el ejercicio de la opción.

Así, cuando la opción es en propiedad exclusiva y el grado de rivalidad competitiva es mínimo, no existe el riesgo de que la competencia se adelante a ejercitar esa misma opción. Toda vez que la empresa dominante es capaz de poseer todo el valor de la opción, ésta debería permanecer en la empresa hasta su vencimiento. De este modo, la empresa pueda retardar la fecha de desembolso para un proyecto y, además, es capaz de recabar más información que le permita conocer si resulta beneficioso o no el ejercicio de la opción al vencimiento.

Figura 4.3

MOMENTO ADECUADO PARA AJERCITAR ANTICIPADAMENTE UNA OPCION ESTRATEGICA



En el caso opuesto, nos encontraríamos con opciones compartidas y nivel de rivalidad competitiva en el sector intenso. Aquí se presenta la necesidad estratégica de ejercitar la opción rápidamente, anticipándonos a la competencia, bien por razones defensivas o para ser líderes en el mercado. Es obvio que el riesgo inherente a este ejercicio también va ligado a la posibilidad de que otras empresas obren de forma análoga, dado que no existe ninguna posibilidad de apropiación del valor total de esa oportunidad de inversión.

Cosa diferente sería que, teniendo opciones compartidas, nos encontráramos en un entorno competitivo con una rivalidad mínima ya que, en este caso, la empresa podría mantener las opciones, al menos hasta que sus competidores más débiles las ejercitaran.

Por último, cuando la empresa posea opciones en propiedad exclusiva en un sector de intensa rivalidad competitiva, si bien no existe el riesgo de que la competencia se adelante de forma completa, sí que resulta aconsejable el ejercicio temprano de esas opciones con el fin de que éstas no pierdan parte de su valor. Recordemos la importancia que Ansoff le atribuía a la estrategia de ser el primero en el mercado en un sector o industria por tener la oportunidad de iniciar cambios tecnológicos y en precios.

Como hemos podido apreciar, los factores que inciden en el valor de las opciones estratégicas no facilitan la valoración cuantitativa a través de una formulación sencilla:

"La primera valoración de un proyecto que se espera genere nuevas opciones de crecimiento, podría ser conveniente que fuera cualitativa, aunque fundada en pálidos principios de valoración de opciones" (Kester, 1984: 158).

Y en ese aspecto "cualitativo" es donde la empresa debe plantearse a priori la clasificación de sus proyectos de inversión entre aquellos que presentan:

- 1\*) Opciones simples: Son aquellos proyectos de inversión cuyos beneficios futuros están directamente relacionados con su capacidad de generar flujos de caja. Su valor está exclusivamente en los flujos de caja que producen los activos subyacentes. En este grupo se incluyen las inversiones para reducir costes rutinarios o bien aquellas otras de mantenimiento y sustitución de activos sencillos. Este tipo de opciones puedan valorarse a través de las técnicas convencionales de actualización de flujos de caja (VAN, TIR).
  
- 2\*) Opciones compuestas: corresponden a aquellos proyectos cuyos beneficios futuros incluyen oportunidades para realizar posteriores inversiones discretionales. En la medida que representan nuevas oportunidades de inversión para la empresa, afectan al valor de las opciones estratégicas actuales. Este componente "optativo", a la par que hace más complejo su papel dentro de la organización estratégica de la empresa, requiere un análisis pulcro y detallado. Un análisis que vaya más allá de los aspectos formales considerando a estos proyectos "como parte de un grupo mayor de proyectos o como un flujo de decisiones de inversión que se extiende a lo largo del tiempo" (Kester, 1984: 159).

También, y como hemos señalado al comenzar este epígrafe, la empresa debe distinguir entre:

- a) Opciones con fecha de caducidad: aquellos proyectos que requieren una decisión ágil a corto plazo.
- b) Opciones que permiten posponer la actuación definitiva

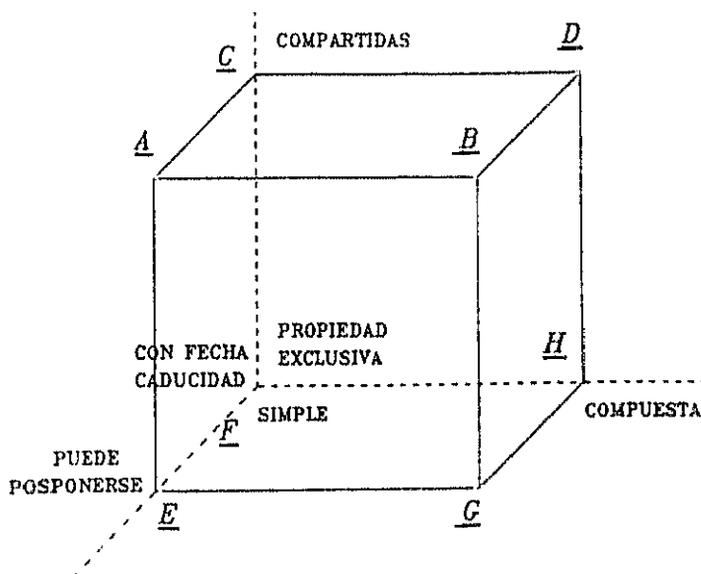
Como podemos apreciar en la figura 4.4, a la hora de elaborar un método para evaluar aquellos proyectos de inversión que incorporan opciones estratégicas como primer paso deberíamos enmarcarlos en alguno de los distintos tipos que se incluyen en esa clasificación tridimensional.

A modo de ilustración, vamos a escoger seis ejemplos concretos que cubran el abanico de posibilidades que muestra la figura 4.4 y que, en alguna medida, guardan relación con el tema tratado en la parte II de este estudio.

- a) Opción estratégica simple, que puede posponerse y compartida

Supongamos que un inversor institucional (salvo instituciones de Inversión Colectiva, Fondos de Pensiones, Sociedades Gestoras de unas y otros, y Sociedades Gestoras de Carteras) desea tomar una participación de un 5% en una sociedad o agencia de valores miembro del mercado bursátil español. Con esta medida persigue conseguir los mejores precios para la ejecución de sus órdenes en el mercado. Como hasta el 1 de enero de 1992 no existe la posibilidad legal de aplicar comisiones libres, el inversor desea esperar, retrasando el momento de entrar en el capital de una determinada sociedad con la que ha venido operando. Sin

Figura 4.4  
Clasificación de las opciones estratégicas



- A simple, puede posponerse, compartida
- B compuesta, puede posponerse, compartida
- C simple, con fecha caducidad, compartida
- D compuesta, con fecha de caducidad, compartida
- E simple, puede posponerse, propiedad exclusiva
- F compuesta, puede posponerse, propiedad exclusiva
- G simple, con fecha caducidad, propiedad exclusiva
- H compuesta, con fecha caducidad, propiedad exclusiva

embargo, simultáneamente descubre que dicha sociedad de valores se ha dirigido a otros inversores institucionales ofreciéndoles esa participación en su capital. El inversor clasifica el proyecto como una opción estratégica simple, que puede posponerse y compartida. Su valor depende de los flujos de caja que genera esa inversión y que se articulan en dos frentes: por una parte, vía los dividendos que reparta la sociedad de valores y, por otra, vía los menores costes que para el inversor tendrá la ejecución de sus órdenes bursátiles. Ahora bien, el inversor debería estudiar el impacto de diferir su entrada en dicha sociedad, ya que comparte la opción con otros competidores. Por ello, debería orientar la evaluación del proyecto como comparación entre los costes y beneficios potenciales de ejercitarlo inmediatamente o de diferirlo, siendo consciente en todo momento de que la entrada de otro competidor puede dificultarle esa "trato de favor" que espera alcanzar en el año 1992.

**b) Opción estratégica compuesta, que puede posponerse y compartida**

Ahora consideremos que una sociedad de valores y bolsa está estudiando la posibilidad de que un socio extranjero participe en un 40% en su capital. La sociedad espera conseguir de este modo nuevos recursos financieros, pero sobre todo incorporar una nueva tecnología y "know-how" en las distintas áreas funcionales en las que, hasta ahora, no había participado. Si logra desarrollar estas actividades de forma eficiente estará asentando las relaciones con un segmento de clientela al que posteriormente puede ofrecer otros servicios de alto valor añadido, es decir, puede obtener nuevas oportunidades de negocio. Por el lado negativo, no existen garantías de que esta tecnología y

"know-how" sean de idéntica aplicación en nuestro mercado, ya que la regulación para actuar en ese segmento del mercado podría cambiar de forma sustantiva. Adicionalmente, el potencial socio extranjero continúa considerando las propuestas de otras sociedades para introducirse en otros segmentos tradicionales de actividad en el mercado bursátil.

Esta opción estratégica es compuesta, puede ser pospuesta y también es compartida. Incluso si el análisis de los flujos de caja indica que la sociedad debería rechazar o diferir el proyecto, la alta dirección puede aceptarlo de forma inmediata si el hecho de que los competidores se adelantasen en esa alianza pudiera erosionar seriamente el valor de opciones estratégicas futuras que la sociedad de valores tiene en mente.

c) Opción simple, con fecha de caducidad y compartida

Planteamos ahora el caso de una sociedad de valores y bolsa que desea llegar a un acuerdo con otra sociedad de valores no miembro del mercado para la canalización de las órdenes de esta última. Supongamos que ha entrado en vigor la libertad de comisiones (1 de enero de 1992). Si la sociedad miembro no reduce las comisiones de tratamiento y ejecución bursátil, que aplica a la sociedad no miembro, ésta última está dispuesta a convertirse en miembro del mercado para asumir la ejecución de sus propias órdenes tan pronto como le sea posible.

Por ello, a la sociedad de valores y bolsa sólo le queda la oportunidad de reducir sus corretajes para mantener sus relaciones con la sociedad de valores no miembro.

Estamos ante una opción estratégica simple (ya que hemos de valorar el flujo de corretajes que generaría el proyecto), con fecha de caducidad (a los dos meses desde la aprobación anual del balance de las sociedades miembros, o de aquellas que aspiren a serlo, esto es, cuando se adaptan las participaciones en el capital de los miembros en esa bolsa de valores) y en propiedad compartida, ya que otras sociedades de valores y bolsa pueden intentar coligarse con la sociedad no miembro.

d) Opción compuesta, con fecha de caducidad y compartida.

Pensemos en un supuesto en cierto modo análogo al presentado en el punto b). Una sociedad de valores y bolsa está estudiando la posibilidad de que un socio extranjero participe en su capital de forma minoritaria. Este socio desea implantarse en el mercado español. Toda vez que hasta el día 1 de enero de 1992 no puede hacerlo al 100%, desea ir tomando contacto con el mercado español mediante la participación minoritaria en una sociedad española.

La sociedad de valores y bolsa aspira a que, durante el tiempo de permanencia del socio extranjero, éste se sienta cómodo y satisfecho. De esta forma el socio extranjero, finalmente, podría desistir de crear su propia sociedad independiente pudiendo aumentar su participación en el capital societario hasta un 49% (que permite que los socios españoles mantengan el control).

Ahora bien, el potencial socio extranjero está considerando al mismo tiempo otras propuestas de sociedades que están atravesando una mala situación financiera y que están dispuestas a ceder la participación mayoritaria tan pronto como legalmente sea posible.

Esta opción estratégica es compuesta en la medida que los futuros beneficios incluyen oportunidades para realizar nuevas inversiones discretionales. También es una opción con fecha de caducidad ya que, a partir del día 1 de enero de 1992 la opción expiraría. Además es una opción compartida en la medida que se pueda ejercitar por otros miembros del mercado.

e) Opción simple, que pueda posponerse y de propiedad exclusiva.

Consideremos ahora que la Sociedad Rectora de la Bolsa de Madrid desea implantar un sistema de "routing" de órdenes. Este sistema es un desarrollo de software propio de la Rectora. Se prevé que las sociedades y agencias miembros utilicen este sistema de acuerdo con un contrato que incorporaría una cuota de enganche y otra de alquiler del servicio, en función del número de terminales conectados y del volumen de operaciones.

La Sociedad Rectora debe valorar el proyecto calculando el valor actual neto de los flujos de caja. Si suponemos que el proyecto no caduca, pongamos hasta dentro de dos años, y que exista la posibilidad de que un nuevo sistema de comunicaciones esté disponible en los próximos meses, la Sociedad Rectora podría plantearse diferir la inversión para el desarrollo del sistema de "routing" para beneficiarse del nuevo sistema de comunicaciones más barato y eficaz.

Además, para que efectivamente sea una opción en propiedad exclusiva no debe existir la posibilidad de desarrollo de otros sistemas de "routing" privados con conexión directa al mercado.

f) Opción compuesta, que puede posponerse y de propiedad exclusiva.

Para ilustrar este tipo de opciones, imaginemos ahora que una sociedad de valores y bolsa desea desarrollar un sistema experto para su análisis de carteras o para la valoración de opciones y futuros financieros. Si el sistema resulta eficaz, la empresa puede obtener mayores beneficios y nuevas oportunidades de desarrollo (otros sistemas expertos para valorar empresas en procesos de fusión o absorción o bien para valorar "las opciones estratégicas" de las sociedades que cotizan en bolsa).

Obviamente, el desarrollo propio de este sistema experto resultaría difícil y costoso y, además, no estaría a salvo de la obsolescencia técnica por la aparición de nuevas regulaciones administrativas o por el cambio del "modus operandi" del mercado. Este proyecto podría posponerse a la espera de mayor información sobre la consolidación del mercado español y las tendencias que se vislumbran a medio y largo plazo.

Esta opción, si bien es de propiedad exclusiva, al estar en un sector altamente saturado y competitivo, tenderá a ejercitarse relativamente pronto, a pesar de que puede posponerse, porque existe la amenaza de erosión del valor debido a la actuación de la competencia.

g) Opción simple, con fecha de caducidad y en propiedad exclusiva.

Una sociedad de valores mantiene relaciones con un colocador extranjero de emisiones en pesetas. La sociedad desea dirigir y asegurar una emisión en el tramo mayorista y se prevé que el colocador extranjero subasegure un

porcentaje fijo de esa emisión. Sin embargo, si la sociedad no dirige y lanza la emisión de forma inmediata, existe el riesgo de que en el país del colocador extranjero se retoquen al alza los tipos de interés desapareciendo el diferencial con la peseta. Ello provocaría que el colocador extranjero no aseguraría ningún paquete, en cuyo caso, la sociedad de valores tendría que intentar colocar todo el paquete que le corresponde, probablemente cediendo mayores comisiones.

Esta oportunidad que posee la sociedad de valores es una opción simple, con fecha de caducidad y en propiedad exclusiva. Se debería valorar calculando el valor actual neto de los flujos de caja. Este valor actual del proyecto aislado es la única medida necesaria para obtener el valor del proyecto ya que, en definitiva, es lo que se gana o se pierde con la operación.

h) Opción compuesta, con fecha de caducidad y de propiedad exclusiva.

Podríamos estar ante un caso similar al presentado en el punto f), con la única salvedad de que el equipo humano que desarrolla el sistema experto no pertenecería a la sociedad de valores. Sólo podría ponerse a su servicio a través de un contrato en el que figuraría una fecha límite. Aquí la sociedad debe plantearse la posibilidad de que, si ejercita la opción (esto es, se desarrolla un sistema experto que se ajusta a sus necesidades), podría renovar el contrato con la empresa de servicios informáticos para el desarrollo de nuevos sistemas expertos a un precio menor.

Con estos ocho ejemplos hemos tratado de mostrar hechos diarios a los que se enfrentan las empresas, eso sí, considerando los aspectos "estratégicos" y "optativos", los de más difícil cuantificación.

La principal ventaja de la perspectiva de las opciones estratégicas es que integra el presupuesto de fondos para las inversiones con la planificación estratégica a largo plazo. El presupuesto de fondos, en este marco, no es otra cosa que la ejecución del plan a largo plazo de la empresa. Y, en definitiva, esa integración a la que nos referimos sólo persigue maximizar el valor de los fondos propios de la empresa.

De cara a la asignación de fondos para las inversiones, la nueva premisa de la que debemos partir es que las decisiones de inversión presentes pueden sentar los pilares para las decisiones de inversión futuras: "Today's options for tomorrow's growth" (Kester, 1984: 153).

La dificultad de valorar estas oportunidades de inversión hace que muchas veces no se valoren. Sin embargo, lo recomendable es ampliar la perspectiva en el proceso de asignación de recursos, integrando factores "estratégicos" de forma lógica y sistemática (e incluso analítica, como más adelante veremos).

El hecho de que los aspectos estratégicos sean enfocados desde un análisis cualitativo independiente, en la medida que este análisis puede estar fuertemente condicionado por la personalidad de aquellos directivos que creen fervientemente en el proyecto, pueda suponer una ruptura de la disciplina analítica y una justificación a la que se puede recurrir con abuso.

Por otra parte, el análisis tradicional del descuento de flujos de caja se muestra insuficiente de cara a valorar los beneficios que genera la flexibilidad operativa o los valiosos proyectos de inversión subsiguientes a uno inicial. Porque, en definitiva, esa flexibilidad y esas oportunidades de inversión futuras no son más que derechos contingentes que pueden ejercitarse bajo ciertas condiciones futuras pero no bajo otras. Es en este tema donde tiene una importante aplicación la OPT, en la medida que permite analizar los derechos contingentes que poseen las empresas.

Quizá, llegado a este punto, conviene analizar de forma independiente aquellas que denominamos opciones de flexibilidad y aquellas otras opciones de crecimiento, por los rasgos diferenciadores que las caracterizan.

#### 4.2.1.- Opciones de flexibilidad.

Aunque no existe un término técnico que defina de forma precisa la flexibilidad que presentan muchos proyectos, esta flexibilidad no es más que una opción disponible para la empresa.

Baldwin, Mason y Ruback (1983) acuñaron el término de "opciones de flexibilidad" para recoger ese derecho contingente que incorporan determinados proyectos.

Cuando una empresa está llevando a cabo un determinado proyecto, sus gerentes en muchas ocasiones se ligan moralmente a una única estrategia operativa que consideran inamovible. Sin embargo, puede existir un grado de discrecionalidad respecto a determinados aspectos

operativos del proyecto. En la medida que esto sea así, la empresa cuenta con un conjunto de opciones de flexibilidad que pueden ser realmente valiosas.

Como ilustración de este tipo de opciones, merece la pena resaltar la opción a abandonar un proyecto antes de lo planeado.

El único criterio que han utilizado las técnicas de descuento de flujos de caja hasta ahora es que resulta conveniente abandonar un proyecto cuando el VAN de los flujos futuros que genera sea inferior al valor residual de la inversión en ese momento. Ahora bien, deberíamos considerar que existen otros criterios que pueden hacer recomendable el abandono de un proyecto antes de lo previsto, como por ejemplo, si éste fracasa o si resulta necesaria la sustitución de un determinado equipo productivo por otro en virtud de un cambio tecnológico.

Conocer con certeza cuál es el momento óptimo para abandonar un proyecto con antelación puede resultar una tarea a menudo inalcanzable. Pero el derecho que la empresa tiene para abandonar un proyecto en cualquier momento, ante determinadas condiciones, es análogo al derecho que proporcionaría la titularidad de una opción de venta americana sobre los activos del proyecto. Analicemos a continuación cuáles son las características de esta opción:

- Precio de ejercicio: Corresponde al valor de enajenación (valor residual) que la empresa podría percibir por sus activos afectos al proyecto.
- Periodo hasta el vencimiento: corresponde al plazo de vida útil de los activos.
- Activo subyacente: activos afectos al proyecto.

Desde esta perspectiva, el auténtico valor de un proyecto no se correspondería, exactamente, con el valor actual de los flujos de caja previstos hasta una fecha determinada, sino que incorporaría además el valor de esa opción a abandonarlo. Más adelante estudiaremos con detalle la valoración de este tipo de opciones de flexibilidad.

Por otra parte, cualquier empresa puede plantearse en determinadas circunstancias la posibilidad de asignar activos con riesgo a un nuevo proyecto. Esta posibilidad, también puede considerarse como un caso especial de la opción a abandonar un proyecto. De nuevo nos encontramos, ante una opción de venta americana sobre los activos del proyecto si bien, en esta ocasión, los elementos que la caracterizan son:

- Precio de ejercicio: sería el valor que los activos tendrían en el proyecto alternativo al que se piensan asignar.
- Periodo hasta el vencimiento: plazo que tenemos para cambiar de proyecto esos activos.
- Activo subyacente: los activos con riesgo susceptibles de afectarse a otros proyectos.

Dado que esa posibilidad de asignar un activo determinado a otro proyecto puede presentarse más de una vez, esta opción de flexibilidad se valoraría de forma más acertada si la consideráramos una opción compuesta que, como hemos visto en el capítulo anterior, no es más que una opción sobre otra opción (Geske, 1977a).

De forma análoga, si la empresa tiene la posibilidad de elegir cuándo poner en funcionamiento una planta industrial o alguna maquinaria después de su instalación, estaremos ante el caso de otra opción de flexibilidad.

Robert McDonald y Daniel Siegel (1985) han estudiado este tema, que trataremos con mayor detalle en este mismo capítulo, destacando especialmente aquella opción a parar temporalmente la producción en cualquier momento. Estas opciones de flexibilidad, a la luz de la OPT, deben considerarse como una gran cartera de opciones de compra europeas, cada una de las cuales tiene una fecha de vencimiento correspondiente a la vida útil de los distintos activos. El activo subyacente de esta opción son los ingresos que generan los activos productivos y el precio de ejercicio son los costes variables de producción. Obviamente, si los ingresos no son suficientes como para compensar los costes variables de producción, entonces esta opción estará "sin dinero" ("out-of-the-money") y no se ejercerá.

Otro ejemplo de este tipo de opciones lo constituye el caso de una empresa que se plantea la elección entre una planta energética que tiene como fuente petróleo y otra que permite la utilización de petróleo o de carbón. Aunque la segunda alternativa requiera una inversión más costosa, aporta una gran flexibilidad ya que la dirección tiene la opción a elegir qué tipo de materia prima utilizar o cuándo cambiar de una a otra en función de las condiciones del mercado.

En general, estas opciones recogen la flexibilidad de utilizar distintas combinaciones de "inputs" para producir un "output", o el mismo "input" para producir "outputs" diferentes, cuyo valor debe ser reconocido.

Por último, para concluir con los ejemplos de las que se denominan opciones de flexibilidad, vamos a comentar la correspondiente a aumentar o contraer el nivel de producción. Este tipo de opciones resultan especialmente importantes y han sido analizadas por Scott P. Mason y Robert C. Merton (1985).

Existen numerosos proyectos que están diseñados de manera que el nivel de producción pueda fijarse de forma flexible, tanto para incrementarlo modularmente o para reducirlo en el futuro. Son procesos en alguna medida contingentes, que dependen de determinadas condiciones de mercado que pueden aconsejar contraer o expandir el volumen de producción.

Esta flexibilidad sólo puede conseguirse gracias a disponer de una capacidad de producción excedente, o bien con instalaciones que habiliten la incorporación de nuevos módulos productivos, que permita modificar el nivel y ritmo de producción.

Si contemplamos lo que realmente ocurre a nuestro alrededor podremos comprobar que, para la mayoría de los directivos, la existencia de éstas y otras opciones de flexibilidad no tienen mayor trascendencia que el saber que existen. Esta puede ser la razón que justifique su exclusión sistemática del análisis del descuento de flujos de caja, ya que éste sólo considera una única e irrevocable estrategia de producción. Sin embargo, "si no se reflejan las opciones de flexibilidad, se estará infravalorando el verdadero valor de un proyecto" (Kester, 1987: 5.21).

#### 4.2.2.- Opciones de crecimiento

Junto con las opciones de flexibilidad que presentan muchos proyectos de inversión, existen otras que se generan por la posibilidad de llevar a cabo nuevas inversiones sobre la base de aquellas que pensamos acometer en un primer momento.

Esa discrecionalidad para realizar nuevas inversiones, en la medida que no obliga a invertir capital llegado el momento, resulta asimismo valiosa. Este componente optativo se suele presentar en los proyectos de inversión secuenciales y no es más que una opción de compra sobre los activos. A este tipo de opciones es al que Carl Kester (1984) denomina opciones de crecimiento.

De nuevo, de forma análoga a las opciones financieras de compra, una opción de crecimiento presenta:

- El precio de ejercicio: que no es otra cosa que la inversión necesaria para conseguir ese activo.
- El activo subyacente: que es el valor de los activos que hay que comprar, es decir, el valor actual de los flujos de caja estimados más el valor de cualquier nueva opción de crecimiento esperada gracias a la propiedad y la flexibilidad de los activos.
- La fecha hasta el vencimiento. La opción expirará cuando cese esa oportunidad de acometer una nueva inversión. Este periodo, durante el que podemos diferir esa decisión de invertir, puede ser de muy distinta magnitud, así, nos encontraremos con

opciones que pueden expirar en pocos días y también con otras que pueden mantenerse durante algunos años.

Vamos a recoger también para este tipo de opciones algunos ejemplos ilustrativos que pueden arrojar luz sobre la naturaleza de las opciones de crecimiento.

Un claro ejemplo es la oportunidad de llevar a cabo una exploración buscando yacimientos de minerales en un lugar determinado y dentro de un periodo dado.

Asimismo, aquellos proyectos que permiten ampliar la capacidad productiva, el lanzamiento de nuevos productos, o las fusiones y adquisiciones, configuran otras fórmulas de inversión que incorporan opciones de crecimiento.

Si bien cuando nos encontramos ante gastos de publicidad, I+D y programas de desarrollo comercial siempre se piensa en ellos como gastos, podríamos adoptar una óptica distinta. Podríamos capitalizar su valor, con sólo considerarlos opciones de crecimiento en tanto que suponen inversiones en activos reales, como puede ser la marca o la experiencia técnica que, a largo plazo, pueden generar beneficios. Incluso los proyectos de mantenimiento o de sustitución de equipos también podrían considerarse como opciones de crecimiento ya que, en último extremo, se podrían rechazar.

En la actualidad, el tipo de inversión viene muchas veces condicionado por la estructura financiera de la empresa. Ante situaciones de fuertes niveles de endeudamiento se deja poco espacio para las inversiones en bienes intangibles como I+D o publicidad. Esto se debe a que los prestamistas se sienten más respaldados si las inversiones se realizan en bienes tangibles, por el valor

residual que les podría compensar en caso de fallidos. Por ello, resulta comprensible encontrar a las empresas más endeudadas entre aquellas que invierten en bienes tangibles, mientras que las que gozan de mayor autonomía financiera suelen permitirse inversiones en intangibles (Long y Malitz, 1987:118).

Como Myers (1977) ha probado los accionistas de empresas financiadas con capitales ajenos tienen un incentivo para dejar pasar algunas oportunidades de crecimiento incluso si presentan un VAN positivo y, en general, aquellas empresas cuyo valor depende en gran medida de oportunidades de crecimiento suelen apelar en menor medida a la financiación ajena.

El estudio de Chung y Smith (1987) muestra que los accionistas de las empresas financiadas con capitales ajenos tienen además incentivos para disminuir la calidad de la producción en determinados supuestos, lo que redundaría en una pérdida del valor residual de los activos.

Sin embargo, si la empresa fuera capaz de reconocer las opciones de crecimiento que presenta y que puede suponer el mantenimiento de una estrategia a largo plazo podría soslayar ese problema.

Si deseamos profundizar en el conocimiento de estas opciones debemos destacar que, por sus características genéricas (análogas a las de las opciones financieras), las opciones de crecimiento son más valiosas cuando:

- Aumenta el valor de los activos subyacentes.
- Disminuya el desembolso de capital necesario (es decir, si se reduce el precio de ejercicio).

- Aumentan los tipos de interés.
- Aumenta la volatilidad del valor de los activos subyacentes.
- Se amplía el plazo de vida de la opción, esto es, cuando la fecha de vencimiento es más lejana.

Además, las características específicas de las opciones estratégicas o no-financieras conferirán un mayor valor a las opciones de crecimiento cuanto:

- Mayor sea el grado de exclusividad en el ejercicio de la opción.
- Mayor sea la experiencia acumulada sobre un determinado negocio. Conviene señalar que el valor de las opciones de crecimiento no es generalmente independiente de los activos concretos a los que están asociadas. Algunas de estas opciones pueden ser específicas de un sector industrial, e incluso, de una empresa concreta. Valga como ejemplo el caso de una opción para ampliar un equipo productivo de un determinado producto cuyo coste unitario y cuyo margen unitario está fuertemente condicionado por los efectos de la curva de experiencia. En este caso, esa oportunidad de expansión del equipo puede ser muy valiosa para un productor a gran escala, pero quizá carezca de valor para un nuevo competidor que no posea experiencia en esa área de negocio. Esa experiencia es un intangible que se debe tener en cuenta a la hora de valorar aquellas opciones a aumentar la capacidad de producción.

- Mayor sea su liquidez, sin bien hay que matizar que, a diferencia de lo que ocurre con las opciones financieras, que se negocian en los mercados organizados a bajo coste, la enajenación de opciones de crecimiento (mediante patentes o acuerdos de cesión de licencias), al no existir un mercado eficiente donde se puedan negociar, suponen unos costes sustanciales en la mayoría de los casos. En algunas ocasiones estas opciones sólo pueden transferirse conjuntamente con los activos reales a los que están asociadas o a un comprador muy concreto. Obviamente, estos factores contribuyen a restar liquidez a las opciones de crecimiento y reducen su valor. El caso extremo lo constituyen las opciones compartidas ya que por definición, las poseen tanto los miembros actuales de un sector industrial como los potenciales nuevos participantes y, en consecuencia, nadie deseará adquirir opciones que ya posee. Por analogía a los términos financieros acuñados al caso, "cerrar" una "posición abierta" en opciones de crecimiento, cuando se prevé que éstas van a reducir su valor en el futuro, no resulta sencillo dado que no se pueda acudir a un mercado para vender esa opción a otro agente (o se puede pero a alto coste). Además, aquí también se puede producir el "efecto de asimetría" entre el valor de la opción para el comprador y para el vendedor (recordemos el efecto experiencia que puede convertir una opción a aumentar la capacidad en un elemento de elevado valor o en uno despreciable).
  
- El valor de una opción de crecimiento también será superior cuanto mayor sea el número de opciones

compuestas de crecimiento. Así, mientras que una opción simple de crecimiento, si se ejercita, tendría un valor correspondiente a los flujos de caja generados por el activo subyacente (se podrá valorar con las técnicas convencionales), las opciones compuestas de crecimiento incorporan nuevas y valiosas opciones de flexibilidad y también pueden generar nuevas opciones de crecimiento para la empresa, que se deben tener en cuenta.

Todos estos factores deben estar en el punto de mira del analista que intente valorar las opciones de crecimiento de una empresa. Porque, al igual que el tenedor de una opción financiera de compra vigila el momento óptimo de su ejercicio (cuando el valor del activo subyacente supere al precio de ejercicio), también el poseedor de una opción de crecimiento ejercerá su opción si ésta está "con dinero" ("in-the-money"). Por ello, siempre se ejercerán estas opciones cuando su ejercicio genere un aumento del valor de la empresa. Ahora bien, existen otros factores en las decisiones de inversión, estudiados por Kester (1984), que podemos resumir en lo que sigue:

- a) La regla del VAN expandido: el que un proyecto presente un VAN negativo no debe conducir a su rechazo si se cree que incorpora opciones de flexibilidad o de crecimiento cuyo valor supere al VAN negativo que habría que soportar. En consecuencia, nos encontramos con un VAN "expandido" ya que su valor alcanza la positividad gracias a la incorporación del valor de las opciones.

- b) El riesgo puede generar beneficios: parangonando el viejo apotegma "a mayor riesgo mayor rentabilidad", podríamos señalar que a mayor volatilidad del entorno competitivo, en el que existen oportunidades de inversión, mayor será el valor de los proyectos que las incorporan. Por ello, "ceteris paribus" el riesgo tiene un efecto positivo sobre el valor de la opción. Siguiendo el proceso de presupuesto de capital, deberíamos inclinarnos a llevar a cabo, en primer lugar, aquellos proyectos que incorporan opciones compuestas de crecimiento en entornos de riesgo, en vez de aquellos otros que sólo generan flujos de caja y/o nuevas opciones en situaciones de menor riesgo.
- c) El efecto de altos tipos de interés: a diferencia de los proyectos que sólo presentan flujos de caja y que se ven negativamente afectados por tipos de interés elevados, los proyectos que crean nuevas oportunidades de crecimiento o que presentan opciones de flexibilidad no se ven tan afectados por esos altos niveles de los tipos de interés. Esto se debe al efecto positivo que ejercen los tipos de interés sobre el valor de las opciones. En suma, en un contexto de altos tipos de interés, el presupuesto de capital debe destinarse preferentemente a proyectos con opciones de crecimiento.
- d) El valor de esperar para invertir: al igual que las opciones financieras son más valiosas cuanto mayor es el plazo de tiempo hasta su vencimiento, las opciones estratégicas que permiten posponer

las oportunidades de inversión resultan mucho más valiosas que aquellas otras que no se pueden posponer. Como ya hemos visto en las páginas anteriores, la información que se puede recabar antes de adoptar la decisión de invertir contribuye a decantar la opinión sobre el ejercicio de la opción y puede evitar errores costosos por decisiones prematuras. Esto hace que proyectos que presentan un VAN negativo puedan poseer valiosas opciones de crecimiento "sin dinero" («out-of-the-money»). Su valor radica en la posibilidad de posponer la decisión última y de que, en algún momento futuro, la opción esté "con dinero" («in-the-money»).

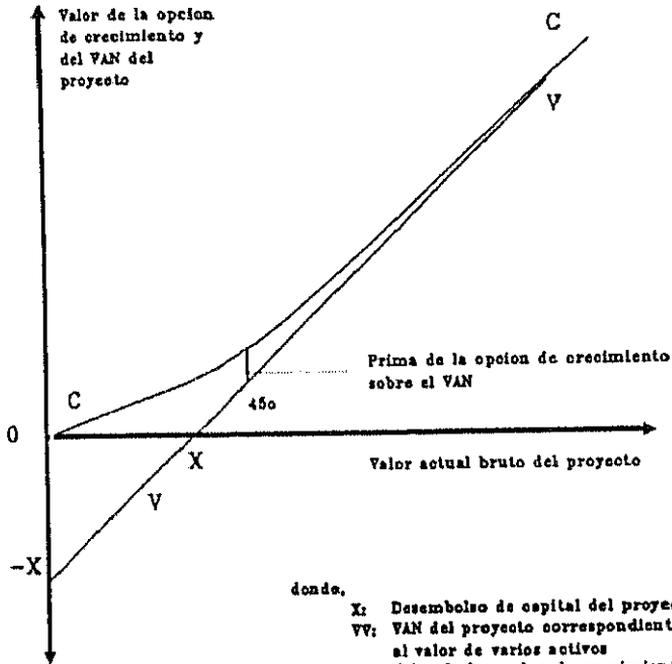
- e) La planificación de las inversiones: en línea con el punto anterior, toda inversión debe ser cuidadosamente planificada de forma que no se lleve a cabo antes de lo necesario. En caso contrario, estaríamos desperdiciando todas aquellas posibilidades de posponer el desembolso del capital.

Vamos a incluir a continuación un gráfico que intenta recoger la relación que existe entre el valor de una opción de crecimiento y el VAN de un proyecto, cuyo valor recoge el área comprendida entre la línea CC y la línea VV de la figura 4.5.

Estas opciones que permiten diferir el momento de su ejercicio, al igual que las homónimas financieras de tipo americano, presentan un conjunto de condiciones para el que puede resultar óptimo ejercitarlas de forma anticipa. En este caso, las dos más comúnmente nombradas son:

Figura 4.5

RELACION ENTRE EL VALOR DE UNA OPCION  
DE CRECIMIENTO Y EL VAN DE UN PROYECTO



donde,

- X: Desembolso de capital del proyecto
- VV: VAN del proyecto correspondiente al valor de varios activos
- CC: Valor de la opción de crecimiento correspondiente al valor de varios activos

- Cuando existe la posibilidad de que surjan inversiones competitivas que erosionen el valor de la opción de crecimiento, y
  
- Cuando se presenta la oportunidad de aprender o reunir una información de un proyecto actual que resulte útil y que permita realizar las inversiones futuras en mejores condiciones.

Ahora bien, cuando se presentan alguno de los dos casos citados resulta más difícil determinar unas condiciones más concretas, ya que varía mucho de unas situaciones a otras. En general, se puede extraer la regla de que "aquellas opciones de crecimiento que resultan más adecuadas para su ejercicio anticipado son aquellas que están "fuertemente con dinero" («deep-in-the-money»), p. ej.: las que tienen un VAN muy elevado, las que se comparten con la competencia, las de bajo riesgo o las que tienen una fecha de vencimiento cercana" (Kester, 1987: 5.27-28).

#### 4.3.- VALORACION DE LAS OPCIONES DE FLEXIBILIDAD.

##### 4.3.1.- Opción a abandonar un proyecto.

La valoración de los proyectos de inversión con el criterio del VAN siempre ha presentado la dificultad de estimar la tasa de descuento adecuada a cada empresa. Sin embargo, resulta también muy importante estimar con cierta exactitud los flujos de caja que genera el proyecto. Estas cuestiones se ven además afectadas por algo que el criterio del VAN no contempla: la posibilidad de abandonar el proyecto de forma anticipada. Este elemento desbarata la hipótesis de partida del criterio del VAN, es decir, la consideración de que el proyecto tiene una vida económica determinada cuyo valor residual viene dado por el valor de los activos al final de su vida.

Un ejemplo puede resultar clarificador en este momento. Imaginemos que debemos elegir entre dos proyectos de inversión. El primero supone una inversión en un equipo estándar que se puede comprar y vender sin problemas en el mercado. El segundo proyecto implica la construcción de un equipo "ad-hoc" creado para cubrir las necesidades específicas de producción de la empresa. La productividad de este equipo es superior al del primero y, en consecuencia, si calculamos los flujos de caja de ambos proyectos, el criterio del VAN mostrará la superioridad del proyecto 2, respecto al proyecto 1. Ahora bien, el equipo del proyecto 2, cuando se decida no producir más, sólo tendrá un valor residual correspondiente a su peso como chatarra, mientras que el equipo del proyecto 1 puede venderse con un valor

residual netamente favorable. En consecuencia, el proyecto 1 puede resultar más atractivo, dado que el valor residual de sus equipos en el mercado secundario aumenta el VAN de este proyecto.

Por ello, hay que tener presente que: "el valor residual afecta también al valor de una inversión a causa de la opción a abandonar el proyecto anticipadamente" (Myers, Majd; 1983: 153).

Ello contribuya a aumentar la complejidad del análisis, en aras de una mayor exactitud, ya que ahora hemos de considerar el valor de esa opción de flexibilidad, que depende tanto del valor residual de los activos como del momento óptimo de abandono, ambos no conocidos a priori.

Aunque Myers y Majd (1983) han sido los autores que han estudiado con mayor esmero esta valoración desde el enfoque de la OPT, existen otros autores que, desde otros enfoques, han reconocido el valor de la opción a abandonar un proyecto de forma anticipada.

El estudio que en 1967 realizaron Robichek y Van Horne puede considerarse pionero en este terreno.

La conclusión a la que llegan estos autores es que cuando el valor residual excede al valor actual de los futuros flujos de caja estimados, el proyecto debe ser abandonado. Sin embargo, este criterio ha sido criticado por despreciar que "si no se abandona el proyecto, la empresa conserva la opción de abandonarlo en el futuro" (Myers y Majd; 1983: 154). Además, el estudio de Robichek y Van Horne no clarifica el valor de la opción de abandono ni cuál debe ser el momento óptimo del ejercicio de esta opción.

El primer enfoque a través de la OPT fue realizado por Kesinger (1980) y, como referencian Myers y Majd, éste analizaba el valor de abandono como una opción de venta de tipo europeo, con un precio de ejercicio no estocástico, o lo que es lo mismo, sólo existirá un momento en el que puede abandonarse el proyecto y su valor residual, en ese momento, lo conocemos con certeza.

Este enfoque, si bien supone un punto de partida interesante, por su simplicidad no recoge las verdaderas características de la opción a abandonar. Veamos a continuación los elementos que definen en realidad a esta opción de flexibilidad:

- Se corresponde al caso de una opción de venta americana sobre una acción que recibe dividendos.
- Los flujos de caja del proyecto son aleatorios y "corresponden" al pago de dividendo de la acción.
- El valor residual del proyecto es estocástico y constituye el precio de ejercicio de la opción.
- El proyecto puede ser abandonado en cualquier momento de su vida.

Atendiendo a la clasificación incluida en el epígrafe 4.2 estaríamos ante una opción simple, que puede posponerse y en propiedad exclusiva.

Como podemos observar, muchos de los factores que afectan al valor de la opción son aleatorios y de ello se deriva la necesidad de modelizarlos explícitamente.

### a) Flujos de caja

Análogamente a una opción sobre acciones que reciben dividendos estocásticos, la valoración de un proyecto que percibe unos flujos de caja aleatorios variará, también de forma aleatoria, sobre su valor esperado.

Para ello vamos a definir qué proceso estocástico sigue el valor del proyecto, teniendo presente que lo habitual es conocer los flujos de caja que genera.

La forma apuntada por Myers y Majd (1983: 155), consiste en "expresar el flujo de caja como una función del valor del activo":  $R_t = C_t/V_t$ , donde:

$R_t$  : Ratio de distribución en el momento  $t$  (equivalen a la rentabilidad por dividendos)

$C_t$  : Flujo de caja en  $t$  previsto (dividendos absolutos).

$V_t$  : Valor previsto del proyecto en  $t$  (cotización de la acción).

De esta forma, se podrían estimar todos los flujos de caja como función dependiente de los ratios de distribución.

Suponiendo flujos de caja constantes durante la vida del proyecto (ver figura 4.6), como el valor del proyecto es el valor actual de los flujos de caja futuros su función será decreciente, tal y como muestra la figura 4.7. La estimación de los ratios de distribución es sencilla, ya que  $R_t = C_t/V_t$ , lo que nos proporciona una función creciente (figura 4.8).

Figura 4.6

FLUJOS DE CAJA PREVISTOS

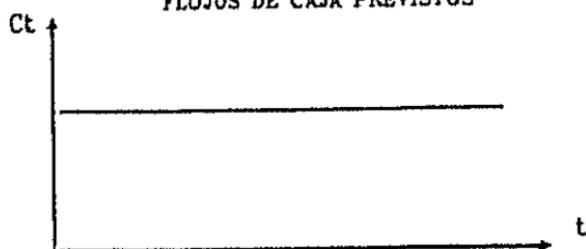


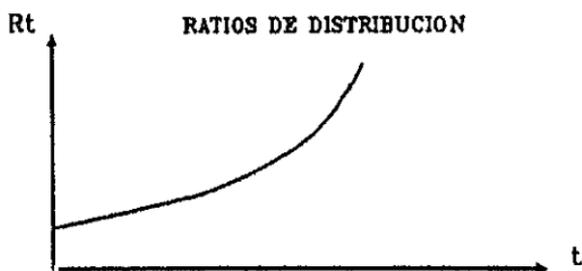
Figura 4.7

VALOR DEL PROYECTO



Figura 4.8

RATIOS DE DISTRIBUCION



Cualquier alteración en los flujos de caja estimados tiene un efecto de la misma proporción en el valor del proyecto, lo que mantendría el valor del ratio de distribución constante, dado que se trabaja con una única tasa de descuento ajustada en función del riesgo. Si bien esta hipótesis es restrictiva, ya que pueden darse ratios de distribución que sean función del tipo o del valor del proyecto, vamos a continuar con ella en lo que sigue por su menor complejidad.

b) Valor residual de los activos.

En el tradicional análisis de inversiones, el valor residual de un activo suele considerarse como su valor en un momento determinado del tiempo. Este valor estará condicionado por la vida económica y física del activo. Así, podemos encontrar activos cuya vida económica (el tiempo que permanece en uso) se prolonga más allá de su utilización en un proyecto determinado. Por otra parte, la vida física de un activo supera a la económica, ya que corresponde a la vida máxima de un activo.

Debido a que la vida económica de los activos rara vez coincide con la vida de los proyectos a los que están afectos, hemos de considerar el valor residual de los activos al término de un proyecto. Sin embargo, ahora estamos planteando que la vida de un proyecto no es conocida con certeza a priori, ya que depende de la posibilidad de abandono que todo empresario tiene. En definitiva, estamos ante una opción a abandonar cuyos parámetros de valoración son los que van a determinar la vida del proyecto.

Por ello, analicemos qué es lo que condiciona la vida de una opción de abandono. Como premisa consideramos

que la fecha de vencimiento de la opción corresponde a la vida física del activo. Hasta esa fecha, el valor residual de un activo puede cambiar numerosas veces sin que podamos determinarlo a priori. Aquí, la dificultad será mayor para aquellos activos que se ven afectados en mayor medida por la obsolescencia tecnológica. Aquellos otros más estandarizados y poco influidos por cambios tecnológicos, pueden ser enajenados en un mercado secundario ofreciendo, si no una mayor estabilidad, sí una mayor posibilidad de predicción a lo largo del tiempo.

En consecuencia, a la hora de conocer el valor residual de un activo hay que considerar su valor de mercado para el uso alternativo más productivo, pero también hay que tener presente el valor de las subsiguientes opciones a abandonar cada proyecto dado que existen "activos con varios usos posibles que pueden abandonar esos proyectos varias veces durante su vida física" (Myers, Majd; 1983: 158). En este caso, estaríamos ante opciones compuestas (Geske; 1979a), es decir, opciones sobre opciones. Si se decide abandonar el proyecto antes de que se extinga la vida económica del activo, éste debe incluir en su valor residual la opción a abandonar el nuevo proyecto al que se vaya a incorporar. Todo ello nos permite apreciar la ardua tarea de especificar todas las propiedades estocásticas del valor residual, incluyendo su relación con el valor del proyecto.

#### c) Valoración de la opción a abandonar un proyecto.

Para acometer esta tarea, resulta obligada la referencia a los modelos de valoración de opciones financieras (ver capítulo 3), campo donde más se ha desarrollado la metodología de análisis y valoración de opciones.

El modelo más utilizado, el de Black-Scholes (1973), permite conocer el valor de un derecho contingente resolviendo una ecuación diferencial parcial con unas determinadas condiciones de contorno restrictivas. Como ya hemos visto en el capítulo 3, la solución que aportan estos autores se ajusta al problema de valoración de opciones europeas. Sin embargo, también hemos comprobado que para otro tipo de opciones no resulta sencillo obtener una solución analítica por lo que se precisa recurrir a aproximaciones numéricas.

En el caso que nos ocupa, la opción a abandonar un proyecto, puede valorarse de forma análoga a las opciones de venta americanas (ver epígrafe 3.5.2).

Así, si la ecuación diferencial parcial para las opciones financieras de venta americanas era:

$$0 = \frac{1}{2} \frac{\delta^2 P}{\delta S_t^2} \sigma^2 S_t^2 + \frac{\delta P}{\delta t} + i S_t + \frac{\delta P}{\delta t} - i P \quad (1)$$

La ecuación diferencial parcial para el valor de abandono será:

$$0 = \frac{1}{2} \frac{\delta^2 A}{\delta P^2} \sigma^2 P^2 + \frac{\delta A}{\delta t} + [i P - R(P,t)] \frac{\delta A}{\delta P} - i A \quad (2)$$

donde,

A: Valor de la opción abandono.

P: Valor del proyecto subyacente.

$\sigma$ : Desviación típica de la rentabilidad del proyecto.

i: Tipo de interés sin riesgo.

R(P,t): Ratios de distribución.

La única diferencia entre las expresiones (1) y (2) está en la inclusión de

$$-R(P,t) \frac{\delta A}{\delta P},$$

que viene dada por la consideración en este último caso de los "dividendos" (en el de opciones de venta europeas partíamos del supuesto de que los títulos subyacentes no distribuían dividendos). Esos dividendos, como hemos visto en las páginas anteriores, no son más que flujos de caja que hemos expresado a través de los ratios de distribución, es decir, como función del valor del activo y del tiempo.

Dos condiciones van a definir ahora la naturaleza de la opción a abandonar:

- 1º) Cuando el proyecto no tiene ningún valor, el valor de la opción corresponde al de los activos en ese momento  $A(P = 0, t) = S(t)$ .
- 2º) Si el valor del proyecto aumenta, el de la opción obviamente se reduce. En el límite, si el valor del proyecto tiende a infinito, el valor de la opción tenderá a cero:

$$\lim_{P \rightarrow \infty} A(P, t) = 0$$

En el momento en que se opta por abandonar, el valor del proyecto corresponderá al máximo de: 1º) el valor residual; 2º) el valor de continuar con el proyecto, aunque se pueda abandonar en el futuro. Realmente éste es el proceso que se debe realizar de forma continua para poder determinar el momento óptimo de ejercicio de la opción:

aquel que arroje un valor residual superior al de continuar con el proyecto.

Por último, al vencimiento de la opción:  $A(P, t = T) = \max. [S(T) - P(T), 0]$ , cuando el valor del proyecto es caro corresponde al momento en que se extingue la vida física del activo.

Como vemos, no es posible determinar una solución analítica para estas opciones, en síntesis, por los siguientes motivos:

- Los valores residuales no son conocidos a priori con certeza y, además, suelen estar relacionados con el valor del proyecto.
- El mismo problema de incertidumbre sufren los ratios de distribución futuros por cuanto pueden depender del tiempo y del valor del proyecto. (Esos ratios de distribución son más sencillos de valorar en el caso de las opciones financieras sobre acciones con dividendos y de nuevo una referencia al epígrafe 3.3.4.2. resulta de obligada mención, si bien se incluyen un conjunto de supuestos concretos sobre el proceso de distribución de dividendos).
- Al considerar el abandono de un proyecto como una opción americana, de nuevo incurrimos en la necesidad de determinar su ejercicio anticipado óptimo, cosa que no resulta posible sin evaluar conjuntamente el valor residual con el valor de continuidad del proyecto.

Todo ello nos conduce a utilizar técnicas de aproximación numérica, incluso en los supuestos más restrictivos (tal es el caso de considerar que el valor residual inicial es conocido y disminuye con el paso del tiempo, a una tasa constante y conocida, y que los ratios de distribución son constantes a lo largo de la vida del activo).

De entre las técnicas de aproximación disponibles existe una forma explícita de la técnica de diferencias finitas (ver 3.5.2) que se ajusta a este caso mediante la relación entre el valor de la opción de abandono, en cualquier periodo, y sus valores en el periodo siguiente. En definitiva, nos encontramos con una sucesión de valores actuales del proyecto a lo largo del tiempo, cada una calculada por el valor de los flujos de caja futuros y el valor de abandono futuro óptimo. Si el valor actual del proyecto es inferior en algún momento a esta sucesión, ese será el momento óptimo para ejercitar la opción.

d) El supuesto práctico de Merton.

Consideremos el siguiente ejemplo en el que:

- El valor actual del proyecto es 100.
- Los flujos de caja y el valor actual son decrecientes a una tasa del 8% anual.
- La vida física del activo es de 70 años (para asimilarlo a un caso límite, en el que la duración del proyecto fuera infinita y, en consecuencia, las rentas son perpetuas). Asignar un valor finito a la vida física del activo nos va a permitir partir de los valores en el extremo final y

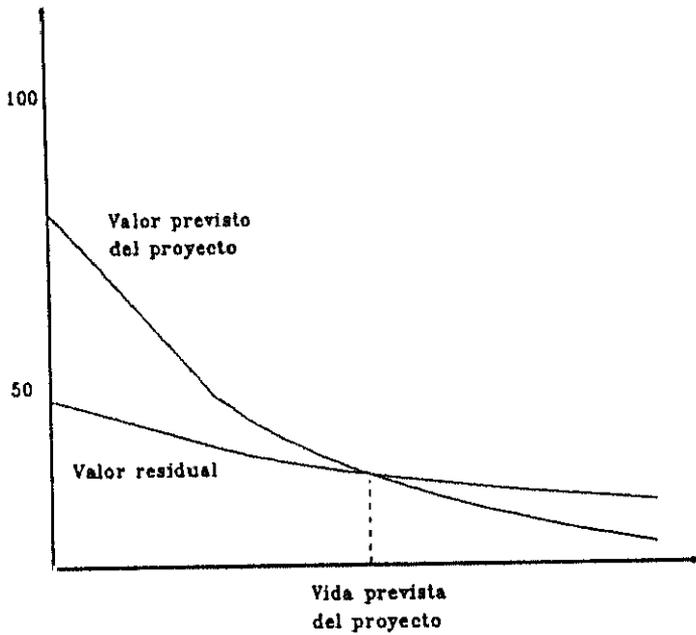
retroceder hasta los valores de abandono al comienzo del proyecto. En el año 70 el valor del proyecto será nulo.

- El valor residual inicial es 50 y decrece exponencialmente a una tasa del 5% anual.
- La desviación típica del error de previsión del valor actual del proyecto es del 20% anual.
- El tipo de interés real sin riesgo es del 2%.
- El ratio de distribución es constante.

Como podemos ver en la figura 4.9 el valor previsto del proyecto no es 100, ya que este corresponde únicamente al valor actual del proyecto sin contemplar la opción de abandono en favor de su valor residual durante la vida del activo.

En el cuadro 4.1 se incluye el valor de abandono como función del tiempo y del valor del proyecto.

**Figura 4.9**  
**Valor de un proyecto y valor residual de sus activos**  
**(con ratios de distribución constantes)**



CUADRO 4.1.

VALOR DE ABANDONO COMO FUNCION DEL TIEMPO Y DEL VALOR DEL PROYECTO (EJEMPLO DEL CASO BASICO, RATIO DE DISTRIBUCION CONSTANTE).

Valor del proyecto	Tiempo										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
221,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
181,27	2,31	2,09	1,88	1,69	1,53	1,37	1,24	1,12	1,00	0,90	0,81
148,41	3,49	3,15	2,84	2,56	2,30	2,08	1,87	1,68	1,52	1,37	1,23
121,51	4,50	4,06	3,66	3,30	2,97	2,68	2,41	2,17	1,96	1,76	1,59
99,48	5,63	5,07	4,57	4,12	3,72	3,35	3,02	2,72	2,43	2,21	1,99
81,45	7,00	6,31	5,68	5,12	4,62	4,16	3,73	3,38	3,08	2,76	2,47
66,69	8,68	7,82	7,06	6,36	5,73	5,17	4,66	4,19	3,78	3,41	3,07
54,60	10,78	9,71	8,75	7,89	7,11	6,41	5,78	5,21	4,69	4,23	3,81
44,70	13,35	12,05	10,86	9,78	8,82	7,95	7,16	6,46	5,82	5,26	4,73
36,60	16,57	14,93	13,48	12,14	10,93	9,87	8,89	8,01	7,22	6,51	5,88
29,96	20,59	18,53	16,69	15,07	13,57	12,22	11,03	9,94	8,95	8,08	7,28
24,53	25,47	23,03	20,71	18,65	16,86	15,17	13,64	12,34	11,11	10,01	9,03
20,09	29,91	27,48	25,16	22,95	20,85	18,85	16,96	15,27	13,80	12,42	11,19
16,44	33,56	31,12	28,80	26,59	24,49	22,50	20,60	18,79	17,07	15,44	13,88
13,46	36,54	34,10	31,78	29,57	27,47	25,48	23,56	21,77	20,06	18,42	16,86
11,02	38,98	36,34	34,22	32,01	29,91	27,92	26,02	24,21	22,49	20,86	19,30
7,39	42,61	40,17	37,85	35,63	33,55	31,55	29,65	27,85	26,13	24,49	22,94
4,95	45,05	42,61	40,29	38,08	35,98	33,99	32,09	30,28	28,56	26,93	25,37
2,72	47,28	44,84	42,52	40,32	38,22	36,22	34,32	32,52	30,80	29,16	27,61
0,00	50,00	47,56	45,24	43,04	40,94	38,94	37,04	35,23	33,52	31,88	30,33

Como podemos ver, en la primera columna (0) se incluyen los valores de abandono al comienzo del proyecto para distintos valores del proyecto.

En el ejemplo, hemos considerado un valor actual del proyecto de 100, por ello, como el valor más próximo en el cuadro es 99,48 su correspondiente valor de abandono es 5,63, es decir, aproximadamente el 6% del valor del proyecto. En consecuencia, resultaría rentable un proyecto que a priori presentaba un VAN nulo para una inversión de 100 y que, de no haber valorado esta opción, se habría rechazado.

Por lo que respecta al momento óptimo del ejercicio de esta opción, podemos ayudarnos también del cuadro 4.1, ya que cuando el valor del proyecto es inferior al valor de abandono, como es el caso del año 2, el valor del proyecto cae por debajo de 24,53.

Por analogía a la teoría de valoración de opciones financieras, sabemos que la opción a abandonar será más valiosa:

- Cuanto mayor sea el valor residual (precio de ejercicio de la opción).
- Cuanto mayor sea la volatilidad del valor del proyecto (varianza del activo subyacente).
- Cuanto menor sea el valor actual previsto del proyecto (valor actual del activo subyacente).
- Cuanto mayor sea la vida física del activo (el vencimiento de la opción).

Continuando con el mismo ejemplo, si ahora realizamos un análisis de sensibilidad del valor de la opción respecto a los parámetros citados, podemos observarlo gráficamente en la figura 4.10.

El valor total del proyecto vendría dado por el valor actual de los flujos de caja, sin considerar el valor residual de los activos, mas el valor de la opción a abandonar que hemos calculado.

$$VT_p = VA_{fc} + O \quad (3)$$

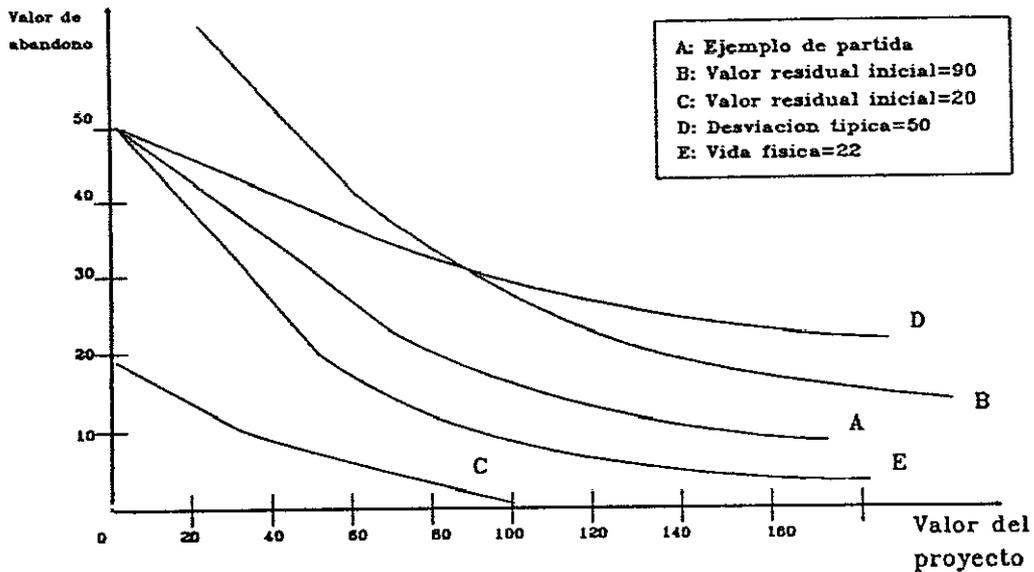
El criterio tradicional nos dice que debemos abandonar un proyecto cuando el valor residual iguale al valor actual de los restantes flujos de caja del proyecto. El valor total del proyecto viene condicionado por el valor actual del valor residual previsto, en la fecha que concluya el proyecto. Ahora bien, esta fecha viene determinada por el momento en que se igualen ese valor actual de los flujos de caja futuros y el valor residual. Por ello, el valor del proyecto no se altera cuando nos limitamos a sustituir el valor residual por el valor de los flujos de caja restantes.

#### e) Conclusiones

Aunque conceptualmente resulta sencillo contemplar la opción de abandono de un proyecto como una opción de venta americana, a la hora de llevar a la práctica la valoración de esta opción nos encontramos con numerosas dificultades entre las que señalamos:

- Dificultad para ampliar el modelo en el supuesto de que los ratios de distribución del proyecto sean dependientes del valor de proyecto.

Figura 4.10  
Análisis de sensibilidad



- Complejidad de la modelización para el caso de valores residuales aleatorios.
- Inexistencia de soluciones analíticas precisas por lo que se requiere la utilización de técnicas de aproximación numérica, incluso en los supuestos más sencillos.

#### 4.3.2.- Opción a asignar activos con riesgo a un nuevo proyecto.

Las empresas, cualquiera que sea su actividad, presentan en su funcionamiento ordinario otro conjunto de opciones que vienen dadas por determinados "acuerdos financieros". Entre éstos podríamos citar: la comisión que se paga como incentivo al asesor de inversiones en función de su rendimiento, las cuentas con depósito de márgenes, la oferta de intercambio de acciones entre empresas, o los acuerdos "standby". Todos ellos no son más que opciones para cambiar unos activos con riesgo por otros.

La ecuación para valorar este tipo de opciones fue desarrollada por William Margrabe (1978) partiendo de la solución para valorar una opción de compra europea de Black y Scholes (1973) y de la ampliación realizada por Merton (1973b).

La posibilidad de asignar un activo con riesgo a otro proyecto se podría considerar a priori como un caso especial de la opción a abandonar un proyecto, ya que los supuestos que hemos barajado hacen que el marco analítico de ambas opciones sea muy similar sin más que interpretar el valor residual estocástico como uno de los activos sin

riesgo. Sin embargo, más allá no sería de aplicación inmediata la formulación de una opción a abandonar dado que el análisis de Margrabe supone la no distribución de rendimientos de los activos que se asignan.

En cualquier caso, de nuevo nos encontramos ante una opción de venta americana sobre los activos del proyecto. Una opción que cuenta con los siguientes elementos:

- Precio de ejercicio: corresponde al valor que los activos tendrían en el proyecto alternativo al que se piensan destinar.
- Periodo hasta el vencimiento: plazo que tenemos para intercambiar los activos.
- Activo subyacente: los activos que se quieren asignar a un nuevo proyecto.

a) Valoración de la opción.

Supongamos que el precio de los dos activos son  $x_1$  y  $x_2$  y que no producen rendimientos regularmente; todos los rendimientos provendrían únicamente de las ganancias de capital por su enajenación. Así, la tasa de rendimiento de cada activo vendría dada por:

$$dx_i = x_i[\alpha_i dt + v_i dz_i] \quad (i=1,2) \quad (4)$$

donde,  $dz_i$  es un proceso Wiener. Esto supone que la tasa de retorno sigue un proceso Ito (Malliariis, Brock; 1988: 80-89).

La correlación entre los procesos Wiener  $dz_1$  y  $dz_2$  es  $\rho_{12}$  y, además, suponemos que  $\alpha_1$  y  $v_1$  son constantes.

Se quiere determinar la ecuación del valor de  $W(x_1, x_2, t)$  que es una opción de tipo europeo que sólo puede ejercitarse al vencimiento en  $t^*$ , donde su valor será  $x_1 - x_2$  si se ejerce o nulo si no se ejerce.

También se pueda considerar esta opción como dos simultáneas. Por una parte, es una opción de compra sobre el activo 1 con precio de ejercicio  $x_2$  y, por otra, es una opción de venta sobre el activo 2 con precio de ejercicio  $x_1$ .

Como siempre, el tenedor sólo ejercerá la opción si ésta le aporta un beneficio por lo que:

$$W(x_1, x_2, t^*) = \max(0, x_1 - x_2)$$

y también,

$$0 \leq W(x_1, x_2, t) \leq x_1$$

El tenedor de la opción podría cubrir su posición vendiendo  $w_1 = \delta w / \delta x_1$  unidades del activo 1 y comprando  $-w_2 = -\delta w / \delta x_2$  unidades del activo 2.

Según Margrabe (1978:178): "la fórmula de valoración debe ser una función lineal homogénea de  $x_1$  y  $x_2$ , por lo que la inversión cubierta será  $w = v_1 x_1 - v_2 x_2 = 0$ , según el Teorema de Euler".

Como vimos al tratar el modelo de Black y Scholes (ver epígrafe 3.3.2) estos autores convertían una posición larga en títulos y otra corta en opciones en una inversión que obtenía una rentabilidad igual a la de un activo sin riesgo.

Margrabe va más allá, ya que para eliminar el riesgo suprime todos los rendimientos, de forma que el valor de la posición cubierta es nulo. De este modo, el rendimiento de la inversión durante un pequeño intervalo de tiempo también será nulo:

$$dw - w_1 dx_1 - w_2 dx_2 = 0. \quad (5)$$

Aplicando el cálculo estocástico, podemos expresar el rendimiento de la opción (Merton, 1973: 76) como:

$$dw = w_1 dx_1 + w_2 dx_2 + w_3 dt + 1/2 [w_{11} v_1^2 x_1^2 + 2 w_{12} v_1 v_2 \int_{12} x_1 x_2 + w_{22} v_2^2 x_2^2] dt \quad (6)$$

donde,  $w_3 = \delta w / \delta t$

Por lo que,

$$w_3 + 1/2 [(w_{11} v_1^2 x_1^2 + 2 w_{12} v_1 v_2 \int_{12} x_1 x_2 + w_{22} v_2^2 x_2^2)] = 0 \quad (7)$$

Esta ecuación diferencial, que está sujeta a las restricciones:

$$w(x_1, x_2, t^*) = \max. (0, x_1 - x_2); \quad 0 \leq w(x_1, x_2, t) \leq x_1$$

obtiene la solución de la función:

$$w(x_1, x_2, t) = x_1 N(d_1) - x_2 N(d_2) \quad (8)$$

$$d_1 = \frac{\ln(x_1/x_2) + \frac{1}{2} v^2 (t^* - t)}{v \sqrt{(t^* - t)}}$$

$$d_2 = d_1 - v \sqrt{(t^* - t)}$$

donde,

$N()$  es la función de distribución de una normal estándar y  $v^2 = v_1^2 - 2 v_1 v_2 \rho_{12} + v_2^2$  es la varianza de

$$(x_1/x_2)^{-1} d(x_1/x_2).$$

Quizás la forma más sencilla de interpretar la formulación de Margrabe sea transformar el problema a uno del tipo Black-Scholes.

Consideremos que el activo 2 es numerable de forma que su precio, en términos de sí mismo, es la unidad. El precio del activo 1 es  $x = x_1/x_2$ , por lo que la opción será:

$$w(x_1, x_2, t)/x_1 = w(x_1/x_2, 1, t) \quad (9)$$

En un mercado perfecto, el tipo de interés de un préstamo sin riesgo denominado en unidades del activo 2 es cero. Esto es, quien presta una unidad del activo 2 recibirá una unidad del activo 2 cuando se amortice el préstamo. El aumento de valor del activo 2 durante el plazo en el que el préstamo está vivo compensa al prestamista por el riesgo asumido. Así se justifica que el prestamista no cargue ningún interés sobre el préstamo.

Si consideramos pues el activo 2 como numerable, la opción de cambiar el activo 2 por el activo 1 es un opción de compra sobre el activo 1, con un precio de ejercicio igual a la unidad y un tipo de interés igual a cero. Estamos ante un caso especial de la formulación de Black y Scholes:

$$w(x_1, x_2, t)/x_2 = w(x, t) = (x_1/x_2) N(d_1) - 1 \cdot e^{0(t-t^*)} N(d_2), \quad (10)$$

donde  $w(x, t)$  es la fórmula de Black-Scholes.

b) La comisión sobre rendimientos de cartera.

Los gestores de carteras habitualmente vienen recibiendo, junto con su salario, un "bonus" o comisión sobre el exceso de rendimiento que obtengan en sus carteras gestionadas respecto al de una cartera índice.

Vamos a analizar a continuación cómo este acuerdo entre gestor y cliente puede considerarse también como una opción a cambiar un activo con riesgo por otro.

Supongamos que la comisión viene definida por:

$$C = \delta (R_1 - R_2)$$

donde,

$R_1$  = es el rendimiento obtenido por la cartera gestionada.

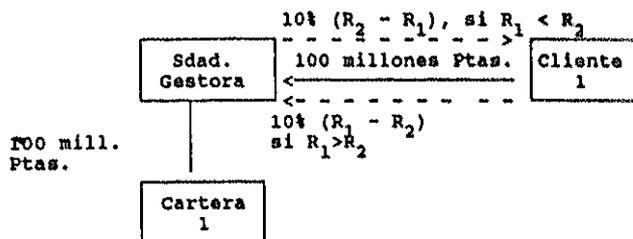
$R_2$  = es el rendimiento de una cartera índice y nos sirve para evaluar al gestor.

$\delta$  = oscila entre cero y el importe total de la cartera asignada al gestor.

Podríamos considerar que el gestor, en caso de que obtenga una rentabilidad superior a la cartera índice, obtiene una comisión positiva que puede llegar al valor máximo del 100% del exceso de rendimiento sobre el total de la cartera. Ahora bien ¿qué ocurriría si su gestión arroja un rendimiento inferior al de la cartera índice?. A priori podríamos apuntar que el gestor debería pagar una comisión al titular de la cartera para compensarle por su errónea gestión. Ahora bien, esto podría situarle en una posición de bancarrota en el caso de que gestionara carteras importantes.

Por ello, resulta frecuente la creación de un fondo corporativo por parte de los gestores de cartera, que les limite las pérdidas cuando sus comisiones son negativas.

En este caso, esa comisión funcionaría igual que una opción y se podría valorar con la solución analítica presentada en el apartado a) de este epígrafe.



En este esquema tratamos de recoger un ejemplo práctico de este tipo de opciones: nos encontramos con una sociedad gestora de carteras que recibe 100 millones de pesetas del cliente, para realizar su gestión. En el contrato de gestión de patrimonios figura una cláusula que determina que el cliente pagará a la gestora el 10% del exceso de rendimiento que obtenga su cartera respecto al que obtendría por una cartera de la misma cuantía formada por letras del Tesoro a 1 año, adquiridas en el mercado secundario al tipo medio. Asimismo, todo rendimiento de la cartera por debajo del correspondiente al activo de referencia originará una compensación de la gestora al cliente por un importe del 10% de la diferencia de rendimientos. Este contrato se ha firmado en principio por 6 meses. La desviación estándar mensual del rendimiento de la cartera gestionada es del 5% y la correspondiente a letras del Tesoro también es del 5%. Suponemos también que no existe correlación entre el rendimiento de ambas carteras.

Si aplicamos la solución de la función:

$$W(x_1, x_2, t) = x_1 N(d_1) - x_2 N(d_2) \quad (11)$$

sujeta a las condiciones de entorno:

$$d_1 = \frac{\ln(x_1/x_2) + \frac{1}{2} v^2 (t^* - t)}{v \sqrt{(t^* - t)}}$$

$$d_2 = d_1 - v \sqrt{(t^* - t)}$$

tenemos:

$$d_1 = \frac{\ln(100/100) + \frac{1}{2} 0'005(6)}{0'0707/6} = 0'86602$$

$$= \frac{0 + 3 \times 0'005}{0'0707 \times 2'449} = \frac{0'015}{0'1732} = 0'0866$$

$$v^2 = v^2_1 - 2v_1 v_2 \rho_{12} + v^2_2 = 0'05^2 - 2 \times 0'05 \times 0'05 \times 0 + 0'05^2 =$$

$$= 0'0025 + 0'0025 = 0'005$$

$$v = \sqrt{0'005} = 0'0707$$

$$x_1 = x_2 = 100 \text{ mill. ptas.}$$

$$v_1 = v_2 = 0'05$$

$$\rho_{12} = 0$$

$$t^* - t = 6 \text{ meses.}$$

$$d_2 = 0'0866 - 0,0707/6 = -0'0866$$

$$\begin{aligned} W(x_1, x_2, t) &= 100xN(0,0866) + 100xN(-0'0866) = 100xN(0'09) + \\ &+ 100xN(-0'09) = 100x0'5359 - 100x0'4641 = \\ &= 53'59 - 46,41 = 7,18 \text{ millones de pesetas.} \end{aligned}$$

En este ejemplo, el valor de la opción para la gestora valdría 7,18 millones de pesetas y sería lo máximo que los gestores estarían dispuestos a ceder a sus clientes para capturar sus carteras.

Ahora bien, si la gestora acuerda o fija garantías para asegurarse su conformidad con el contrato de comisiones, disminuirá el riesgo de ésta y la opción claramente tendrá un valor inferior.

En general, estos contratos incluyen también una cláusula que protege al inversor de forma que, si se modifica la estrategia o las características de las inversiones pactadas en el contrato, la gestora deberá compensar al inversor por el cambio realizado.

En este supuesto, a la sociedad gestora nunca le interesará rescindir el contrato de forma unilateral, ya que el hecho de que se mantenga esa opción viva es positivo. Por el contrario, si el contrato lo permite, el inversor descontento con la gestión de sus inversiones podría retirar su patrimonio antes de la fecha de vencimiento. Esto eliminaría la opción de la gestora, por ello, se suelen incluir en los contratos cláusulas que impidan su rescisión antes de la fecha pactada.

### c) Las cuentas con depósito de márgenes

Otro caso que supone una asignación de activos, se plantea cuando un inversor pide un préstamo a su sociedad de valores para financiar una parte del coste de los valores ( $x_1$ ) que desea adquirir. A tal efecto, se fija como garantía del préstamo los propios valores que se adquieren. Al vencimiento del préstamo, el inversor puede amortizar dicho préstamo y recuperar los valores en garantía o bien puede

optar por no amortizarlo. En este último caso, los valores en garantía pasarían a manos de la sociedad de valores.

Si el inversor sólo debe a la sociedad de valores el préstamo  $c$ , que es tan sólo una fracción del coste de compra de los valores  $\{x_1\}$ , debido a que la garantía incluye a todos los valores adquiridos, entonces el inversor posee una opción sobre las garantías, siendo el precio de ejercicio  $c$ . En definitiva, es similar a las cuentas de clientes en las que el depósito de un pequeño margen permite realizar una compra apalancada de un número de títulos de mayor valor al del margen.

Nos encontramos ante una opción con un exiguo plazo hasta su vencimiento, ya que cuando los mercados de valores están abiertos, la sociedad de valores puede controlar el valor de las garantías y del margen depositado. Obviamente, tan pronto como el valor de las garantías caiga, se exigirá mayores garantías. Si el inversor no puede reponerlas de forma inmediata, la sociedad puede vender algunos de los valores en garantía, aplicando el dinero así obtenido a reducir el importe del préstamo del cliente hasta un volumen que vuelva a estar garantizado por los valores restantes.

Si la sociedad de valores valora las garantías cada  $t^* - t$  meses, es como si hubiera emitido una opción con ese mismo plazo de vida. En este ejemplo,  $t^* - t$  puede ser muy pequeño en función de los usos de cada sociedad de valores. Conforme  $t^* - t$  tiende a cero el valor de la opción tiende al valor neto de los activos  $x_1 - c$ .

Al cierre diario del mercado, el inversor tiene una opción europea que expira a la apertura del mercado al

día siguiente. Para ejercitar esta opción tomará prestado de la sociedad de valores el precio de ejercicio si las garantías se ajustan a lo necesario. En otro caso, deberá depositar un margen adicional para cubrir el escaso valor de las garantías. También podría dejar expirar la opción si las garantías fueran insuficientes.

En este supuesto partimos de una hipótesis extrema: que el inversor tiene todo su capital económico y financiero en esta cuenta de márgenes. Ahora bien, si el inversor posee otros activos y pasivos, podría dejar de pagar sus deudas cuando su valor neto fuera negativo, aunque dudamos mucho que así lo hiciera por los efectos altamente negativos de declararse en bancarrota.

Por ello, si el inversor venda en descubierto un activo con riesgo, tiene la opción de cambiar su posición corta en un activo por otra posición larga.

Vamos a aclarar este tema con un ejemplo numérico. Si consideramos dos sociedades de inversión mobiliaria que tienen el mismo riesgo sistemático y no sistemático ( $f_{12} = 1$  y  $v_1 = v_2 = 0,05$  para las tasas de rendimiento mensual) e imaginamos que un inversor quiere financiar la compra de 1 millón de pesetas en la primera SIM con una venta en descubierto en la segunda. Comprobamos que la sociedad de valores que lleva esta operación la encuentra menos arriesgada que prestar el importe correspondiente al margen. De hecho, la opción del inversor carece de valor y por ello las sociedades de valores exigirán en general menos en este tipo de operaciones que en las que únicamente hay una venta de valores con el depósito del margen.

Caso distinto sería si  $f_{12}$  y  $v_2$  adoptaran otros valores, ya que ello inclinaría a las sociedades de valores

a preferir operaciones que no conlleven una venta en descubierto por su mayor riesgo.

Así, cuando  $f_{12} = -1$ , la venta en descubierto y la compra juntas serían el doble de arriesgadas que cualquiera de ellas por separado ( $v = 2v_1 = 2v_2$ ). Aquí el comprador estaría dispuesto a pagar más por esta opción y la sociedad de valores también exigiría más.

#### d) Oferta de intercambio de acciones.

Recoge la posibilidad de intercambiar acciones de una empresa no endeudada por acciones de otra empresa. Para los accionistas de la sociedad oferente supone una opción a cambiar un tipo de acciones por otro. Por ejemplo, consideremos que el precio de las acciones de la primera empresa es  $z_1$  y coincide con el precio de las acciones de la segunda,  $z_2$ . El número de acciones de la primera es  $N$ , mientras que el de la segunda es  $n$ . La primera empresa decide realizar una oferta (pública o privada) de adquisición de acciones al cambio de  $1x_1$ , dando de plazo para la conversión hasta  $t^*$ . En este ejemplo hipotético, suponemos además que no exista información adicional sobre los proyectos futuros de cada empresa y esto, en definitiva, conduce a elevar el precio de las acciones de la empresa 2 debido a que los accionistas tienen ahora la opción a convertir sus acciones en otras distintas.

Desde que se anuncia la oferta hasta que ésta expira, hemos de incorporar al valor de las acciones de la segunda empresa el valor de la opción mencionada, cuyo valor será como mínimo cero. Si el accionista decide ir a la conversión recibirá:

$$x_1 = [(N-n)z_1 + n z_2]/N$$

y entregará:  $x_2 = z_2$

Bastará sustituir en

$$w(x_1, x_2, t) = x_1 N(d_1) + x_2 N(d_2)$$

el valor de  $x_1$  y de  $x_2$  para obtener el valor de la opción.

Esta original y sencilla aplicación de la opción de intercambio de activos fue idea de Ron Masulis que recomendó su desarrollo a William Margrabe (1978).

Como podemos apreciar, esta opción también depende del grado de correlación que exista entre  $x_1$  y  $x_2$  y del plazo de tiempo hasta el vencimiento.

Aquí, además se suma un cierto efecto perverso en la medida que, la dirección de la empresa primera actúa, a priori, en perjuicio de los intereses de sus propios accionistas. Cualquier beneficio de los accionistas de la empresa segunda supone una pérdida para los de la primera, que en definitiva son los emisores de la opción aunque no reciben ninguna prima a cambio.

Esto se podría salvar fácilmente. Bastaría con que la empresa que realiza la oferta cobrara una prima a los accionistas de la segunda que la permitiera compensar a sus accionistas por renunciar a esta opción. Además, la opción se podría negociar con independencia de la acción subyacente.

e) Los acuerdos "standby."

De entre los numerosos acuerdos "standby" que existen en la actualidad, nos ceñiremos a un supuesto

sencillo que no contempla la problemática asociada a los cupones de los títulos hipotecarios.

Un acuerdo "standby" puede considerarse como una opción de venta sobre un contrato de futuros de títulos hipotecarios. El comprador de estos futuros obtiene una opción a vender un paquete de títulos hipotecarios a un precio determinado que, en cualquier caso, debe ejercitar antes o en la fecha de notificación, es decir, algunos meses antes de la fecha de entrega. Si decide ejercitar su opción venderá sus hipotecas en el mercado de futuros, por ello, la opción es sobre una venta a futuro de los títulos hipotecarios. La comisión que hay que pagar por el acuerdo es la prima de la opción.

Para determinar el valor de la opción en  $t$ , cuyo vencimiento es  $t^*$ , hemos de tener presente que el activo subyacente es un contrato de futuro que, a su vez, tiene una fecha de vencimiento de  $t^{**}$ , por ello, el tenedor de la opción sólo la ejercerá en  $t^*$  si el valor del beneficio en  $t^{**}$  es en ese momento positivo, es decir, si

$$CP(t^*) - X(t^*) > 0$$

siendo

$C$ : precio de ejercicio.

$P(t) = P(t^{**}, t)$ : es el precio en  $t$  de un bono a descuento sin riesgo que vence en  $t^{**}$ .

$X(t)$ : precio al contado de los títulos hipotecarios subyacentes.

El valor de la opción en  $t^*$  es el  $\max\{0, PC - X\}$ . Además si introducimos la restricción de que los cambios porcentuales en el precio al contado,  $X$ , siguen un proceso

Ito (Malliaris; Brock:1982: 80-89), con una media,  $a_x$  constante y una desviación  $V_x$ :  $dX/X = a_x dt + V_x dz_x$ . También consideramos que el valor del bono al descuento sin riesgo es uno a su vencimiento. Hasta que éste se produzca, las variaciones del precio vienen definidas por

$$dP/P = \delta_p dt + v_p dz_p$$

y si hacemos  $x_1 = PC$  y  $x_2 = X$ , entonces para todo  $t \leq t^*$  el valor de la opción será:

$$w(x_1, x_2, t) = w(PC, X, t) = PC N(d_1) - X N(d_2)$$

donde,

$$d_1 = \frac{[\ln(PC/X) + \frac{1}{2} v^2 (t^* - t)]}{v \sqrt{(t^* - t)}}$$

$$d_2 = d_1 - v \sqrt{(t^* - t)}$$

$$y v^2 = v_p^2 - 2v_p v_x \rho_{px} + v_x^2$$

En resumen, el comprador de un acuerdo "standby" tiene una opción de venta para cambiar títulos hipotecarios por dinero en el mercado de futuros.

#### 4.3.3.- Opción a parar temporalmente la producción.

Los procedimientos tradicionales de presupuesto de capital generalmente suponen que los proyectos de inversión tienen una vida ilimitada. Sin embargo, especialmente en aquellos proyectos que presenten determinadas características, puede resultar desaconsejable continuar con la producción durante un año en el que, por ejemplo, los ingresos previstos no cubran los costes variables. Reconocer de forma explícita este tipo de flexibilidad en la gestión,

puede resultar especialmente importante cuando de lo que se trata es de elegir entre tecnologías de producción alternativas que presentan diferentes relaciones entre costes fijos y variables.

Entre los autores que han utilizado este enfoque para la valoración de proyectos de inversión, que presentan una opción a interrumpir la producción temporalmente sin costes (es decir, sin que afecte a los precios o a los costes futuros) destacan Robert McDonald y Daniel Siegel (1985).

Estos autores han desarrollado una metodología para valorar los proyectos de inversión con riesgo, esto es, aquellos que presentan ingresos y costes previstos de carácter incierto. En otro caso, si conociéramos "ex ante" el flujo de ingresos y de gastos con exactitud, claramente podríamos determinar si resulta aconsejable realizar esa inversión.

De nuevo recobramos algunos puntos tratados en el capítulo 3, ya que vamos a suponer que tanto los precios como los costes siguen un proceso estocástico continuo en el tiempo.

En el modelo desarrollado por McDonald y Siegel, la empresa es neutral al riesgo, mientras que sus accionistas tienen aversión al riesgo y su objetivo es maximizar el valor de sus ingresos. Otros modelos presentan empresas con objetivos distintos como la maximización de la utilidad de los beneficios y, en consecuencia, los resultados suelen diferir de los de McDonald y Siegel, que pasamos a resumir en:

1) El efecto de un aumento en la varianza del precio del "output" no es unívoco, sino que puede contribuir tanto a elevar como a reducir el valor del proyecto. Esto se daba a que la mayor variabilidad del precio del "output" por una parte aumenta el valor esperado de los beneficios futuros, para un nivel de inversión dado, pero por otra puede reducir el valor actual de los derechos sobre los beneficios futuros. El efecto neto depende del grado de covarianza que se da entre los flujos de caja del proyecto y otros flujos de entrada aleatorios.

2) Si existen precios de futuros sobre esas materias primas, la empresa puede valorar su proyecto sin tener que realizar predicciones acerca de la evolución de los precios de las materias primas, incluso en el supuesto de que los precios de los futuros sean un estimador sesgado del precio futuro de las materias primas.

3) Por otra parte, si consideramos un proyecto con un volumen de inversión fijo, es posible que el valor actual de los beneficios inciertos que genere durante varios años sea superior a los correspondientes en el futuro inmediato. Sin embargo, los derechos sobre los beneficios que se obtengan en un futuro lejano siempre tendrán un valor actual menor que los beneficios que se obtengan en un futuro próximo (McDonald, Siegel; 1985: 331-332).

Vamos a analizar a continuación la versión más sencilla del modelo que valora un proyecto de inversión que utiliza una tecnología de producción poco sofisticada y que presenta una opción a parar temporalmente su producción, asumiendo que los inversores son neutrales ante el riesgo.

a) El modelo de valoración con neutralidad ante el riesgo

Partimos del caso de una inversión que, por cada  $t$  unidades de tiempo, produce una unidad de "output" que vende a un precio  $P_t$  e incurre en un coste variable de producción  $C_t$ . El margen de producción es, para cada  $t$ ,  $P_t - C_t$ , siempre que la empresa decida producir ya que si esto no es así el beneficio sería nulo. Hasta el instante  $t$ , la empresa tiene la opción a producir o no producir. El flujo de beneficios en  $t$  será por tanto:

$$B_t = \max [0, P_t - C_t]$$

Los beneficios son, en consecuencia, una función convexa del precio, tal y como podemos observar en la figura 4.11.

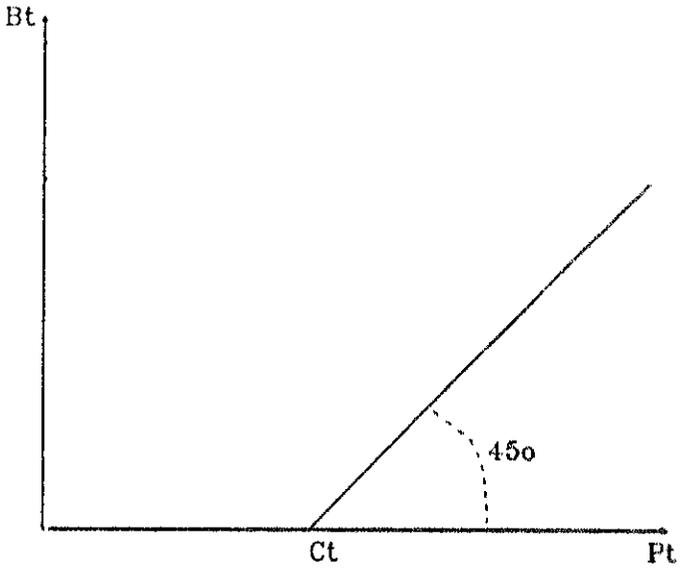
Por ello, si el precio del "output" es aleatorio, tenemos que,

$$E_0 (\max [0, P_t - C_t]) \geq \max [0, E_0 (P_t) - C_t]$$

Los beneficios aleatorios tendrán un valor esperado al menos tan elevado como los beneficios conocidos, con un precio igual a la media de los precios aleatorios. De forma análoga, los aumentos que protegen la media de precios en ambiente de incertidumbre producen un incremento en el valor esperado de los beneficios futuros.

La convexidad de esta función viene dada por el hecho de que cuanto mayor sea la incertidumbre acerca de los precios del "output" mayor será el valor de la empresa.

Figura 4.11  
FUNCION DE BENEFICIOS



Estamos partiendo de la hipótesis de neutralidad ante el riesgo, si bien hay que matizar que, en el caso de que el inversor tuviera aversión al riesgo, ese aumento de los beneficios esperados podría quedar anulado por una penalización del tipo de descuento del proyecto. En consecuencia, el valor de mercado de la empresa puede reducirse cuando se presenta un aumento en la variabilidad del precio del "output".

Vamos a obtener ahora el valor de la opción,  $V_0(t)$ , sobre los beneficios obtenidos en  $t$  y condicionada por la información en  $t=0$ . Tan pronto como obtengamos  $V_0(t)$ , podremos calcular el valor del equipo productivo que genera la corriente de beneficios futuros. Basta sumar el valor de los derechos:

$$J = \int_0^T V_0(t) dt$$

donde suponemos que el equipo productivo tiene una vida útil de  $T$  periodos.

Hipótesis de partida: para obtener la fórmula de valoración explícita debemos introducir los siguientes supuestos:

- 1) La empresa es precio aceptante en el mercado donde vende su producción y este precio sigue un proceso estocástico temporal y continuo de la forma:

$$\frac{dP}{P} = \alpha_p dt + \sigma_p dz_p$$

donde,

$\alpha_p$ : es la tasa de crecimiento esperada del precio del "output".

$\sigma_p$ : es la varianza, por unidad de tiempo, de esa tasa de crecimiento.

$dz_p$ : es el incremento diferencial del proceso Wiener  $z_p$ . Este proceso parte del supuesto de que el precio del "output" se conoce con certeza en el momento cero, pero que su ritmo de crecimiento es cada vez más incierto conforme nos alejamos en el tiempo.

Si integramos esta función según Fisher (1973), tenemos que:

$$\frac{P_t}{P_0} = \exp\{(\alpha - \frac{1}{2} \sigma^2)t + \sigma \int_0^t dz_s\}$$

Si aplicamos el lema Ito a esta última expresión que genera  $dP/P$  y suponemos que  $dz$  es una variable aleatoria con distribución normal standard, tendremos que,

$$\ln(P_t) = (\alpha - \frac{1}{2} \sigma^2)t + \sigma \int_0^t dz_s + \ln(P_0)$$

que tiene una distribución normal de media

$$(\alpha - \frac{1}{2} \sigma^2)t + \ln(P_0) = \mu \text{ y varianza } \sigma^2 t = s^2.$$

Así,  $P_t$  es una distribución logarítmico normal con media  $E_0[P_t] = P_0 e^{\alpha t}$  y cuya función de densidad es:

$$g(P) = (Ps / (2\pi))^{-1} \exp\{-\frac{1}{2}(\ln P - \mu)^2 / s^2\}; 0 < P < \infty$$

Si ahora calculamos:

$$E_0[\max(0, P_t - C)] = \int_0^{\infty} (P_t - C) g(P) dP$$

realizando el siguiente cambio de variable

$$y = \frac{\ln P - \mu}{s}$$

quedaría así:

$$\int_{\frac{\ln C - \mu}{s}}^{\infty} (e^{ys+\mu} - C) (e^{ys+\mu} s / (2\pi))^{-1} e^{-\frac{1}{2}y^2} s e^{ys+\mu} dy$$

o lo que es lo mismo:

$$\int_{\frac{\ln C - \mu}{s}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{(2\pi)}} e^{-\frac{1}{2}z^2} e^{\mu + \frac{1}{2}zs^2} dz - C \int_{\frac{\ln C - \mu}{s}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{(2\pi)}} e^{-\frac{1}{2}y^2} dy$$

donde el mayor cambio de la variable  $z = y - s$  se realizó en la primera integral.

Ahora podemos definir:

$$N(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{(2\pi)}} e^{-\frac{1}{2}z^2} dz$$

y señalar que:

$$1 - N(x) = N(-x)$$

Completando el modelo podríamos realizar sustituciones hasta obtener:

$$e^{\mu + \frac{1}{2} s^2 t} N\left(s - \frac{\ln C - \mu}{s}\right) CN \frac{(\mu - \ln C)}{s}$$

en la que sustituimos  $\mu$  y  $s$  por sus respectivos valores:

$$P_0 e^{\alpha t} N(d_1) - CN(d_2)$$

donde,

$$d_1 = \frac{\ln(P_0/C) + (\alpha + \frac{1}{2} \sigma^2) t}{\sigma \sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t}$$

En consecuencia, si  $\ln(p_t)$  sigue una distribución normal de media  $\mu$  y varianza  $s^2$ , entonces  $P_t$  es una distribución logarítmico normal con media

$$E(P_t) = e^{\mu + \frac{1}{2} s^2 t} = P_0 e^{\alpha t}$$

donde la segunda igualdad se obtiene por las definiciones de  $\mu$  y  $s^2$ .

Por tanto, la capacidad que se tenga para obtener los precios futuros de las materias primas (o de elaborar precios sombra futuros) determinará la posibilidad de asumir un proceso arbitrario que genere  $P$ . Así la solución que obtengamos vendría definida por los precios a futuro de las materias primas en vez de por los precios al contado.

- 2) Conocemos con certeza en  $t=0$  el coste unitario variable de producción,  $C_t$ .
- 3) La empresa puede modificar su nivel de producción, temporalmente y sin costes, sin alterar los precios o costes futuros.
- 4) El tipo de interés libre de riesgo,  $i$ , es constante y conocido con certeza.

Una vez conocidas las restricciones del modelo podemos obtener una fórmula que nos permita valorar los flujos de caja futuros. Para ello, basta comentar que el valor actual de un flujo de caja incierto es igual al flujo de caja esperado descontado al tipo de interés sin riesgo. En consecuencia, el valor de la opción para producir en  $t$  sería:

$$V(P_0, C_t, t) = e^{-it} E_0[\pi_t] = e^{-it} E_0[\max(P_t - C_t, 0)]$$

Si representamos la función de densidad de  $P_t$  condicionada a  $P_0$  como  $g(P_t; \alpha_p, \sigma_p, P_0)$ , esta expresión quedaría así:

$$\begin{aligned} V(P_0, C_t, t) &= e^{-it} \int_0^{\infty} \pi_t g(P_t; \alpha_p, \sigma_p, P_0) dP_t = \\ &= e^{-it} \int_{C_t}^{\infty} (P_t - C_t) g(P_t; \alpha_p, \sigma_p, P_0) dP_t \end{aligned}$$

Como hemos visto más arriba la solución de esta ecuación quedaría recogida por la expresión:

$$V(P_0, C_t, t) = P_0 e^{-\delta t} N(d_1) - C_t e^{-it} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln(P_0/C_t) + (r - \delta + \sigma^2/2)t}{\sigma_p \sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_p \sqrt{t}$$

$$\delta = 1 - \alpha_p$$

Esta solución corresponde al valor de una opción de compra europea sobre una acción que recibe un dividendo continuo al tipo proporcional de  $\delta$  (ver epígrafe 3.3.4.2).

Ahora bien, esta formulación sólo recoge el supuesto de neutralidad ante el riesgo, si bien, pueda adaptarse al caso en que los derechos de la empresa sean valorados por inversores con aversión al riesgo. Este supuesto ha sido analizado entre otros por Robert Merton (1973 a)) utilizando su modelo intertemporal de valoración de activos económicos (CAPM intertemporal) que no comentaremos en este trabajo.

En resumen, podemos observar la relación existente con las fórmulas de valoración de opciones financieras. La opción a producir en el momento  $t$  es análoga a una opción europea sobre una acción que expira en  $t$ . El propietario de un equipo productivo tiene el derecho a producir un activo a un coste variable de producción  $C_t$  (análogo al precio de ejercicio de una opción de compra) y el derecho a recibir el precio de ese activo  $P_t$  (análogo al precio del título subyacente). Al igual que el tenedor de una opción financiera de compra puede no ejercitarla en el vencimiento, si el precio de ejercicio es superior al precio de mercado del activo subyacente, el propietario de un activo productivo también puede limitar o evitar sus pérdidas parando la producción si el coste variable de producción supera los ingresos por ventas.

La semejanza de estas opciones de flexibilidad con las opciones financieras llega a todos los extremos. Así, si una opción sobre una acción que recibe dividendos vale menos que otra sobre el mismo título que no recibe dividendos, ya que el tenedor de la primera sólo tiene derecho sobre las ganancias de capital de la acción, para el caso de que esta opción de flexibilidad, el tenedor del equipo productivo tiene el derecho sobre el precio de los productos que, si estos son almacenables, generalmente aumenta a un tipo esperado menor que el correspondiente al de un activo con el mismo riesgo financiero que no reciba dividendos .

La fórmula de valoración dependerá por tanto de  $i$ , de  $\sigma_p^2$  y de la tasa de dividendo observada,  $\delta$ , si el título recibe un dividendo proporcional de forma continua. Como  $\delta = \alpha_s - \alpha_p$ , generalmente no se puede observar, por ello dependerá del riesgo sistemático del título. Todo ello contribuya, una vez más, a obtener fórmulas de aplicación más complejas que las correspondientes a opciones financieras.

#### 4.3.4.- Opción a aumentar o contraer el nivel de producción.

A la hora de valorar inversiones para explotar yacimientos de recursos naturales, el criterio de descuento de flujos de caja se ha mostrado especialmente insuficiente para reflejar el auténtico valor de estas inversiones. Junto con todas las críticas que se pueden efectuar a los criterios clásicos de valoración de inversiones, ahora nos encontramos con una que afecta especialmente a este tipo de proyectos. Generalmente se viene utilizando como tipo de descuento el obtenido a través del "Capital Asset Pricing Model" (CAPM), que corresponde a la beta de otras empresas

del mismo negocio o sector. Realmente cada empresa cuenta con una cartera de proyectos de inversión, si bien no todos tienen que estar ligados a la misma actividad. Por ello, no resulta adecuado aplicar la beta de una empresa/sector a un nuevo proyecto.

A la dificultad de estimar la beta del proyecto se le suma, en el caso que nos ocupa, el que cualquier estimación de los flujos de caja para varios años, siempre resulta extremadamente irreal. Las enormes fluctuaciones del precio de las materias primas, que pueden alcanzar fácilmente el 25% o el 50% durante un año, justifican este hecho.

En suma, la insuficiencia del enfoque clásico para valorar este tipo de inversiones se debe a la premisa de partida: la similitud entre una cartera de bonos sin riesgo y un proyecto de inversión en capital económico. Aunque en otros casos puede resultar, y de hecho resulta, útil esta analogía, ese no es el caso de las inversiones que presentan una gran volatilidad de los flujos de caja. Por ello, si deseamos recurrir a otra analogía, sería a todas luces más acertada la existente entre esas inversiones y las opciones sobre un recurso natural.

Cualquier mina o yacimiento de recursos naturales se asemeja a una opción compleja sobre los recursos que contiene.

Este ejemplo de opciones recoge también otros supuestos de opciones de flexibilidad. El propietario de una mina tiene el derecho a elegir el nivel óptimo de producción, es decir, puede aumentarlo o contraerlo. También puede optar por cerrar la mina, por reabrirla o incluso abandonarla en determinados casos.

El modelo desarrollado y llevado a la práctica por Michael Brennan y Eduardo Schwartz (1985) tiene en cuenta de forma explícita el control de la dirección sobre el nivel de producción e incluso la posibilidad de que se interrumpa o se abandone cuando los precios de los productos caigan en una cuantía importante.

El enfoque de valoración de opciones nos conduce a determinar el valor de una mina o un yacimiento de acuerdo a una ecuación diferencial sujeta a unas condiciones de contorno.

En todo caso, el valor de una mina dependerá de si está en funcionamiento o está parada, incurriendo en costes de mantenimiento, del grado de reservas aún no explotadas e incluso dependerá también del precio de ese recurso en el mercado cuando el nivel de producción esté fijado. Los costes medios de explotación o de extracción son también un elemento más para determinar el valor de una mina.

Consideremos las siguientes condiciones de contorno:

- El agotamiento de la mina. En este caso el valor de la mina corresponde a su valor residual, que puede reducirse al del terreno donde se halle ubicada o incluso puede ser negativo (imaginemos un pozo petrolífero en el mar que deba ser trasladado o desmontado incurriendo en el consiguiente gasto de desmantelación).

$$N(R, P, C) = VR$$

donde,

$N(.)$ : El valor actual de la mina en estado de no funcionamiento.

R: Las reservas de la mina.

P: El precio del recurso en el mercado al contado.

C: Costes medios de explotación.

VR: Valor residual.

- El abandono anticipado. La producción debe pararse cuando los costes inherentes a la extracción superen a los ingresos que genera la venta del mineral o recurso. Ahora bien, ¿qué ocurriría si los costes de mantenimiento fueran también elevados?, en este caso podría ser recomendable el cierre de la mina aunque no esté agotada.

$$N(R, P, C) \geq VR$$

- El aumento o la reducción del nivel de producción. Un caso extremo nos llevaría a elevar la producción al máximo que permita la capacidad productiva instalada o, por el contrario, a parar temporalmente la producción, incluso incurriendo en costes. Esta sería la estrategia recomendable cuando los costes de producción son constantes y estamos en un mercado competitivo en el que el propietario de la mina no influye sobre los precios de los productos.

$$F(R, P, C) \geq N(R, P, C) - C_p$$

donde,

$F(.)$ : el valor actual de la mina en funcionamiento.

$C_p$ : costes de parar temporalmente la producción.

Claramente, convendría parar la producción cuando el valor de la mina parada menos los costes asociados a tal estado superen al valor de la mina en funcionamiento.

Análogamente, resultaría aconsejable volverla a poner en marcha tan pronto como su valor en funcionamiento supere el valor de la mina parada más los costes inherentes al reinicio de la producción:

$$F(R, P, C) \geq N(R, P, C) + C_r$$

siendo  $C_r$  los costes de reinicio de la producción.

- Los flujos de caja generados

$$q[P(1-r)-M(C)] (1-i_g) - i_p V$$

siendo,

$q$ : la capacidad utilizada ( $\dagger$ ).

$r$ : los royalties pagados.

$M(C)$ : costes medios de producción para un nivel de utilización  $q$ .

$i_g$ : tipo de gravamen en el impuesto sobre sociedades.

$i_p$ : tipo de gravamen en el impuesto sobre bienes de personas jurídicas.

$V$ : valor de la mina.

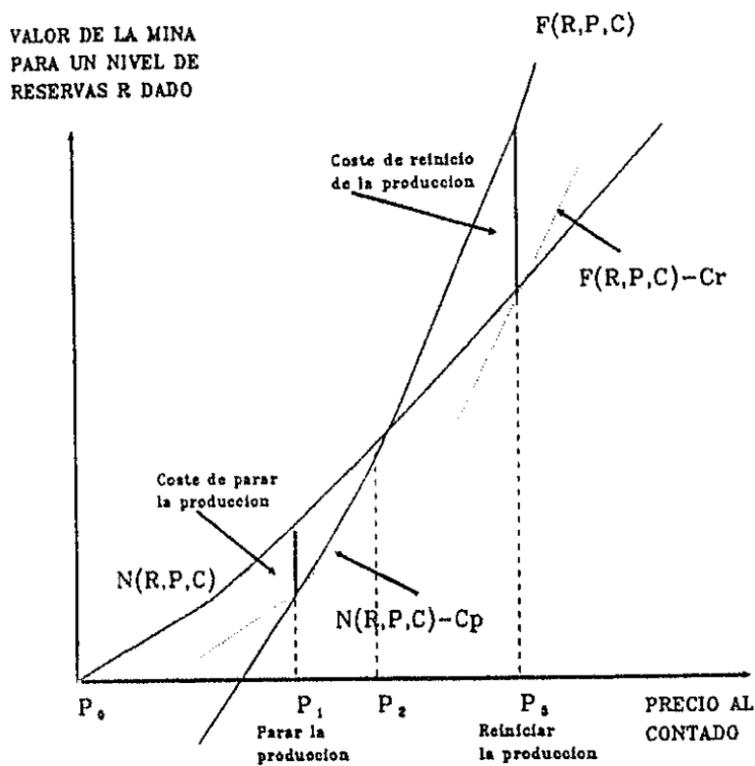
Como podemos observar en la figura 4.12, mientras el precio del correspondiente recurso esté comprendido entre  $P_0$  y  $P_1$ , la mina debería permanecer parada. Cuando el precio aumenta vemos como la diferencia entre  $N(R, P, C)$  y  $F(R, P, C)$  tiende a disminuir. En  $P_2$  el valor de la mina en funcionamiento coincide con el valor de la mina parada, sin embargo, no se reiniciaría la producción dado que existen unos costes que harían incurrir en pérdidas a los productores. Por ello, hasta que no se alcanzara el precio  $P_3$  no sería recomendable reiniciar la producción. En ese momento  $F(R, P, C) = N(R, P, C) + C_r$ .

Si la tendencia se invirtiera y el precio comenzara a descender hasta  $P_2$  la empresa no se plantearía todavía el cierre de la mina, pues  $F(R, P, C) = N(R, P, C)$ , mientras que si cerrara incurriría en un coste  $C_p$ . Por ello, hasta que el precio no se sitúe en  $P_1$  no decidirá parar la producción, es decir, cuando  $N(R, P, C) = F(R, P, C) + C_p$ .

Michael Brennan y Eduardo Schwartz (1987) han aplicado este enfoque a la valoración, entre otras, de una mina de oro con los siguientes resultados:

- 1) Las variables requeridas para valorar la mina con el enfoque de la OPT difieren de las exigidas con el de descuento de flujos de caja. En el cuadro siguiente recogemos esas diferencias.

Figura 4.12  
VALOR DE UNA MINA



	DPC	OPT
<b>MINA</b>		
Capacidad utilizada	X	X
Reservas actuales	X	X
Costes medios de producción	X	X
Coste de reinicio de la producción	-	X
Coste de parar la producción	-	X
Costes anuales de mantenimiento de la mina cerrada	-	X
Valor residual	-	X
Inflación de costes	X	X
Coste del capital de la mina	X	-
<b>ORO</b>		
Rendimiento por conveniencia (1) (Relación entre precio a futuro y precio al contado) 0% para el caso del oro	-	X
Riesgo del precio (datos históricos)	-	X
Precio estimado del oro	X	-
<b>IMPUESTOS</b>		
Sobre bienes de personas jurídicas	X	X
Sobre renta	X	X
Royalty	X	X
<b>TIPO DE INTERES</b>		
Tipo de interés anual	X	X

X: Dato necesario para el cálculo del valor de la mina.

(1): El rendimiento por conveniencia es el beneficio derivado de la tenencia de un stock del recurso natural. Ello permite al propietario continuar con su producción en casos de falta de suministro de esa materia prima. Además justifica que, incluso si se estima que el precio de ese recurso descenderá en el futuro reduciendo el valor real del

stock, el beneficio de tener materias primas disponibles ante cualquier contingencia compense al empresario por la depreciación de su stock.

Para ilustrar este método recogemos el ejemplo realizado por estos autores, que consta de los siguientes datos:

Capacidad utilizada: 50.000 onzas al año.

Reservas actuales: 1 millón de onzas.

Costes actuales medios de producción: 250 dólares por onza.

Costes actuales de reinicio: 1 millón de dólares.

Costes actuales de parada: 1 millón de dólares.

Costes actuales medios de mantenimiento: 1 millón de dólares al año.

Valor residual: 0.

Inflación de costes: 9% anual.

Rendimiento de conveniencia: 0%.

Riesgo del precio del oro: 20% anual.

Impuesto sobre bienes de personas jurídicas: 2% anual.

Impuesto sobre sociedades: 48%.

Royalty: 2%.

Tipo de interés: 9% anual.

Se considera además que existen reservas para 20 años.

Valor de una mina de oro para diferentes precios del oro

Precio del oro (\$ por onza)	Valor de la mina (en millones de \$)		Valor de las opciones de parar y reiniciar la producción. (en millones de \$)	Riesgo por año. (%)
	En funcionamiento	Parada		
100	0	0	---	---
150	1,08	2,08	---	154
200	8,65	9,65	---	82
250	20,02	20,85	24,36	66
300	34,86	34,78	17,22	57
350	51,82	50,96	9,75	49
400	70,04	49,04	9,29	43
450	89,05	88,05	7,73	40
550	108,58	107,58	6,51	37

Cuando la producción esté en marcha, su coste será de 250 dólares por onza, por ello si el precio del oro cae por debajo de 230 dólares debería pararse la producción aun incurriendo en los costes de parada.

$$\frac{250\$p.o. \times 50.000 - 1.000.000}{50.000} = 230\$p.o.$$

Por el contrario, si la mina estuviera parada, tan pronto como el precio del oro alcanzará los 380\$ por onza debería reiniciarse la producción.

El valor de la opción recoge la diferencia entre el valor de esta mina en funcionamiento y el de otra que funciona sin interrupción a plena capacidad durante veinte años, hasta que se agoten las reservas (algo que presupone el enfoque clásico de descuento de flujos de caja). Como se puede apreciar, el valor de esta opción es más importante cuanto más próximo esté el precio del oro al del coste de producción.

En resumen, podemos concluir que una mina puede valorarse como una opción sobre el recurso subyacente sin ningún problema. Este enfoque resulta especialmente apropiado en el sector de los recursos naturales por las grandes dosis de flexibilidad que presentan y, de hecho se ha aplicado con éxito en proyectos de minas de oro y cobre y de yacimientos petrolíferos.

Sin embargo, como veremos en la parte II de este estudio su aplicación pueda trasladarse a otros aspectos de las empresas del sector financiero.

#### 4.4.- VALORACION DE LAS OPCIONES DE CRECIMIENTO

##### 4.4.1- Opción a esperar para invertir

A la hora de adoptar decisiones de inversión resulta de gran importancia determinar en qué momento deben llevarse a cabo. Decisiones precipitadas, con insuficiente información sobre un proyecto, pueden condicionar su buen funcionamiento y comprometer el prestigio de la empresa.

Acumular toda la información útil posible antes de adoptar una decisión debe ser un objetivo sistemático que permita clarificar las expectativas de éxito o fracaso del proyecto y, en definitiva, evitar decisiones erróneas que involucren a la empresa a medio o largo plazo.

Por todo ello, sería interesante conocer cuál sería el momento óptimo para realizar la inversión de un proyecto que por su envergadura resulte de difícil marcha atrás. Como ejemplos podríamos señalar la construcción de una planta de producción, pues puede resultar de difícil adaptación para otros fines, o el desarrollo de una aplicación informática "ad-hoc" para soportar un producto único en el mercado. Generalmente, se suele aplicar como regla de decisión la siguiente: comparar el valor actual de los beneficios que generaría con el de los costes directos de la construcción y realizar la inversión sólo si los primeros son superiores a los segundos.

Quizás, si pensamos que la decisión de construir es irreversible, mientras que la decisión de diferir la construcción es reversible, podremos concluir que esta asimetría nos conduciría a construir si y sólo si los beneficios superan a los costes en una determinada cuantía.

En definitiva, nos encontramos ante un proceso iterativo (al igual que en el cálculo del valor de una opción de abandono) en el que, para abordar una valoración rigurosa, debemos comparar el valor actual de la inversión hoy con el valor actual de la inversión en todos y cada uno de los momentos futuros en que pueda realizarse.

En el trabajo realizado por Robert McDonald y Daniel Siegel (1986) se realiza una valoración de esta opción asumiendo que las decisiones de cuándo invertir se adoptan por un inversor con aversión al riesgo, que tiene carteras bien diversificadas, y asumiendo también que tanto los beneficios como los costes de inversión siguen procesos estocásticos continuos. De la fórmula de valoración de esta opción podremos extraer el momento de ejercicio óptimo de la inversión y cuánto perdería la empresa, en términos monetarios, si realizara la inversión en cualquier otro momento.

#### a) El modelo de inversión

Para poder valorar las opciones a esperar para invertir, partimos del siguiente caso: una empresa está evaluando un determinado proyecto de inversión que puede realizar en cualquier momento  $t$  (anterior a la fecha de expiración  $T$ ) con un coste de  $I_t$  y del que obtendría unos flujos netos de caja esperados, condicionados a la realización de la inversión, cuyo valor actual en  $t$  sería  $V_t$ . Este valor actual  $V_t$  no es otra cosa que el valor de

mercado del derecho sobre la corriente de flujos de caja que se produciría en caso de que se ejercitara la opción en  $t$ .

Como hemos comentado con anterioridad, la planta que se va a construir sólo puede destinarse al uso específico para el que está diseñada. En consecuencia, si las expectativas de ingresos y gastos se alteran una vez iniciada la construcción, ésta sólo podría interrumpirse, ya que no existiría la posibilidad de readaptarla para otros procesos productivos.

Tanto  $V_t$  como  $I_t$  siguen un movimiento Browniano geométrico (Malliaris, Brock: 1983: 36) de la forma:

$$\frac{dV}{V} = \alpha_V dt + \sigma_V dz_V$$

$$\frac{dI}{I} = \alpha_I dt + \sigma_I dz_I$$

donde  $z$  es un proceso Wiener.

De esta forma, si la empresa realizara hoy la inversión conocería el valor actual de los flujos netos de caja futuros, ahora bien, si la pospusiera uno o más periodos este valor actual sería distinto. Además, si en algún momento del tiempo desaparece la oportunidad de acometer esa inversión (lo que supone que la opción expiraría en alguna fecha  $T$ ) el VAN del proyecto sería cero.

Suponer que  $V$  sigue un movimiento Browniano parece lógico, ya que, en definitiva el valor del proyecto es en muchos casos el valor de mercado de sus activos y éstos en la literatura de finanzas siguen este proceso estocástico.

En definitiva, si se realizara el proyecto y la empresa solo tuviera ese activo,  $V$  sería el precio de venta de las acciones de la empresa. La rentabilidad de las acciones vendría determinada por el crecimiento de  $V$  menos los flujos de caja que genera el proyecto y que sirven para pagar a los proveedores.

Caso distinto es el de  $I$ , el valor de la inversión, ya que recoge el precio de los activos físicos y no un valor actual, sin embargo, "también se podrían considerar escenarios donde el valor de la inversión es un valor actual" (McDonald, Siegal; 1986: 710).

En resumen, la decisión que se plantea la empresa es si invertir hoy o invertir en algún momento posterior siendo consciente de que ambas posibilidades son excluyentes. Otro conjunto de factores se suman en el proceso decisonal: características del mercado, desarrollo tecnológico, formación del personal, etc. Sirva como ejemplo considerar que en un mercado monopolista no existe riesgo de que la competencia se adelante en caso de que decida retrasar el inicio del proyecto, mientras que en un mercado competitivo, como puede ser el de la alta tecnología, tan pronto como los competidores conozcan el nuevo producto y lancen otros similares al mercado, la cuota de mercado tenderá a reducirse.

Realizando una abstracción podríamos considerar que estamos ante una opción a intercambiar un activo con riesgo ( $I$ ) por otro ( $V$ ) (ver epígrafe 4.3.2), o bien ante una opción a abandonar considerando a  $I$  como el valor del proyecto en marcha y a  $V$  como el valor del proyecto si se vendiera (valor residual), en cuyo caso sería aconsejable abandonarlo cuando el precio de venta fuera superior al valor del proyecto.

b) El valor de la opción y la fecha óptima de ejercicio

Para obtener el valor de esta opción vamos a considerar el supuesto de que  $V_t$  sigue un proceso browniano geométrico mientras que  $I$  es una constante.

Si la empresa decide invertir, el valor que recibirá será  $V_t - I$ . Por ello, queremos determinar un valor  $C_t^*$  para todo  $t$ , que cumpla que  $V_t / I \geq C_t^*$ . En este caso convendría acometer el proyecto, mientras que si  $C_t^*$  no cumple esa inecuación entonces lo aconsejable sería posponer el proyecto. Ese valor de  $C_t^*$  es tal que nos permite fijar la fecha óptima de ejercicio de la opción, en este caso la fecha de la inversión, de forma que maximice el valor actual de  $V_t - I$ . Obviamente, si llegada la fecha de vencimiento  $T$  no se ha llevado a cabo la inversión entonces debemos realizarla en ese momento dado que, al menos,  $V_T \geq I$ . El límite inferior de  $C_T^*$  es la unidad, que es cuando  $V_T = I$ . Por ello, también en cualquier otro instante  $t$  podemos obtener un valor mínimo de  $C_t^*$  tal que, si todavía no hemos realizado la inversión, ésta deba llevarse a cabo en esa fecha y no más tarde. En resumen, cuando  $V_t / I = C_t^*$  la empresa invierte y el VAN del proyecto es  $I(C_t^* - 1)$ .

El valor de esa oportunidad de inversión, para unos valores de  $C_t^*$  comprendidos entre  $t=0$  y  $t=T$ , corresponde al valor actual esperado de la corriente de flujos de caja:

$$O(T) = E_0 [e^{-\mu t} (V_t^* - I)]$$

donde,

$O(T)$ : valor en el momento cero de la oportunidad de inversión que expira en  $T$ .

$E_0$ : valor esperado en cero.

$t'$ : fecha en la que  $V/I$  alcanza el límite de  $C_t'$ .

$\mu$ : tasa de descuento adecuada que, por hipótesis, consideramos que tiene un valor determinado.

Aunque en este modelo partamos de esa hipótesis simplista, realmente  $\mu$  es la tasa de rendimiento esperada de equilibrio correspondiente a la oportunidad de inversión y su cálculo correcto consistiría en efectuar una media ponderada de la tasa de rendimiento esperada de equilibrio correspondiente a activos que tengan el mismo riesgo que  $V$  e  $I$ .

Si la oportunidad de inversión no tuviera una vida limitada, podría resolverse el problema de determinar la fecha óptima de vencimiento con sólo maximizar el valor de  $O(T)$  de forma explícita; ya que cuando  $t \rightarrow \infty$ ,  $C^*$  no depende de  $t$ , es decir, es una constante para todo  $t$ . Entonces si  $C^*$  e  $I$  fueran constantes, maximizar  $O(T)$  sólo supondría:

$$\max I(C'-1) E_0 [e^{-\mu t'}]$$

Estariamos ante una opción de compra americana sobre una acción que recibe dividendos con fecha de ejercicio infinita.

Ahora retomamos las primeras hipótesis de que tanto  $V$  como  $I$  siguen procesos estocásticos brownianos geométricos. Como hemos visto el problema se centra en realizar la inversión cuando  $V/I$  alcance el valor  $C$ . Sin embargo, en el supuesto que ahora nos ocupa no resulta tan sencillo determinar el valor límite para el que resulta aconsejable realizar la inversión. En este caso, el problema se centra en determinar un valor del límite  $L$  tal que maximice  $E_0\{(V_t - I_t)e^{-\mu t}\}$ , sujeto a las restricciones:

$$\frac{dV}{V} = \alpha_V dt + \sigma_V dz_V$$

$$\frac{dI}{I} = \alpha_I dt + \sigma_I dz_I$$

Si transformamos el planteamiento del problema de forma que  $V' = KV$  e  $I' = KI$ , donde  $K$  es cualquier número positivo, lo que pretendemos es determinar un valor del límite  $L'$  que maximice:

$$E_0\{(V'_t - I'_t)e^{-\mu t}\}$$

sujeto a las restricciones:

$$\frac{dV'}{V'} = \alpha_V dt + \sigma_V dz_V$$

$$\frac{dI'}{I'} = \alpha_I dt + \sigma_I dz_I$$

Como  $L$  es igual a  $L'$  y es independiente de  $X$ , entonces es una función homogénea de grado cero en  $V$  e  $I$ . También cuando  $T \rightarrow \infty$ ,  $L$  es independiente del tiempo. La regla óptima consiste en invertir cuando  $V/F2C^*$ , en este caso el valor actual esperado del proyecto sería:

$$E_0[I_t, (C^* - 1) e^{-\mu t}] = (C^* - 1) E_0[I_t, e^{-\mu t}]$$

Para obtener el valor de  $E_0[I_t, e^{-\mu t}]$  McDonald y Siegel (1986: 725-26) se remiten al trabajo desarrollado por Malliaris y Brock (1982: 100-01) y al de Merton (1973b).

Y proporciona que:

$$0 = (C^* - 1) I_0 \left[ \frac{V_0/I_0}{C^*} \right]^E$$

donde,

$$E = \sqrt{\left[ \frac{\alpha_V - \alpha_I}{\sigma^2} - \frac{1}{2} \right]^2 - \frac{2(\mu - \alpha_I)}{\sigma^2}} + \left[ \frac{1}{2} - \frac{\alpha_V - \alpha_I}{\sigma^2} \right]$$

$$C^* = \frac{E}{E-1}$$

$$\sigma^2 = \sigma_V^2 + \sigma_I^2 - 2 \rho_{VI} \sigma_V \sigma_I$$

$\rho_{VI}$  = correlación entre las tasas de crecimiento de  $V$  e  $I$ .

La condición de que  $\alpha_V < \mu$  asegura que  $E > 1$  y, en consecuencia, que exista solución. Si, por el contrario,  $\alpha_V \geq \mu$ , entonces la tasa de crecimiento del valor de la oportunidad de inversión será infinito y no merecerá la pena invertir en ningún momento. Cuando  $T$  es finito no existe una solución analítica al problema. Ello propicia la utilización de métodos de programación dinámica o de aproximación discreta para el problema en tiempo continuo, de forma que se obtengan valores numéricos ajustados a la solución.

De la formulación se extrae que tanto el valor de la opción a invertir como el valor de  $C$  que aconseje invertir son funciones crecientes de la varianza de  $V/I$ ,  $\sigma^2$ . Esto se debe a que un incremento de la varianza aumenta la divergencia entre los valores futuros  $V/I$  posibles y, en consecuencia, la ganancia máxima posible, mientras que no afecta a la máxima pérdida posible.

Asimismo, el valor de la opción a invertir es una función creciente de  $\alpha_V$  y una función decreciente de  $\alpha_I$  y de  $\mu$ .

#### c) Aplicaciones prácticas

En los estudios realizados por McDonald y Siegel (1986) se ha realizado la valoración de la opción a invertir y la regla de decisión adecuada para un conjunto numeroso de parámetros. Según estos autores, si se sigue una regla de inversión no óptima se incurre en costes que pueden ser significativos.

La tabla 4.1 recoge el valor de la opción cuando  $V=I=1$ . El valor  $\delta_V$  mide hasta que punto el mero aumento en el valor esperado de  $V$  no compensa a los inversores por el riesgo inherente a las oscilaciones en el precio de  $V$ . Si, por ejemplo,  $\sigma_V^2 = \sigma_I^2 = 0,02$ , ( $f_{VI}=0,00$  y  $\delta_V=\delta_I=0,10$ , entonces la opción vale el 16% de  $V$ . Si dejamos todas las variables iguales excepto  $\delta_V=0,25$  entonces la opción vale el 4% de  $V$ .

TABLA 4.1

Valor de la oportunidad de invertir cuando  $V=1$ 

$f_v$	0,05			0,10			0,25		
$f_{V/I}$	-0,5	0,0	0,5	-0,5	0,0	0,5	-0,5	0,0	0,5
$d^2_{v \sigma^2 I}$									
0,01	0,33	0,30	0,28	0,14	0,12	0,08	0,03	0,02	0,01
0,02	0,38	0,34	0,30	0,20	0,16	0,12	0,06	0,04	0,02
0,04	0,43	0,40	0,34	0,27	0,23	0,16	0,11	0,08	0,04
0,10	0,57	0,51	0,43	0,40	0,34	0,25	0,21	0,16	0,09
0,20	0,67	0,61	0,51	0,52	0,45	0,34	0,32	0,25	0,16
0,30	0,73	0,67	0,57	0,60	0,52	0,40	0,39	0,32	0,21

TABLA 4.2.

Valor de los beneficios en relación con el coste de la inversión (V/I) para los que resulta óptimo ejercitar la opción.

$f_v$	0,05			0,10			0,25		
$f_{V/I}$	-0,5	0,0	0,5	-0,5	0,0	0,5	-0,5	0,0	0,5
$d^2_{v \sigma^2 I}$									
0,01	2,50	2,35	2,18	1,47	1,37	1,25	1,09	1,06	1,03
0,02	2,91	2,64	2,35	1,72	1,56	1,37	1,18	1,12	1,06
0,04	3,65	3,17	2,64	2,13	1,86	1,56	1,34	1,24	1,12
0,10	5,65	4,56	3,41	3,19	2,62	2,00	1,77	1,54	1,29
0,20	8,77	6,70	4,56	4,79	3,73	2,62	2,44	2,00	1,54
0,30	11,83	8,77	3,65	6,34	4,79	3,19	3,07	2,44	1,77

En la tabla 4.2 vemos que, con el mismo ejemplo que en el primero de los casos anteriores, habría que realizar la inversión cuando V/I alcanzara 1,56 (ó 1,12 en el segundo caso). En general, podemos apreciar que el valor de V/I para el que resulta óptimo el ejercicio de la opción es claramente superior a uno: "con parámetros razonables, resulta óptimo esperar para invertir hasta que V sea más del doble que I" (McDonald y Siegel, 1986:721).

En conclusión, hemos visto como el problema de cuándo invertir resulta de gran trascendencia por la pérdida que conlleva la toma de decisiones en momentos inadecuados. Cualquier empresario podría perder entre un 10% y un 20%, o incluso más, del valor de un proyecto si toma una decisión de invertir de forma precipitada o tardía.

Aunque hasta la fecha las soluciones para valorar esta opción parten de un conjunto de hipótesis que dificultan una solución analítica, existen algunos métodos numéricos que facilitan la obtención de una solución aproximada.

En cualquier caso, el empresario debe plantearse, por ejemplo en el lanzamiento de un nuevo producto, si el retraso en el lanzamiento, pongamos un año, reduce el coste o aumenta la rentabilidad del producto en una cuantía que permita más que compensar el valor temporal del dinero. De ser así, la opción a esperar resultará valiosa.

#### 4.4.2.- Opciones sobre el mínimo o el máximo de dos activos con riesgo: oportunidad de inversión.

La valoración de las opciones de compra o de venta europeas sobre el mínimo o el máximo de dos activos con riesgo proporciona sin duda una herramienta útil para la valoración de otros derechos contingentes como pueden ser los planes de compensación, los contratos de riesgo-compartido o las oportunidades de crecimiento que pueden generar dos proyectos de inversión mutuamente excluyentes.

El análisis realizado por René Stulz (1982) para la valoración de los bonos-opción del mercado de eurobonos ha sido de gran utilidad para valorar los derechos contingentes mencionados, en especial para el caso que nos ocupa: las oportunidades de crecimiento.

Al igual que sucede para los bonos-opción, en los que el tenedor puede elegir al vencimiento en qué moneda desea que se le amorticen sus títulos, entre dos pactadas y a un tipo de cambio previamente determinado, algunas oportunidades de inversión permiten que la empresa elija entre distintas corrientes de flujos de caja en una fecha futura.

Como Stewart Myers (1977) originalmente propuso, las oportunidades de inversión a las que una empresa tiene un acceso exclusivo son análogas a opciones de compra donde el precio de ejercicio es el desembolso que habrá que realizar en el futuro para llevar a cabo la inversión.

Quando estos proyectos de inversión presentan la posibilidad de elegir entre dos corrientes de flujos de caja mutuamente excluyentes estamos ante una opción sobre el mínimo o el máximo de dos activos con riesgo.

#### a) La fórmula de valoración

Para llegar a la fórmula analítica que nos permita valorar este tipo de opciones consideraremos dos activos con riesgo, A y B, que tienen el siguiente comportamiento estocástico:

$$dA/A = \mu_A dt + \sigma_A dZ_A \quad (12)$$

$$dB/B = \mu_B dt + \sigma_B dZ_B \quad (13)$$

donde,

$\mu_A, \mu_B$ : es el rendimiento medio de los activos A y B. El rendimiento de cada activo puede variar a lo largo del tiempo pero satisface estos procesos estocásticos.

$\sigma_A^2, \sigma_B^2$ : es la varianza del rendimiento de cada activo que, por hipótesis, se considera constante.

$dZ_A, dZ_B$ : son procesos Wiener cuyo coeficiente de correlación  $\rho_{AB}$  es constante.

La opción de compra europea al vencimiento valdría:  $\max\{\min(A,B)-E, 0\}$  siendo E el precio de ejercicio.

Consideramos que el tipo de interés  $i$  es constante.

Si  $M(A,B,E,T-t)$  es el precio de la opción de compra europea sobre el mínimo de A y B con fecha de vencimiento T y precio de ejercicio E, para calcular su valor bastará determinar el valor de una cartera que se autofinancie (una cartera que no requiera nuevas aportaciones de dinero y que no distribuya dividendos) cuyo valor en T corresponda con el de la opción en ese mismo momento. Esta cartera está formada por el activo A en un porcentaje x, por el activo B en otro porcentaje y, y por un activo sin riesgo.

Para evitar que se produzcan posibilidades de arbitrar entre ambas carteras, su valor debe ser idéntico para todo  $t \leq T$ .

Consideremos ahora que  $\tau = T-t$ , es decir,  $\tau$  es el periodo de tiempo hasta el vencimiento, mientras que C es el valor de la cartera autofinanciada y depende de A, B, y  $\tau$ .  $C = C(A, B, \tau)$ .

Haciendo uso de la fórmula Ito:

$$dC = C_A dA + C_B dB - C_r dt + \frac{1}{2} [C_{AA} A^2 \sigma_A^2 + C_{BB} B^2 \sigma_B^2 + 2C_{AB} \rho_{AB} \sigma_A \sigma_B] dt$$

También podemos expresarla en función de los activos que la integran:

$$dc = x (dA/A)C + y (dB/B)C + (1-x-y) i C dt \quad (14)$$

Si igualamos ambas expresiones tenemos que:

$$C_A A = xC \quad (15)$$

$$C_B B = yC \quad (16)$$

Utilizando las expresiones (14), (15) y (16) y dividiendo por dt obtenemos:

$$-C_r = iC - iC_A A - iC_B B - \frac{1}{2}(C_{AA} A^2 \sigma_A^2 + C_{BB} B^2 \sigma_B^2 + 2C_{AB} AB \sigma_A \sigma_B) \quad (17)$$

Como la cartera debe tener en cualquier momento el mismo valor que la opción, debe sujetarse en consecuencia a las mismas condiciones que ésta, es decir:

$$C(A,B,0) = \max \{ \min (A,B) - E, 0 \} \quad (18)$$

$$C(0,B,r) = 0 \quad (19)$$

$$C(A,0,r) = 0 \quad (20)$$

Para resolver la ecuación (17) hemos de apreciar que ya no depende de  $\mu_A$  y de  $\mu_B$ , lo que supone que el valor de la opción es independiente de la actitud del inversor ante el riesgo.

Siguiendo el método presentado por John Cox y Stephen Ross (1976) el valor de esta opción viene dado por:

$$M = B N_2 (L_1 + \sigma_B / r, \frac{\ln(A/B) - \frac{1}{2} \sigma^2 / r}{\sigma / r},$$

$$\frac{(\rho_{AB} \sigma_A - \sigma_B)}{\sigma}) + A N_2 (L_2 + \sigma_A / r, \frac{\ln(B/A) - \frac{1}{2} \sigma^2 / r}{\sigma / r},$$

$$\frac{(\rho_{AB} \sigma_B - \sigma_A)}{\sigma}) + E e^{-ir} N_2 (L_1, L_2, \rho_{AB})$$

donde,

$N_2(\alpha, \beta, \phi)$  es una distribución normal estándar bivariante, con límites  $\alpha$  y  $\beta$  y coeficiente de correlación  $\phi$ .

$$L_1 = (\ln(B/E) + (i - \frac{1}{2} \sigma_B^2) r) / \sigma_B / r$$

$$L_2 = (\ln(A/E) + (i - \frac{1}{2} \sigma_A^2) r) / \sigma_A / r$$

$$\sigma^2 = \sigma_A^2 + \sigma_B^2 - 2 \rho_{AB} \sigma_A \sigma_B$$

Esta compleja formulación queda muy simplificada cuando el precio de ejercicio de esta opción es igual a cero. Así, utilizando la valoración de William Margrabe (1978), si consideramos que  $G(A, B, 1, r)$  es el valor de una opción para cambiar una unidad del activo A por una del B al vencimiento, tenemos que:

$$M(A, B, 0, r) = A - G(A, B, 1, r) = A - AN(d_1) + BN(d_2) \quad (21)$$

donde,

$$d_1 = \frac{(\ln(A/B) + \frac{1}{2} \sigma^2 r)}{\sigma \sqrt{r}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{r}$$

b) Aplicación a la valoración de oportunidades de inversión

Entre las diversas aplicaciones de la valoración de una opción sobre el máximo o el mínimo de dos activos con riesgo se encuentra la valoración de aquellas oportunidades de inversión que permiten a la empresa elegir entre dos corrientes de flujos de caja mutuamente excluyentes.

Para ilustrar esta aplicación consideremos el hipotético caso de una empresa inmobiliaria que tiene la oportunidad de adquirir un terreno en el momento  $t$ . La empresa tiene en mente utilizarlo bien para la construcción de un bloque de pisos (A) o bien para edificar oficinas (B). Cada uno de los fines excluye al otro y por ello, en alguna fecha futura  $T$ , la empresa inmobiliaria debe decidir que uso le dará al terreno. Por otra parte, la empresa conoce que la inversión que debe realizar supone un desembolso  $E$ , que debe realizar en el momento  $T$ .

Para simplificar consideramos que tanto A como B son activos que no distribuyen "dividendos", esto es, que son de nueva construcción (también podría generalizarse a un supuesto en el que se distribuyen "dividendos", lo que permitiría que estos activos fueran edificios ya construidos y que actuaran como sustitutos perfectos de aquellos otros que se pretenden construir en el terreno).

El valor de estos activos corresponden al valor de los edificios y tanto A como B siguen una distribución logarítmico normal.

Tan pronto como la empresa realice el pago E en T desaparece esa posibilidad de elegir entre las dos utilidades A y B. Su decisión en T, por tanto, le va a condicionar los flujos de caja que perciba en el futuro.

Si consideramos, además, que la construcción del edificio se realiza en un abrir y cerrar de ojos y que no existen impuestos ni costes de transacción, podemos concluir que la empresa debería adquirir ese terreno cuando su precio no supere el valor de la opción de compra sobre el máximo de dos activos A y B, con precio de ejercicio E y plazo hasta el vencimiento  $\tau$ .

$$M(\max(A, B, E, \tau))$$

El enfoque utilizado por Stulz (1982) nos permite concluir que el valor del terreno para la empresa será mayor:

- 1) Cuanto menor sea el coeficiente de correlación entre el valor de los usos alternativos de la parcela.
- 2) Cuanto más usos alternativos tenga. Siempre será superior al valor de un activo que puede utilizarse para dos fines que otro que sólo pueda utilizarse para uno, bien sea A o bien sea B:

$$M(\max(A, B, E, \tau)) \geq M_A(A, E, \tau) \text{ Y}$$

$$M(\max(A, B, E, \tau)) \geq M_0(B, E, \tau)$$

- 3) Cuanto menores sean las restricciones legales en cuanto al destino que se den a esos activos. En nuestro caso, si se aprobara una recalificación del terreno que prohibiera edificar oficinas después de que la empresa hubiera adquirido el terreno, ésta se vería perjudicada al perder esa opción. Su pérdida quedaría recogida en la siguiente expresión:

$$M[\max(A, B, E, r') - M_{\lambda}(A, E, r')]$$

donde,

$r' = T - t'$  y  $t' < t$  es la fecha en la que se aprueba la recalificación del terreno.

En resumen, las empresas tienden a infravalorar algunas de sus oportunidades de inversión por no contemplar de forma analítica la posibilidad que muchas de ellas ofrezcan de destinarse a usos alternativos. Las inversiones rígidas que a priori determinan unívocamente el destino de los recursos deberían valorarse mucho menos que aquellas otras que dejan al buen arbitrio del empresario la decisión de a qué proyecto o a qué fin se destinarán.

#### 4.5.- LAS OPCIONES Y LAS ESTRATEGIAS COMPETITIVAS GENERICAS

A la hora de conjugar el enfoque de finanzas con el enfoque estratégico hemos de tratar de engarzar el análisis de las opciones de flexibilidad y de crecimiento en las grandes estrategias competitivas.

Una estrategia competitiva consiste en:

"emprender acciones ofensivas o defensivas para crear una posición defendible en un sector industrial, para enfrentarse con éxito a las cinco fuerzas competitivas y obtener así un rendimiento superior sobre la inversión para la empresa" (Porter, 1980: 55).

Las cinco fuerzas competitivas a las que alude Michael Porter son la rivalidad entre los competidores existentes, la amenaza de nuevos ingresos, la amenaza de productos o servicios sustitutos, el poder negociador de los proveedores y el poder negociador de los clientes.

Hasta el momento se han identificado tres estrategias genéricas que pueden adoptarse bien de forma independiente o bien de forma combinada. Todas ellas permiten conseguir esa "posición defendible" a largo plazo respecto de la competencia en el sector.

Estas tres estrategias genéricas en el sector industrial son:

- 1) Liderazgo en costos.
- 2) Diferenciación.
- 3) Enfoque o alta segmentación.

Vamos a analizar a continuación qué tipo de opciones debemos reconocer en cada estrategia y cómo la valoración de estas opciones permiten llevar a cabo la estrategia con mayor eficiencia e, incluso, seguir la estrategia más acertada para cada caso.

1) Liderazgo en costos.

Esta estrategia se basa en perseguir a toda costa una reducción de costes para ello suele requerir unas instalaciones capaces de producir a gran escala de forma eficiente, de manera que se beneficie del efecto experiencia. Para poder llevar a cabo esta estrategia se precisa minimizar todos aquellos gastos relativos a I+D, publicidad, marketing, etc.

Si una empresa está decidida a ser líder en costos probablemente requerirá una fuerte inversión inicial para dotarse de los últimos equipos productivos, pero también requerirá unos precios agresivos que le permitan penetrar en el mercado. Esto puede provocar que, en una primera fase, incurra en pérdidas. Ahora bien, una vez que haya captado la cuota de mercado que deseaba pueda iniciar una elevación de sus precios, siempre que se mantengan por debajo de los de la competencia. Con los beneficios que obtenga y para reafirmar su posición de liderazgo en el mercado debería reinvertir en nuevos equipos e instalaciones que abaraten cada vez más sus costes.

Aunque algunas inversiones estratégicas permiten su evaluación directa mediante la utilización de técnicas de descuento de flujos de caja, otras parecen difícilmente analizables por estos métodos. Ello es así porque no son sino el primer eslabón de una larga cadena de

decisiones de inversión subsiguientes. Además, muchos acontecimientos futuros hacen a menudo deseable modificar un proyecto inicial ampliándolo o introduciendo una nueva tecnología de producción en una fecha posterior.

Todo ello precisa un análisis global de las opciones que se presentan en este tipo de estrategia. Así, la opción, que toda empresa posee, a aumentar o contraer la escala de producción puede llevarle a reforzar su estrategia de liderazgo en costes. La posibilidad de aumentar la capacidad de producción, mediante la inversión en una estructura modulable que facilite el crecimiento de las instalaciones, hace posible que no se requiera la construcción de nuevas plantas abaratando sin duda el coste de producción. Si bien, en un primer momento, la inversión en el equipo modular puede resultar más cara que otra en un equipo de capacidad fija y sin posibilidad de crecer, de cara a seguir la estrategia de liderazgo en costes, el enfoque no debe ser miope y debe contemplar esa opción a aumentar la capacidad de producción llegado el caso en que sea necesario.

Algo que se debe tener presente a la hora de evaluar estas opciones, que pueden determinar la estrategia de una empresa, es que el grado de exclusividad de la opción si no es muy intenso puede provocar que los competidores adopten la misma estrategia. En este caso, la estrategia de liderazgo total en costes suele llevar pareja una opción compartida de reducción de costes. Es por ello por lo que esta estrategia puede resultar más difícilmente sostenible que las dos siguientes.

## 2) Diferenciación.

Esta segunda estrategia persigue ofrecer al cliente un producto o servicio que sea considerado "único" dentro del mercado. Los métodos y cauces que pueden seguir las empresas para diferenciar sus productos son diversos y van desde el diseño o imagen de marca, a la utilización de una tecnología sofisticada o puntera, a las características intrínsecas con que se dote al producto o los servicios complementarios postventa.

En este caso las opciones más valiosas para la empresa de cara a su estrategia global son las opciones en propiedad exclusiva. Son éstas las que pueden facilitar la creación y elaboración de un producto único con sustitutos imperfectos y protegido mediante patente. Las inversiones en I+D, en la marca o en publicidad, en la medida que pueden contribuir a que el cliente perciba la exclusividad del producto y está dispuesto a pagar un precio más elevado, contribuyen a producir márgenes más elevados. Por ello ese tipo de inversiones requieren una valoración más exquisita de las opciones de crecimiento ya que, en caso contrario, al ser generalmente más costosas (pensemos en una extensa investigación, en el diseño innovador del producto, en materiales de alta calidad o en un apoyo intenso al cliente) se pueden rechazar más fácilmente en el marco de un presupuesto de capital para inversiones.

## 3) Enfoque o alta segmentación.

La última estrategia genérica consiste en centrarse en un grupo determinado de compradoras, en un producto o segmento de la línea del producto, o bien en un mercado geográfico concreto.

Esta estrategia, si bien no consiga los objetivos de las otras dos para el conjunto total del mercado, al menos los alcanza para un segmento del mercado.

En la medida que puede combinar el liderazgo en costes con la diferenciación (o bien centrarse exclusivamente en uno de ellos), el análisis de las opciones para esta estrategia recoge lo visto anteriormente enmarcándolo en un mercado más limitado. La empresa que persigue la estrategia de alta segmentación presenta en alguna medida opciones en propiedad exclusiva, ya que posee un conocimiento único acerca de un determinado mercado.

Para que esta estrategia sea efectiva se requiere una larga tradición en el sector industrial o una combinación de habilidades únicas derivadas de otros negocios. El efecto experiencia que presentan estas empresas hacen más valiosas todas las opciones que poseen.

En definitiva, podemos apreciar que el valor de las opciones no-financieras no resulta ajeno al proceso de dirección estratégica. Sin embargo, "los directores aceptarán el enfoque de la OPT sólo cuando se sientan realmente cómodos con todas sus recomendaciones" (Laibowitz, Kalotay, 1985:83).

Aunque parece que todavía estamos lejos de que esto sea así, no debemos renunciar a intentar difundir este nuevo enfoque con aplicaciones reales como la que trataremos en la parte II de este estudio.

#### 4.6.- UNA PROPUESTA DE METODOLOGIA.

En este capítulo hemos intentado probar cómo el enfoque de valoración de opciones financieras puede adaptarse para poder valorar aquellas otras que denominamos estratégicas. En definitiva, la actuación de toda empresa comporta en algún momento un aspecto "optativo" que debemos valorar. De la capacidad de los analistas para abstraer ciertos comportamientos y para identificar perfiles de rendimientos parejos a los de las opciones financieras dependerá que los aspectos cualitativos de las inversiones queden recogidos en la valoración global de todo proyecto.

La aplicación que hasta ahora se le ha dado a la OPT en el campo de las opciones estratégicas se centra en las decisiones de inversión de las empresas industriales. Sin embargo, como mostraremos en la parte II de este estudio, su aplicación a las sociedades del sector financiero también puede ser de gran utilidad.

Como primer paso es necesario identificar las características de las opciones estratégicas, de forma que podamos reconocer qué tipo de opción financiera se ajusta a su perfil de rendimientos y, en consecuencia, qué modelo de valoración debe aplicarse o adaptarse.

A la hora de reconocer el valor de estas opciones hemos verificado que, para las empresas españolas que cotizan en el mercado bursátil español, estas opciones representan más de un 50% de su valor de mercado.

Todo ello nos lleva a comprender la importancia de ser conscientes de la flexibilidad y de las oportunidades de crecimiento de los distintos proyectos que evaluemos, antes de adoptar cualquier decisión de inversión.

El valor de este componente optativo va a estar condicionado por el valor de los activos subyacentes, por el desembolso de capital necesario, por el plazo de tiempo que puede posponerse la decisión de comenzar el proyecto, por el riesgo del proyecto, por el nivel de los tipos de interés y por el grado de exclusividad del derecho del tenedor. En la medida que algunos de estos factores están dominados por la incertidumbre debemos encararnos con los problemas que surgen a la hora de obtener soluciones analíticas. Aunque la OPT ha aportado soluciones, algunas de ellas sólo pueden aplicarse empíricamente, mediante métodos de aproximación numérica como los revisados en el capítulo 3. Sin embargo, ello no debe conducirnos al desánimo, ya que, gracias al enfoque de la OPT, podemos contar con un marco global para efectuar el análisis de inversiones intentando utilizar a fondo la teoría de las decisiones de inversión en el proceso de la planificación estratégica.

Para ilustrar la tipificación de las opciones estratégicas hemos utilizado ya algunos ejemplos referidos a los sujetos miembros del mercado bursátil español, si bien a la hora de sistematizar los criterios de valoración de las opciones de flexibilidad y de crecimiento hemos utilizado en mayor medida aquellas que se presentan en el sector industrial.

Aunque conceptualmente resulta sencillo considerar las opciones de flexibilidad y de crecimiento análogas a las financieras, a la hora de llevar a la práctica la valoración surgen numerosas dificultades que hemos tratado de exponer en los epígrafes 4.3. y 4.4.

En resumen, podríamos concluir que la metodología que debe utilizarse a la hora de valorar esas opciones estratégicas pasa por los siguientes estadios:

1\*) Reconocer aquellas opciones estratégicas que proporcionan a su tenedor el derecho a invertir capital en activos productivos, a precio fijo y predeterminado y con anterioridad a o en una fecha fija.

2\*) Analizar el comportamiento de los factores que inciden en su valor.

3\*) Realizar una primera valoración cualitativa de estas opciones, clasificándolas dentro de la tipología que se incluye en el epígrafe 4.2.

4\*) Buscar a qué tipo de opción financiera se asemeja su perfil de rendimientos.

5\*) Aplicar el modelo de valoración correspondiente, identificando cada elemento con el análogo para su homónima financiera. En esta fase es necesario recurrir a hipótesis sobre el comportamiento estocástico de alguno de los elementos y, también, a métodos de aproximación numérica cuando no existe una solución analítica al modelo.

Por último, no debemos olvidar que el esfuerzo que debe realizar la empresa en este campo involucra tanto a los financieros como a los estrategas. La actual complejidad del enfoque de la OPT no debe ser óbice para que éstos últimos rehuyan su utilización. Ahora bien, debe ser objetivo de los primeros arrojar luz y difundir este enfoque de forma que su uso se extienda.

**PARTE II:**

**LAS OPCIONES ESTRATEGICAS PARA LOS  
MIEMBROS DEL MERCADO BURSATIL ESPAÑOL:  
UNA APLICACION DE LA OPT.**

Una vez que hemos planteado, en la parte I de este estudio, las posibilidades que ofrece la Teoría de valoración de opciones financieras en el ámbito de las opciones estratégicas, vamos a poner de manifiesto en esta segunda parte la capacidad de analizar las opciones estratégicas para los sujetos miembros del mercado bursátil español aplicando el enfoque de la OPT.

Cuando la mayor parte de las opciones estratégicas que se han estudiado desde la OPT se centran en sectores industriales, queremos demostrar que el marco global de análisis que ofrece la Teoría de opciones resulta perfectamente válido para el sector financiero.

Para comprender cómo el análisis estratégico ha superado al financiero tradicional vamos a realizar en el capítulo 5 un análisis de los flujos de caja que pueden generar los sujetos miembros de mercado en el período 1990-1995. Los resultados que se obtienen nos llevan a comprender la insuficiencia de esos criterios que no contemplan aquellos aspectos de valor que no se traducen necesariamente en flujos de caja.

Cuando el número de grupos financieros que han elegido constituir su propia sociedad de valores es ciertamente numeroso y cuando muchos de estos grupos ya venían desarrollando un conjunto amplio de actividades bursátiles, exceptuando el tratamiento y ejecución de órdenes, resulta lógico preguntarse acerca de los motivos que han propiciado esta decisión. Si nos ciéramos a los criterios de valoración de flujos de caja no podríamos explicar y llenar de razones la decisión de constituir una sociedad de valores. Ello nos conduce a pensar que han sido las razones "estratégicas" las que parecen haber impulsado el proceso de reforma, dando lugar a la configuración actual del mercado.

Analizar las opciones estratégicas que parecen haber valorado aquellos que han creado una sociedad de valores constituye la tarea que se abordará en el capítulo 6.

A este fin se analizan todos aquellos elementos que, en alguna medida, presuponen un carácter "optativo" para el que las posee. Porque, en definitiva, todo aquello que dote a los sujetos de mercado de una flexibilidad y de unas oportunidades de inversión futura, puede ser contemplado como un derecho contingente, que puede ejercitarse en determinadas condiciones futuras, mas no es otras.

En resumen, en esta segunda parte se recorrerán distintos estadios encaminados a realizar una valoración de las opciones estratégicas de los sujetos miembros del mercado de valores español, desde el enfoque de la "Option Pricing Theory".

## CAPITULO 5:

### EL MARCO DE ACTUACION DE SOCIEDADES Y AGENCIAS DE VALORES.

5.1.- El proceso de reforma del mercado de valores español.

5.1.1.- Marco internacional.

5.1.2.- La reforma en España.

5.1.3.- Objetivos y efectos inmediatos de la reforma.

5.2.- Las sociedades y agencias de valores.

5.2.1.- Perfil legal.

5.2.2.- Estructura del sector.

5.3.- Escenarios del mercado de valores español: estados económicos de agencias y sociedades de valores y bolsa

5.3.1.- El modelo de simulación para 1990-1995.

5.3.2.- Sensibilidad del modelo.

5.3.3.- Aplicación del método Hertz.

5.3.4.- ¿Serán rentables las sociedades y agencias de valores y bolsa?.

5.4.- Conclusiones.

### 5.1.- EL PROCESO DE REFORMA DEL MERCADO DE VALORES ESPAÑOL.

#### 5.1.1.- Marco internacional.

Los años 70 significaron para la mayoría de las bolsas un proceso de adaptación e incorporación del mercado bursátil a toda la corriente de innovaciones que se estaba produciendo en el ámbito financiero. Los mercados más avanzados, Nueva York y Londres, fueron los primeros en adaptar sus legislaciones a este proceso innovador.

Sin embargo, es desde principios de los años 80 cuando los procesos de reforma toman vida en la mayoría de los mercados de valores de países europeos. Es quizás en este grupo de países donde la reforma parece más claramente auspiciada por los gobiernos en aras de una mayor convergencia de las respectivas economías hacia una unión económica. No vamos a entrar aquí a describir la importancia de los mercados primarios y secundarios de capitales dentro del sistema económico de un país, aunque sí hay que destacar la voluntad política de que esta reforma se llevará a cabo sentando los pilares para el desarrollo de las empresas europeas.

La mayor parte de las bolsas partían de planteamientos muy similares (C.N.M.V., 1990:56):

- Régimen de monopolio efectivo por parte de sus miembros.
- Sujeción a una fuerte regulación.
- Nivel de competencia bajo por parte de otros mercados.

Ahora, la mayor competencia (que aumentará más con la libre circulación de capitales) y la necesidad de dotar al sistema de una mayor flexibilidad y liquidez han hecho inaplazable el proceso de reforma de las bolsas europeas.

Los nuevos requerimientos tanto de oferentes como de demandantes de fondos no quedaban satisfechos con los antiguos esquemas organizativos y operativos en los mercados de valores. Además, el desarrollo financiero, tecnológico e informático ha impulsado a mercados como los de Nueva York o Japón a ser más competitivos para asumir sus funciones en el nuevo contexto económico e institucional.

También, la búsqueda de la diversificación del riesgo entre los distintos mercados ha potenciado el desarrollo de nuevos procedimientos y nuevas facilidades que permitan los movimientos de capitales por medios electrónicos.

La aparición de nuevos intermediarios especializados ha incidido en un recorte de los márgenes de actividad de la gran banca internacional que se ha visto abocada a diversificar su actividad, buscando nuevas áreas de negocio, y a ser mucho más activa en los mercados financieros. Resultado de esta actitud es la presencia de la banca en sociedades financieras especializadas. Todo ello ha contribuido a que, en el proceso de reforma de las principales plazas bursátiles, la banca haya tenido una actitud activa para incorporar estas actividades a las que tradicionalmente venía desempeñando.

En resumen, la tendencia de las grandes reformas, que han tenido lugar en estos años en los principales mercados, se caracteriza por los siguientes rasgos:

1) Globalización o internacionalización de la inversión, en el sentido de que la cotización de un determinado valor no se produce en su lugar de origen, sino que se maneja, por encima de los mercados, entre las instituciones globales.

2) Desregulación: los mercados presentan una regulación más rigurosa, con la creación de organismos superiores especializados, pero se desregulan en cuanto a su apertura a nuevos participantes y a nuevos tipos de operaciones. Por otra parte, cada día se incrementa más la dependencia del Banco Central por parte de las bolsas internacionales (no olvidemos que fue la Reserva Federal quien proporcionó liquidez al sistema en octubre de 1987 y, más aún, en el mismo mes de 1989). Ello provoca una pérdida de autonomía de las bolsas.

3) Dinamismo en la oferta de activos y tecnificación: tanto en la contratación, con la adopción de sistemas asistidos por ordenador, como en la compensación y liquidación. Además, la mejora en la difusión de información y la propia tecnificación de los agentes financieros permite la comunicación en tiempo real con todas las bolsas europeas (prueba de ello es el proyecto PIPE que están ultimando el conjunto de bolsas europeas). Las propias técnicas de análisis de información y gestión de carteras han registrado una sofisticación notable. Asimismo, la aparición de instrumentos financieros de alta rentabilidad, primarios y derivados, ha generado un aumento sensacional del volumen de transacciones y una mayor rotación de las carteras.

4) Desarrollo de la inversión institucional frente a la individual: prueba de ello es el caso del Reino Unido, en donde los particulares han pasado de poseer el 50% de los valores domésticos a finales de los setenta, a poseer menos del 20% en la actualidad (García Hermoso; Ubiría; 1990:135). Aunque en el caso español la inversión colectiva no ha alcanzado un desarrollo espectacular, en los últimos años la tendencia parece invertirse con un crecimiento cada vez mayor de esta forma de inversión (24%, 63% y 10%, son las tasas de crecimiento patrimonial en 1987, 1988 y 1989, respectivamente), si bien la cartera de renta variable sólo representa el 1,5% de la capitalización bursátil. De todos modos, la inversión colectiva es un fenómeno importante en los principales mercados internacionales. Este desarrollo no es ajeno a la mayor complejidad de los mercados y a la percepción, por parte de los inversores individuales, de riesgos crecientes. La dificultad que entraña la diversificación para un no profesional se supera gracias a la inversión a través de Instituciones de Inversión Colectiva que, a la vez, proporciona liquidez y una mayor eficiencia en costes.

5) Liberalización general de las comisiones y rebaja de los gravámenes fiscales sobre operaciones.

Las reformas, que se han caracterizado por esos cinco rasgos, han orientado su rumbo de cara a reforzar la competitividad internacional de los centros financieros mediante una mayor visibilidad de los mercados. Por ello, uno de sus mayores objetivos ha sido la búsqueda de la eficiencia en costes operativos y adecuación del capital mínimo de los intermediarios financieros a las nuevas exigencias y a los nuevos riesgos. También la mejora de los

sistemas de compensación y liquidación han estado en el punto de mira de aquellos que propugnaban la reforma.

Toda la apertura de los mercados de valores a instituciones y a nuevos modos de operar requería políticas supervisoras que garantizaran el buen funcionamiento del mercado.

Tomando como modelo "primus" el cambio registrado en los mercados de valores norteamericanos, por haber demostrado este su mejor adaptación al nuevo orden requerido, las reformas de los distintos mercados bursátiles europeos se han extendido de forma rápida e imparable: ningún país ha querido quedarse rezagado.

En octubre de 1987 se dio la salida a la reforma de las bolsas europeas con el "Big Bang" londinense, que dio entrada a nuevos miembros del mercado, con la autorización a bancos y otras entidades financieras para participar en el capital de las sociedades de valores existentes o para crear sus propias sociedades de valores. De hecho, de las 55 nuevas instituciones que tomaron participación en firmas de bolsa después del "Big Bang", más de la mitad eran bancos comerciales y de inversión del Reino Unido, Estados Unidos y Europa. La presencia de los bancos más importantes, por ejemplo Barclays, Nat West y Midland, se realizó a través de tomas de participación en firmas de "brokers" y "jobbers", si bien, su experiencia en el "investment banking" ha sido negativa (ahora las cosas no están tan claras y parece asistirse a una vuelta a la reintermediación, sobre todo porque están empezando a preocupar todos los riesgos fuera de balance) (Mateos, 1988).

Los siguientes países que han abordado la reforma de sus mercados de valores han sido Francia (1988) y España (1989). Dos son las notas que caracterizan ambas reformas:

1) Acceso a un sistema de contratación, asistido por ordenador, con una ampliación del tiempo de negociación. En Francia y en España con el CATS ("Computer Assisted Trading System").

2) Desaparición de un modelo de intervención por fedatario público, dejando paso a un modelo sajón con estructura societaria de los miembros del mercado. La supresión de la figura notarial y de fedatario público del agente de cambio y bolsa era uno de los elementos que inspiró la Ley por estimar que la figura societaria resulta más adecuada que la individual a la hora de actuar profesionalmente en el mercado de valores. Las tareas encomendadas a los nuevos miembros se centran en el seguimiento de los mercados, el análisis de los factores que determinan los precios y la previsión bursátil. La seguridad de las operaciones viene ahora garantizada por la profesionalidad de los participantes y la competencia existente en el propio mercado.

3) Acceso del sector bancario en el negocio de intermediación de valores.

Todo apunta a que países como Alemania, Bélgica, Holanda e Italia no demoren mucho más la reforma de sus mercados de valores ya que, en cualquier caso, el 1 de enero de 1993, no podrán existir restricciones a la participación en las bolsas. De hecho, las bolsas de Amsterdam y Francfort han iniciado sendos mercados para inversores institucionales que funcionan en paralelo con sus mercados tradicionales de valores.

### 5.1.2.- La reforma en España.

Por lo que respecta al caso español, la reforma bursátil del año 78, llevada a cabo tras el informe para el estudio del Mercado de Valores, realizado por la Comisión a instancias del Ministerio de Economía, tuvo un carácter parcial y limitado, dejando sin resolver la mayor parte de los problemas apuntados en dicho informe.

Las nuevas necesidades puestas de manifiesto por la creciente internacionalización de la inversión y la búsqueda de una mayor eficacia fueron el resorte para iniciar una reforma más global y profunda. Sin duda, la perspectiva del mercado único de capitales ha favorecido la rapidez y eficacia de implantación de la reforma, aunque también haya contribuido el notable avance de la actividad bursátil desde 1984.

De auténtica prueba piloto habría que calificar al mercado de deuda pública en anotaciones en cuenta, que surgía en junio de 1987 revolucionando los modos operativos y las estructuras organizativas de un conjunto numeroso y profesional de miembros del nuevo mercado.

La polémica y debatida Ley del Mercado de Valores quedó aprobada en 1988 (Ley 24/1988 de 28 de julio del Mercado de Valores) dando paso a una de las transformaciones más profundas que ha tenido nuestro mercado desde su nacimiento. La Ley no ha perseguido un continuismo de la normativa previa, sino que ha buscado el cambio necesario para modernizar nuestras estructuras, creando un marco legal amplio (al estilo anglosajón) que requiere posteriores desarrollos reglamentarios.

La reforma ha afectado a los mercados, a las instituciones y a los procedimientos. En líneas generales, podemos señalar las siguientes innovaciones:

a) Mercados:

- Para el mercado primario rigen los principios de libertad de emisión, definición previa y publicidad.
- Establece una normativa más exigente que garantiza a los inversores la transparencia de los valores emitidos mediante oferta pública (folleto de emisión, información periódica y puntual).
- Los mercados secundarios oficiales que enumera la ley son: el bursátil, el de deuda pública en anotaciones en cuenta y otros mercados secundarios oficiales. En este último epígrafe podrían tener acogida los mercados de futuros y opciones financieras (no entramos en la polémica de los mercados organizados no oficiales del estilo que pretenda promover la AIAF (Asociación de Intermediarios de Activos Financieros) para renta fija privada).
- Obligación de que las operaciones que se realicen en estos mercados cuenten con la participación o mediación de, al menos, una entidad que ostente la condición de miembro del correspondiente mercado.

## b) Instituciones:

- La reforma deja a un lado el panorama institucional de las Bolsas existentes y desarrolla un nuevo esquema con nuevos participantes. Algunas de las nuevas instituciones extienden su ámbito de actuación a todos los mercados de valores (C.N.M.V. y las Sociedades y Agencias de Valores), mientras que otras son específicas de un mercado concreto (Sociedad Rectora de Bolsa y Sociedad de Bolsas) (García Vaquero; Gutiérrez, 1990: 14).
- Creación de un organismo supervisor específico independiente al estilo de la SEC ("Securities Exchange Commission") americana, esto es, con amplias competencias sobre los mercados en materias de regulación, supervisión e inspección del mercado de valores y de la actividad de todas las personas físicas o jurídicas que participan en este mercado. La Comisión Nacional del Mercado de Valores nace así como una entidad de derecho público con personalidad jurídica propia. El papel atribuido a la Comisión Nacional del Mercado de Valores es de gran importancia por su "carácter de motor de la reforma" (De la Dehesa, 1988:227).
- Creación de un comité Consultivo de la C.N.M.V. como órgano de asesoramiento del Consejo de Administración de la C.N.M.V.
- Creación de las Sociedades Receptoras de las Bolsas. Vienen a asimilarse a las antiguas Juntas Sindicales, pero con forma societaria, cuyos

Unicos socios son aquellas sociedades y agencias de valores que deseen ser miembros del correspondiente mercado. Su función como sociedad de servicios va orientada a la dirección y administración de las bolsas, sin olvidar la tarea importante de supervisar el funcionamiento del mercado.

- Creación de Sociedad de Bolsas: es una sociedad anónima responsable del Sistema de Interconexión Bursátil (S.I.B.) que no es más que la integración de las cuatro bolsas nacionales en una sola, con comunicación directa y en tiempo real entre las bolsas. Así se habilita un precio único en cada momento para las cuatro bolsas, lo que incide en la liquidez y profundidad del mercado.
  
- Servicio de Compensación y Liquidación de Valores (S.C.L.V.) : al igual que los anteriores, debe revestir la forma de sociedad anónima, si bien todavía no se ha constituido. Contará con la participación en su capital de los miembros de las bolsas y de todas aquellas entidades financieras involucradas en los procesos de compensación y liquidación. Esta institución tiene que resolver uno de los mayores problemas planteados: el de la compensación, esto es, la transferencia de títulos cuyo soporte es el papel. La necesidad de la transformación del papel en anotaciones en cuenta es evidente si tenemos presente que el 75% de las órdenes internacionales entre mercados no se liquidan a tiempo y, en Europa, este porcentaje se eleva al 90%. La experiencia del mercado de deuda pública en anotaciones en cuenta puede suponer una gran ayuda a la hora de aplicar nuevos sistemas en este ámbito.

- Nuevos sujetos del mercado que sustituyen a la figura del agente de cambio y bolsa. Los nuevos sujetos con forma societaria son las sociedades y agencias de valores (y bolsa) que analizaremos en el siguiente epigrafe. De forma escueta podemos anticipar que el cambio fundamental se centra en la potenciación del carácter de intermediario financiero, a lo que se suma en el caso de las sociedades de valores la posibilidad de actuar por cuenta propia al estilo del "dealer" pero no del "market-maker" o creador de mercado.
  
- Por lo que respecta a las Instituciones de Inversión Colectiva, la Ley del mercado de valores adecúa en sus disposiciones transitorias la legislación vigente en materia de inversión colectiva a la normativa comunitaria, ante la que era inminente entrada en vigor de la directiva 185 de la CEE, el 1 de octubre de 1989. Básicamente, incide en la mayor independencia de las gestoras y de los fondos que gestionan, respecto de los grupos financieros introduciendo un conjunto de medidas restrictiva para garantizar la inversión de los partícipes.

#### c) Procedimientos

- A todo el proceso de reforma institucional y del mercado le ha acompañado una transformación del "modus operandi" acelerado por el desarrollo tecnológico.

- Incorporación del sistema de contratación asistido por ordenador (CATS), que permite que el mercado esté centralizado y deslocalizado. Los negociadores están ante pantallas de cotizaciones para efectuar sus operaciones con base a esta información. Esta nueva forma de contratación junto con la aparición de "dealers" fomenta la profesionalización de los criterios de decisión, a la vez que dota al sistema de mayor transparencia y agilidad. Todo ello ha permitido la ampliación del tiempo de contratación.

A finales de 1990 probablemente la contratación asistida por ordenador se sitúe entorno al 85% de la contratación nacional y alrededor del 95% de la capitalización (García-Vaquero, Gutiérrez; 1990: 18).

- Difusión de la información en tiempo real de forma que los clientes pueden disponer de pantallas que le permitan conocer la evolución y el comportamiento del mercado.
- Transferencia, cada vez más ágil, de órdenes y respuestas, con la interconexión de los nuevos sistemas de liquidación y compensación y los sistemas de formación de precios. Paso previo será la conversión de los títulos nominativos en títulos fungibles a través de referencias técnicas, lo que acortará sin duda los plazos de liquidación.
- Facilidades de canalización o "routing" de órdenes hacia el mercado que reducen los costes de transacción y extienden las redes de intermediación.

### 5.1.3.- Objetivos y efectos inmediatos de la reforma.

Una vez revisados los principales puntos de la reforma, resulta mucho más sencillo comprender los objetivos que la inspiraron.

En primer lugar, hay que señalar que la nueva regulación del mercado de valores pretende dotar al sistema de neutralidad en la forma de contratación, aumentar la transparencia mediante la diseminación de los precios y el aumento de información, flexibilizar la participación y estimular la competencia, abriendo el mercado.

Pero no debemos olvidar que el objetivo fundamental de la reforma se centra en adecuar el mercado de valores a las nuevas necesidades para que pueda desempeñar sin problemas las tareas que tiene encomendadas, esto es, la canalización eficaz del ahorro a las inversiones productivas a largo plazo de las empresas.

La nueva estructura y normas de funcionamiento tienden a redundar en una mayor profesionalización y eficiencia de los sujetos de mercado buscando códigos de conducta que garanticen la seguridad de las operaciones.

Por ello el papel jugado por la Comisión Nacional del Mercado de Valores ha sido de gran trascendencia ya que, además de las funciones de supervisión e inspección del mercado, ha actuado como auténtico motor de la reforma con coherencia y visión global.

Partiendo del principio de unidad del orden económico y del sistema financiero nacional, en el que el mercado de valores juega un papel destacado, la reforma pretende organizarlo como mercado único e integrado de cara a una mayor competitividad internacional.

Aunque la entrada en vigor de la Ley 24/1988, de 28 de julio, del Mercado de Valores se produjo a los 6 meses de su publicación, todos los preceptos referidos a las Bolsas de Valores no entraron en vigor hasta un año después. Por ello, la fecha clave para recordar es el 29 de julio de 1989. En ese momento, tanto las Sociedades Rectoras como las sociedades y agencias de valores y bolsa estaban ya constituidas dispuestas a asumir la tarea encomendada en el proceso de reforma.

Desde esa fecha ha transcurrido poco más de un año, pero notables efectos se han dejado notar ya. Por ello vamos a resumirlos brevemente en lo que sigue:

- En primer lugar, y por enmarcar los efectos concretos, hay que señalar que la reforma ha ocasionado profundas transformaciones en los sujetos de mercado, en su forma de funcionamiento, en la estructura y composición del mercado, así como en los precios y las comisiones.
- Que duda cabe que el grupo de sujetos de mercado es uno de los más seriamente afectados, no sólo por la reducción sensible de su número, sino por la participación de grupos bancarios y la concentración excesiva del negocio (las 10 mayores sociedades de valores por negocio realizan el 45% de la contratación).
- La implantación del CATS, que ha involucrado a los cuatro mercados, ha potenciado la segmentación entre acciones que se contratan por el mercado continuo (el de mayor volumen y profundidad), acciones que persisten en el tradicional sistema

de contratación por corros o "a viva voz" y otros activos como renta fija privada o pública (estos últimos correspondientes exclusivamente a emisiones anteriores al 89).

- La concentración de la negociación en la Bolsa de Madrid ha sido espectacular y creciente, situándose a finales de febrero de 1990 en el 83,34% del total del mercado continuo, mientras que en abril de 1989 era del 70%. Esta favorable evolución de la Bolsa de Madrid ha ido en detrimento especialmente de las de Bilbao y Valencia (que pasan del 10,31% y 1,84% al 2,51% y 0,52% respectivamente, en el mismo periodo).
- Se han realizado fuertes inversiones en el entorno de los mercados y de sus socios, impulsadas por los nuevos desarrollos técnicos y los requisitos de información, cada vez más elevados, sobre el mercado. Aunque esta inversión a largo plazo redundará en una mayor eficacia y en una reducción de costes, a corto plazo resulta difícil de encajar por muchas entidades. Algunas han apostado fuerte por la baza tecnológica mientras que otras han optado por esperar antes de invertir. Todas estas decisiones estratégicas serán analizadas más adelante en este trabajo.
- Por otra parte, aunque el desarrollo de las sociedades de valores no ha sido del estilo de creador de mercado, sí que ha contribuido notablemente a dar una mayor liquidez y a aumentar la eficiencia del mercado. Esta tarea se ha realizado únicamente por un conjunto muy reducido de sociedades aunque no han ejercido el papel de oligopolistas.

- En cuanto a los efectos de la reforma para los inversores, éstos se dejarán notar a medio y largo plazo. En primer lugar porque la tan comentada libertad de comisiones (art. 42 LMV 24/1988) no entrará en vigor hasta el 1 de enero de 1992, por lo que, de momento, el inversor sólo se ha visto afectado, en algunos casos, por el nuevo cobro de la comisión de custodia de valores o por ciertos retoques de la comisión por mediación, el canon de liquidación y el canon de contratación (CNMV, 1990: 68). En segundo lugar, la mayor liquidez del mercado y la mejora en los sistemas de información no es algo que se alcance a corto plazo si bien ya se empieza a percibir un mayor énfasis por la "calidad al cliente" provocada también por el elevado grado de competencia en este sector.
  
- Lo que sí parece haberse visto afectado ha sido el volumen de contratación. Así, en 1989 el incremento fue del 40% respecto al año anterior. La implantación del mercado continuo ha tenido una influencia muy significativa en este comportamiento.

En resumen, podemos afirmar que la reforma del mercado de valores está teniendo unos efectos muy positivos sobre la bolsa. El grado de liquidez y transparencia del mercado ha aumentado gracias a diversos factores: nuevos intermediarios mejor dotados financiera y técnicamente; un mercado electrónico de negociación continua interconectado; mejora de los sistemas de difusión de la información del mercado y también de las empresas; y por último, la presencia de un órgano supervisor garantizando la correcta formación de precios.

Sin embargo, existen todavía importantes tareas pendientes de desarrollar o de implantar que podríamos enumerar. Ahora bien, diariamente surgen nuevos cambios, se perfilan otros objetivos y aparecen nuevas necesidades, por ello resulta tarea ingrata comentar que constituye "la reforma pendiente" en un marco de incesante innovación financiera y tecnológica. No obstante, aquellos puntos de inminente desarrollo son los siguientes: la regulación de la actividad por cuenta propia de sociedades de valores, la regulación de los emisores, de las ofertas públicas de adquisición y venta de valores, el desarrollo del sistema de compensación y liquidación más eficiente, la regulación de los mercados a plazo, de futuros y de opciones y de las operaciones con crédito al mercado, el desarrollo de un auténtico mercado de renta fija líquido, la implantación de un sistema de canalización de ordenes, la transición a un sistema en anotaciones en cuenta y tantos otros que dejamos en el tintero.

## 5.2.- LAS SOCIEDADES Y AGENCIAS DE VALORES.

### 5.2.1.- Perfil legal.

Uno de los pilares básicos de la reforma ha sido la nueva visión del papel que deben jugar los sujetos del mercado. La ruptura total del sistema de negociación al estilo francés, con fedatario público y entre partes, con el nuevo sistema de tipo anglosajón, con libertad de acceso y con actuación por cuenta propia, ha sido un auténtico revulsivo para nuestro mercado.

Todo un cambio de filosofía impregna esta reforma. Así, con anterioridad a la reforma, el sistema institucional giraba en torno a la figura del agente de cambio y bolsa, como intermediario individual y fedatario público, en la búsqueda de la seguridad de las operaciones. Sin embargo, pocos asumían la función de intermediarios y los que así lo hacían requerían otra forma institucional que no tenía acomodo específico en el marco legal existente. Por otra parte el acceso a la condición de agente era muy limitado, por lo que existía un grado de monopolio elevado, limitado exclusivamente por la estricta tipificación de las operaciones que requerían su intervención. La escasez de los recursos necesarios para afrontar una mayor tecnificación junto con la no necesidad efectiva de acometerla, dadas las funciones que tenían encomendadas, dejaron en obsolescencia a este sistema ante las nuevas necesidades que demandaba el mercado.

Los agentes de cambio y bolsa cumplían su misión cuando la estructura del mercado sólo requería la intervención de un sujeto receptor de órdenes de compra y de venta que intentaba casar, con el menor número posible de operaciones, asegurando su buen fin. Sin embargo, ante la evolución experimentada por la mayor parte de los mercados financieros, su función resultaba insuficiente por los siguientes motivos:

- Por la aparición de un volumen creciente de operaciones que requerían movilizar grandes importes de dinero con rapidez y flexibilidad.
- Por la mayor complejidad de la gama de productos y servicios exigidos por los inversores para cubrir sus perfiles de liquidez, riesgo y rentabilidad.
- Por el creciente volumen negociado, consecuencia de la mayor integración de los mercados, que ya había provocado la aparición de otros intermediarios financieros, al estilo de las sociedades instrumentales de agentes de cambio y bolsa, como respuesta a las nuevas necesidades planteadas. Sin embargo, estas nuevas entidades no estaban sujetas a una reglamentación precisa que regulara su capacidad operativa, sus garantías y su papel dentro del mercado (prueba de ello es que se producía una segmentación de la supervisión de estas entidades).

Todo ello contribuyó aún más a acelerar el proceso de reforma, que presenta como uno de sus puntos fuertes el cambio estructural de las características de sus miembros.

Con la ley 24/1988 (Ley del Mercado de Valores), la figura tradicional del agente de cambio y bolsa queda desplazada por la forma societaria de los nuevos sujetos del mercado: las sociedades y las agencias de valores. Con ello se persigue un mayor grado de especialización que redunde en situarlas en unas cotas más elevadas de profesionalización. Todo un reto para los nuevos sujetos del mercado, que deben enfrentarse a un proceso de innovación y a otro de implantación de sus propias redes comerciales. Hasta el inicio de la reforma, la banca comercial tenía un peso muy importante dentro de este mercado. Esto se debía a su papel inversor y emisor y, también, a ser el principal vehículo de canalización de órdenes, especialmente de particulares, pero también de inversiones institucionales. Ahora, tras la reforma, los sujetos del mercado, al revestir forma societaria, tienen una mayor capacidad de desarrollar sus propias redes comerciales.

Otro de los puntos que va ligado a la desaparición de los agentes de cambio y bolsa es la supresión de la obligatoriedad de la fe pública en la compraventa de valores, que queda soslayada por la mera mediación de las operaciones por un sujeto del mercado.

Los nuevos sujetos, a diferencia de los agentes de cambio y bolsa que sólo podían adscribirse a una plaza bursátil, tienen la posibilidad de ser miembros (accionistas) de una o varias sociedades rectoras.

Sin embargo, con independencia de su estructura institucional, en este estudio nos preocupa más su estructura operativa. Es aquí donde la Ley se ha mostrado especialmente generosa al abrir un nuevo marco operativo a los sujetos del mercado de valores.

A este respecto, la Ley del Mercado de Valores establece una primera distinción entre aquellas sociedades y agencias de valores que no son miembros del mercado y aquellas otras que si lo son. La diferencia está referida exclusivamente a la actividad de negociación de valores que las primeras citadas no desarrollan y las segunda si. Todos los demás aspectos operativos coinciden y también se encuentran sujetas a la misma disciplina de supervisión y control, eliminándose así los problemas previos que hemos señalado respecto a la segmentación del control de las entidades preexistentes que desarrollaban su actividad sin estar sometidas a una regulación específica.

Ahora bien, resulta claramente importante la distinción que marca la Ley del Mercado de Valores entre agencias y sociedades, básicamente según su ámbito se centre en la operativa por cuenta ajena (agencias) o se amplie también a la operativa por cuenta propia (sociedades). Otros rasgos que diferencian a unas de otras son:

- 1) En cuanto a actividades que pueden desarrollar: tanto agencias como sociedades pueden (art. 71, Ley 24/88):
  - Recibir órdenes de inversores, nacionales o extranjeros, relativas a la suscripción o negociación de cualesquiera valores, nacionales o extranjeros y ejecutarias, si están autorizadas para ello, o transmitir las para su ejecución a otras entidades habilitadas a este fin.
  - Gestionar, por cuenta del emisor, la suscripción y reembolso de participaciones en fondos de inversión y negociar, por cuenta ajena, su transmisión.

- Mediar, por cuenta directa o indirecta del emisor, en la colocación de emisiones de valores.
- Ser titulares por cuenta ajena en la Central de Anotaciones y actuar como entidades gestoras del mercado de deuda pública en anotaciones en cuenta, de acuerdo con lo previsto en la Ley del Mercado de Valores.
- Negociar con el público, por cuenta de terceros, valores, nacionales o extranjeros, no admitidos a negociación en un mercado secundario oficial.
- Llevar el registro contable de los valores representados por medio de anotaciones en cuenta, en caso de que se trate de valores no admitidos a negociación en mercados oficiales, mediante la libre designación por parte de la emisora.
- Actuar como entidades adheridas al Servicio de Compensación y Liquidación de Valores.
- Gestionar carteras de valores de terceros, en cuyo caso las sociedades de valores no podrán hacer uso de su facultad de negociar por cuenta propia con el titular de los valores objeto de la gestión.
- Actuar, por cuenta de sus titulares, como depositarias de valores representados en anotaciones en cuenta.
- Actuar como depositarias de Instituciones de Inversión Colectiva.

- Ostentar la condición de entidad delegada del Banco de España para la realización de las restantes actividades autorizadas en virtud de la Ley del Mercado de Valores.

Son actividades autorizadas exclusivamente para las sociedades de valores las siguientes:

- Negociar también por cuenta propia la transmisión de participaciones de fondos de inversión.
- Asegurar la suscripción de emisiones de valores.
- Ser titulares también por cuenta propia en la Central de Anotaciones del Banco de España.
- Negociar con el público también por cuenta propia valores, nacionales o extranjeros, no admitidos a negociación en un mercado secundario oficial.
- Otorgar créditos directamente relacionados con operaciones de compra o venta de valores.

Todas estas actividades mencionadas en el apartado uno están sujetas para su realización efectiva a que tanto agencias como sociedades manifiesten de forma expresa su voluntad para realizarlas.

2) En cuanto a requisitos para obtener y conservar la autorización.

- Mientras que las agencias sólo precisan tres miembros en su Consejo de Administración, las sociedades requieren al menos cinco miembros.

- Para el caso de las agencias que sean miembros de una bolsa de valores es un requisito adicional que cada uno de los miembros de su Consejo de Administración posea una participación social no inferior al 5%.
- La participación en el capital de las agencias de valores que sean miembros de alguna bolsa de valores queda reservada a personas físicas.
- Se exige una mayor capacidad financiera a las sociedades (750 millones de capital mínimo) que a las agencias (150 millones de capital mínimo), como consecuencia de los mayores riesgos que pueden asumir al operar por cuenta propia.

Estos dos grupos de elementos diferenciadores entre agencias y sociedades van unidos a otros comunes para ambos sujetos que tienden a imponer unos requisitos de profesionalidad e independencia a las personas y entidades vinculadas con el mercado, con un estricto régimen (quizás demasiado) de incompatibilidades y participaciones prohibidas al objeto de garantizar dicha independencia.

A todo ello se suma una mayor exigencia tanto de medios técnicos como humanos con objeto de estar preparados para actuar en un mercado cada día más complejo y sofisticado y para poder realizar un seguimiento preciso de todo el conjunto de riesgos que las nuevas sociedades están dispuestas a asumir.

Por esta estrecha supervisión y control por parte de la Comisión Nacional de Mercado de Valores se ha hecho necesaria la adopción de criterios comunes de normalización

contable, lo que dota a este conjunto de entidades financieras especializadas de una mayor transparencia y contribuye a aumentar las garantías y la seguridad del mercado de valores español.

### 5.2.2. Estructura del sector.

Remitiéndonos al informe publicado por la Comisión Nacional del Mercado de Valores sobre sociedades y agencias de valores en 1989, hay que señalar en primer lugar que aunque algunas se han constituido mediante la transformación de otras sociedades ya existentes (despachos de agentes, sociedades instrumentales, sociedades mediadoras en el mercado de dinero y otras sociedades de derecho común dedicadas a actividades financieras) la mayoría son de nueva creación.

A continuación vamos a intentar sintetizar cuáles son, en nuestra opinión, los rasgos más destacables que caracterizan la estructura actual del sector de sociedades y agencias de valores. Para ello analizaremos los siguientes tres aspectos: tipología y distribución de los sujetos, análisis económico-financiero de sus actividades y, por último, grado de concentración del sector, siempre refiriéndonos a los datos correspondientes a 31 de diciembre de 1989, salvo que se especifique lo contrario.

#### 1) Tipología y distribución de los sujetos.

- La mayoría de las sociedades y agencias de valores (64%) se ha decantado por ser miembro de alguna bolsa de valores.

- Se ha registrado una tendencia a la concentración (recordemos que previamente existían 144 agentes de cambio y bolsa).
- De los 89 sujetos registrados, más de la mitad (56%) corresponden a sociedades de valores (aunque pocas han iniciado la actividad por cuenta propia). Además sociedades y agencias representan el 98% de los sujetos, reduciéndose a un 2% el número de agentes individuales que han optado por mantener su antiguo "status" sin adoptar una forma societaria.
- La bolsa de Madrid concentra el mayor número de miembros (51), lo que representa que el 89% de los miembros de bolsa lo son de la de Madrid. Este porcentaje es significativamente inferior si nos referimos a la bolsa de Barcelona (49%) o a la de Bilbao (17'5%) y Valencia (12'3%).
- Prácticamente igualado se encuentra el número de sujetos que son miembros de una sola bolsa (49%) con aquellos otros que son miembros de más de una (51%). Tan sólo un 7% del total de miembros de bolsa lo son al mismo tiempo de las cuatro bolsas españolas y corresponden a sociedades de valores.
- También se percibe que son las sociedades las que tienen una mayor vocación a participar en más de una bolsa de valores (54%) que las agencias (50%).

- Del total de agencias y sociedades de valores el 44% proceden de la transformación de sociedades ya existentes mientras que el 56% son de nueva creación. Las entidades que procedían de las antiguas sociedades instrumentales de agentes mediadores colegiados representan la cuarta parte del total de sociedades y agencias miembros y no miembros.
  
- Otra nota que parece caracterizar a las sociedades de valores y bolsa es la voluntad mayoritaria de acometer todas las actividades que legalmente les son permitidas (el 88% de las sociedades de valores y bolsa). Para el caso de las agencias de valores y bolsa sólo el 55% del total de agencias de valores y bolsa han deseado acometer las actividades permitidas por ley.

Esta vocación global se ve mucho más reducida en el caso de sociedades y agencias de valores que no son miembros de ninguna bolsa (60% y 23% en relación con sociedades y agencias de valores respectivamente). En resumen, podemos concluir que las sociedades de valores y bolsa han manifestado su deseo de desarrollar todas las actividades del art. 71 de la Ley del Mercado de Valores en mayor medida que las agencias de valores y bolsa. Esta característica se da también en las agencias de valores y sociedades de valores miembros frente a los no miembros. En consecuencia, parece que las agencias de valores son las que a priori tienden hacia una mayor especialización desde su nacimiento.

- Por lo que respecta al capital social, el medio efectivo de las sociedades de valores ha sido un 10% superior al mínimo exigido, llegando alguna sociedad ha constituirse con un capital correspondiente a un 266% respecto al mínimo requerido. También el capital medio efectivo de las agencias de valores ha sido superior al mínimo exigido aunque en menor cuantía (5%). Aquella agencia que ha desembolsado el máximo efectivo corresponde a un 166% respecto al mínimo exigido.

En general, el 80% de las entidades han preferido dotarse de un capital social superior a los mínimos legales, por ello el grado de capitalización total del sector suponía al concluir 1989 una cifra de 46.921 millones de pesetas, una importante inversión para acometer las funciones que tienen encomendadas.

- Por otra parte, la comentada y polémica bancarización del sector sólo es consecuencia de la canalización de órdenes cautivas por parte de la banca comercial y de su papel inversor y emisor, como ya hemos señalado. Por ello, no resulta extraño conocer que 44 entidades financieras españolas (incluyendo compañías de seguros) y 7 extranjeras participan de forma directa o indirecta (a través de sus instrumentales) en alguna sociedad de valores y que 2 entidades financieras españolas y 1 extranjera participan en agencias de valores no miembros (ya que los accionistas de las agencias de valores miembros sólo pueden ser personas físicas). También conviene señalar que del total de sociedades y agencias de valores (87), el 23% está

participada por al menos una entidad financiera nacional y el 15% por al menos una entidad extranjera, con una participación en cada caso superior al 10% del capital respectivo. En consecuencia, estos porcentajes no parecen avalar hipótesis simplistas de bancarización del mercado de valores como consecuencia de la reforma.

- Por último, resulta clarificador que el 59% de los sujetos estén ubicados en Madrid, mientras que sólo un 16% está en Barcelona. Vizcaya, Valencia, Guipúzcoa, Málaga y Asturias son las otras provincias donde tienen su domicilio social otras entidades que sólo representan entre todas el 15%.
- Aunque uno de los puntos en que incide la reforma es en la libertad de establecimiento y la apertura de sucursales por todo el territorio nacional (en el extranjero se necesita obtener autorización administrativa), de momento el número de sucursales es sólo de 50, estando ubicadas la mitad de ellas en Madrid y Barcelona y el resto en Vizcaya, Valencia, Zaragoza, Baleares, Navarra, Sevilla, Castellón, Asturias, Murcia y la Rioja, por este orden.

En resumen, podemos afirmar que este joven sector tiene que consolidarse definiendo claramente su estrategia en cuanto a qué segmentos de mercado pretende dirigir su actividad (mayoristas, minoristas, inversores institucionales, etc.) y qué gama de productos-servicios pretende ofertar.

## 2) Análisis económico-financiero.

- En general y durante 1989, tanto sociedades como agencias de valores presentaron una buena rentabilidad sobre los fondos propios. De hecho, durante el periodo agosto-diciembre, en tasa anualizada, las rentabilidades medias fueron el 39'5% y del 70% para las sociedades de valores y bolsa y agencias de valores y bolsa, respectivamente. Los datos correspondientes al primer semestre de 1990 arrojan que once firmas tuvieron una rentabilidad superior al 40%.

Ahora bien, el grado de dispersión de los beneficios en este sector es muy grande y una buena parte de éste se encuentra por debajo del 15%, en concreto, en el primer semestre de 1990 trece entidades tenían una rentabilidad inferior al 10%.

Todo ello pueda conducir en los próximos años a una reestructuración del sector. Algo que resulta significativo es que las entidades vinculadas a instituciones financieras no han sido necesariamente las más rentables, acallando así las voces que apuntaban a una excesiva bancarización del sector. Así, de entre las diez más rentables en este periodo, ocho de ellas no tenían ninguna vinculación a entidades financieras. Todo apunta a que aquellos intermediarios que tienen bien definida su estrategia pueden encontrar su nicho de mercado sin que importe mucho su no vinculación a entidades financieras.

- El esfuerzo de capitalización realizado hace que este sector presente un exceso de recursos propios

que, en muchos casos, no es más que la consecuencia de la falta de actividad por cuenta propia de las sociedades de valores. Así la diferencia entre los recursos propios computables y los necesarios para la cobertura del coeficiente de solvencia era de 39.473 millones al terminar 1989. Prueba de ello es que el ratio de autonomía financiera es del 50,6% para el total de entidades, correspondiendo un ratio más elevado para las agencias (72,3%) frente a las sociedades (48,5%). Además el grado de liquidez es muy elevado, el inmovilizado sólo representa el 3,5% del total activo.

- Por lo que respecta a las carteras de valores, sólo un 6% del total activo corresponde a la cartera permanente, mientras que el 33% corresponde a la cartera de negociación. Ahora bien, el riesgo asumido por las entidades de bolsa es francamente pequeño ya que, por término medio, sólo un 8% de la cartera de negociación corresponde a renta variable, mientras que el resto se encuentra materializado en renta fija pública o privada.
  
- Uno de sus puntos débiles es el elevado importe de los gastos de personal que representan el 16% del margen ordinario. Esto se debe a la excesiva movilidad del personal de este sector, especialmente virulenta en el inicio de la reforma, ya que todas las entidades han estado a la caza de personal profesional que les permitiera jugar la baza de la reforma desde el primer momento.

- Por lo que respecta a los ingresos de sociedades y agencias, el 68% de las comisiones percibidas provienen de la tramitación y ejecución de órdenes, lo que nos da una idea del tipo de negocio que están desarrollando. Con independencia de las comisiones percibidas (el 64% de los ingresos ordinarios) el resto de ingresos ordinarios provienen de ingresos financieros (28%) y de beneficios en ventas de valores (8%). Ello nos lleva a concluir que gran parte de los recursos de las sociedades y agencias se está destinando a su mera colocación en los mercados financieros y no al desarrollo de las actividades que tienen encomendadas.

En resumen, un breve análisis global del sector nos muestra que la capitalización de las agencias y sociedades les permitiría acometer nuevas actividades de negocio con más riesgo, ya que de momento la mayoría centran su actuación en la tramitación y ejecución bursátil, lo que resulta extremadamente peligroso. Sólo la especialización y diversificación puede mantener rentables al conjunto actual de sociedades y agencias.

### 3) Grado de concentración del sector.

Aunque las cifras anteriores parecen mostrar que nos encontramos ante un sector rentable y saneado la realidad es muy distinta por la heterogeneidad que muestran estos sujetos.

Así, las cinco primeras entidades concentraban casi el 30% de las comisiones percibidas por el total del sector y casi el 40% de los ingresos totales en 1989. Para

las diez primeras entidades estos porcentajes eran del 45% y 52% respectivamente. Esto nos da una idea del grado de concentración del sector y de la penuria de aquellas 59 entidades que deben contentarse con poco más del 10% de las comisiones y de los ingresos totales del sector.

Pero quizás sea más significativo destacar que cinco entidades perciben el 40% de los beneficios totales del sector (las diez primeras perciben casi el 60%), lo que nos permite concluir que aquellas entidades que tienen unos mayores ingresos no incurren proporcionalmente en mayores gastos y, en consecuencia, son más eficientes que aquellas otras que ocupan peor posición. Centradas, como están en su mayoría, en la tramitación y ejecución de órdenes las economías de escala que alcanzan con su personal existente les permite ampliar su presencia en esta actividad.

El mercado atomizado y la fuerte competencia hace que la cuota de mercado en el volumen de contratación de las distintas sociedades sea en general escaso.

En el siguiente cuadro podemos observar la distribución de miembros de bolsa, según su cuota de participación en el volumen de contratación en 1989.

	Cuota de Mercado	1989	% sobre to-	1990 (hasta agosto)	% sobre to-
		Nº Miembros	tal Miembros	Nº Miembros	tal miembros
Grandes	Más de 5%	3	5,5%	4	7,2%
	4%/4,99%	2	3,5%	1	1,8%
	3%/3,99%	4	7,0%	5	8,9%
Medianas	2%/2,99%	6	10,5%	10	17,8%
	1%/1,99%	20	35,0%	19	33,9%
Pequeñas	0%/0,99%	22	38,5%	17	30,4%
		57	100%	54	100%

Fuente: C.N.M.V. y elaboración propia.

Las cinco primeras entidades acaparaban en 1989 una cuota acumulada de mercado de 28,67%, mientras que las 22 últimas sólo representan el 11,96% del volumen de contratación.

La tendencia a la concentración parece confirmarse ya que con datos de agosto de 1990, las cinco primeras entidades han ganado cuota de mercado y ya manejan el 29,7% de la contratación total, casi la tercera parte del mercado.

En el próximo epígrafe vamos a describir un posible marco de referencia para los próximos años, con objeto de conocer si existe una capacidad de que sobrevivan tal número de sociedades y agencias.

### 5.3.- ESCENARIOS DEL MERCADO DE VALORES ESPAÑOL: ESTADOS ECONOMICOS DE AGENCIAS Y SOCIEDADES DE VALORES Y BOLSA.

En este epígrafe vamos a realizar un estudio de simulación dibujando los escenarios más probables en que se puede mover la actividad de sociedades y agencias de valores durante la primera mitad de la década de los noventa. El objetivo no es otro que determinar si el mercado de valores español podrá demandar en el futuro los servicios de todas las sociedades y agencias que existen en la actualidad. Para ello, vamos a elaborar un modelo de simulación que combine las expectativas sobre la evolución de las principales áreas del negocio bursátil con el comportamiento de los sujetos miembros de alguna bolsa. La utilización de la estructura de balance y cuenta de resultados, que exige la C.N.M.V a las S.V.B. y A.V.B para la presentación de sus datos económicos, nos será de gran ayuda de cara a realizar la proyección del modelo de simulación para el período comprendido entre 1990 y 1995. Asimismo, se utilizan las cifras reales correspondientes a 1989 como base de partida del modelo y las cifras de los sujetos miembros y la evolución de los mercados en los nueve primeros meses de 1990.

#### 5.3.1.- El modelo de simulación para 1990-1995

El estudio de viabilidad correspondiente a las sociedades y agencias de valores y a los agentes individuales miembros de bolsa, establece el balance y cuenta de resultados para seis ejercicios consecutivos.

El punto de partida corresponde a 1989, si bien en este año el funcionamiento de A.V.B y S.V.B. se inició a partir del 31 de julio; por ello, los datos económicos que se incluyen de este ejercicio deben ser matizados con las siguientes notas:

- población objeto de estudio: sólo se consideran aquellas entidades miembros,
- origen de las entidades: ya que 38 procedían de la transformación de otras sociedades,
- horizonte temporal de la información de partida: de esas 38 entidades sólo ocho procedieron a cerrar el ejercicio con anterioridad a su transformación, mientras que las otras 30 presentaron sus resultados acumulados desde el inicio de 1989, en consecuencia, de los datos presentados, el 47% corresponde a resultados de cinco meses y el 53% a resultados de un ejercicio completo, esto es, el plazo medio de la información económica que se presenta es de ocho meses y medio.

Este estudio pretende averiguar si las entidades miembros de bolsa pueden generar los recursos necesarios para su consolidación bajo las hipótesis y supuestos de funcionamiento que se establecen.

Para la interpretación del estudio se describe a continuación el contenido de los cuadros contables del modelo, señalando en cada uno qué variables se han utilizado para describir el escenario donde se desarrollaría la actividad de estas entidades.

## 1.- Estructura y tamaño de mercado.

De acuerdo con el cuadro 1 ("Cifras totales del mercado"), las grandes áreas de negocio que se consideran en el modelo de simulación son las siguientes:

- Tratamiento y ejecución de órdenes: recoge el volumen, en términos efectivos, de las operaciones de compra y venta de todo tipo de valores (acciones, renta fija pública y privada y otros que se pueden crear) que se negocien en las bolsas oficiales y que requieran la intervención de un miembro de la correspondiente bolsa de valores. Se incluye también en este apartado la operativa de compra y venta de derechos de suscripción, de reestampillado de títulos y todas aquellas que generen ingresos por corretajes a los miembros de las bolsas.

Para determinar el crecimiento de esta magnitud habría que tener presente dos fuerzas contrapuestas. Por un lado, el crecimiento de la capitalización bursátil vía ampliaciones de capital y número de acciones (tan sólo el 18% de las empresas situadas entre las 2.000 mayores por volumen de ventas en España cotizan en bolsa) y, también, vía aumento de la rotación de las carteras de valores (mayor cuando se liberalizan las comisiones, especialmente para carteras institucionales), la intermediación en el segmento de renta fija y el desarrollo de productos derivados. Por otro lado, tendríamos que valorar la mayor internacionalización de los mercados con la salida de los valores nacionales más significativos al exterior (podría alcanzar el

21% del negocio actual). Así, mientras el informe McKinsey (Abad, Leyva, 1990) apuesta porque la bolsa española podría duplicar el actual volumen de negocio en un plazo de tres a cinco años, otros más moderados, como el estudio delphi de Arthur Andersen (1989) estiman un crecimiento medio anual del 15% hasta 1992 (con un aumento en el número de empresas cotizadas muy pequeño y debido, casi exclusivamente, a empresas extranjeras).

En nuestro modelo, por simplicidad, partiremos del volumen correspondiente a 1989, incluyendo como variable la tasa de crecimiento anual.

En la medida que en la primera mitad de 1990 esta variable se ha mostrado especialmente dinámica, hemos tratado de incorporar esta información en la tasa de crecimiento. Asimismo, el valor de esta tasa será más favorable en 1992 por la posible mayor apelación que realicen las empresas al mercado de capitales y que, en definitiva, podría redundar en un mayor volumen de contratación.

Aseguramiento y colocación: para este segmento de negocio, se desglosan por una parte las operaciones de aseguramiento y colocación de renta fija y por otra las de renta variable, por las distintas comisiones que se aplican a uno y otro instrumento. Para ambas magnitudes se establecen sendas tasas de crecimiento anual, si bien hemos incorporado la información disponible sobre la desfavorable evolución de 1990.

- Gestión de Carteras: recoge el volumen administrado por miembros del mercado de las carteras de valores particulares o institucionales bajo un contrato de gestión de patrimonios individual. Obviamente, los miembros de bolsa deben compartir esta área de negocio con las sociedades gestoras de carteras. En el modelo, incluimos exclusivamente el volumen correspondiente a miembros de bolsa y no se estima el volumen total del patrimonio administrado con contratos de gestión de carteras. Dado que no existe información pública del patrimonio que gestionan los miembros por esta vía, se ha determinado su volumen a partir de los ingresos que, por este concepto, declaran los miembros y se ha estimado una comisión media del 0.5% sobre patrimonio (también podría adoptarse una comisión superior pero girada sobre los beneficios). Para los años siguientes se aplica una tasa media de crecimiento anual.
- Otros ("Corporate Finance"): hemos definido esta variable por el número de proyectos de consultoría y asesoramiento realizados por entidades miembros de bolsa. Su evolución durante el periodo considerado se perfila a través de una tasa de crecimiento anual.
- Intermediación ("Brokerage"): recoge el volumen intermediado por los miembros del mercado de todo tipo de valores y por los que percibe una pequeña comisión de "brokerage". Al igual que las anteriores variables se le aplica una tasa de crecimiento anual para determinar su evolución futura. También incluye la actuación de los miembros en otros mercados de nueva creación.

- Crédito a clientes: Únicamente se incluye en este concepto el crédito a clientes que genera ingresos para los miembros de bolsa. Aunque en el momento de redactar estas líneas todavía no está en marcha el crédito al mercado, su articulación parece inminente. Para determinar su volumen, se ha definido éste como un porcentaje del volumen total correspondiente al tratamiento y ejecución de órdenes bursátiles, por considerar que una parte de la contratación se realizará con la forma de crédito al mercado.

## 2.- Cuotas de mercado.

Para el primer modelo que presentamos y que se refiere al total del sector de miembros de mercado, las cuotas de mercado en las distintas áreas de negocio obviamente son del 100% (recordemos que al volumen de otras actividades distintas al tratamiento y ejecución de órdenes las hemos cifrado ya en términos correspondientes exclusivamente a miembros del mercado). Este cuadro nos sería, sin embargo, de utilidad si pretendiéramos simular el comportamiento de los sujetos miembros de bolsa que presentan distintas cuotas de mercado.

## 3.- Variables del modelo.

Las variables que hemos considerado en este modelo y que se recogen en el cuadro 3 podríamos agruparlas bajo tres conceptos:

- a) Variables de mercado: se refieren al crecimiento que pueden registrar las distintas áreas de negocio y dibujan el tamaño de mercado para las entidades miembros.

b) VARIABLES DE ACTIVIDAD: se recogen todas aquellas referidas a los ingresos y gastos. En este grupo estarían incluidas las comisiones aplicadas, la rentabilidad media de las distintas carteras, el tipo medio cobrado por el crédito a clientes, el tipo de interés pagado por la financiación ajena, las comisiones satisfechas por operaciones en otros mercados, los costes medios de personal y generales, etc.

c) VARIABLES DE ESTRUCTURA PATRIMONIAL: incluye todas aquellas variables que afectan al volumen de las partidas de activo y pasivo del balance de los miembros de mercado, tales como el crecimiento de las carteras, de la financiación ajena, etc.

#### 4.- Desglose de los ingresos.

Se dividen en cuatro grandes partidas según la estructura de cuenta de resultados que presenta la C.M.H.V.: ingresos en valores; ingresos de otras inversiones; comisiones percibidas y otras ganancias percibidas. A continuación detallamos las relaciones que sirven para cuantificar estas partidas de ingresos.

- Ingresos en valores: recogen los ingresos por intereses y dividendos que, por hipótesis y simplicidad, consideramos que se generan por la cartera de valores permanente (contiene la participación en las sociedades rectoras de bolsa) y también los ingresos obtenidos por beneficios en ventas de valores que asumimos que se generan por la cartera de negociación. Así, estas dos partidas se obtienen de la siguiente forma:

- Intereses y dividendos= cartera permanente x rentabilidad media de la cartera permanente.
- Beneficios en ventas= cartera de negociación x rentabilidad media de la cartera de negociación.

Para ambas carteras de valores se fijan sendas tasas de crecimiento anual. Las rentabilidades son medias de las obtenidas por la cartera de renta variable y por la de renta fija, por ello no hemos incluido la composición de ambas carteras. Además, la rentabilidad por intereses y dividendos se considera anual. Otra hipótesis implícita en este modelo es que la rentabilidad por beneficio en ventas se obtiene por una rotación total de la cartera una vez al año, por lo que dicha rentabilidad viene dada en términos anuales.

- Ingresos de otras inversiones: recoge los ingresos procedentes de la rentabilidad de las cuentas en intermediarios financieros.
- Comisiones percibidas: incluye todos los ingresos por comisiones de tratamiento y ejecución de órdenes, aseguramiento y colocación de emisiones gestión de carteras y otras comisiones (intermediación). Para determinar el importe global de cada actividad, se aplica al volumen total del mercado la comisión correspondiente.
- Otras ganancias percibidas: en este epígrafe, se incluyen los intereses percibidos por la financiación que se otorga a clientes y también los ingresos por asesoramiento y consultoría.

## Intereses de financiación al cliente =

Tipo de interés cobrado a clientes  
 ----- x Volumen crédito a  
 12/periodo medio crédito a clientes clientes.

Asesoramiento y consultoría = Ingreso unitario por  
 proyecto x número de proyectos.

## 5.- Desglose de gastos.

Incluye las siguientes partidas:

- Pérdidas de valores: se incluyen sólo las cifras correspondientes al ejercicio 1989. En la simulación para el período 1990-95 no se contempla esta partida ya que las pérdidas reales y potenciales de la cartera han aminorado de forma implícita la rentabilidad tanto de la cartera de negociación como de la permanente.
- Interés de los pasivos: recoge las cantidades que los miembros de bolsa deben satisfacer por todo su endeudamiento externo, en concreto, por la financiación directa de intermediarios financieros, los empréstitos y la financiación subordinada.
- Corretajes y comisiones satisfechos: esta partida corresponde a los corretajes y comisiones que los miembros de alguna bolsa deben satisfacer a los miembros de otras bolsas cuando realicen operaciones en las bolsas de las que no son miembros. Para obtener el volumen total de operaciones realizadas en bolsas de las que no son miembros, aplicamos un porcentaje sobre el volumen total de tratamiento y ejecución de órdenes.

- Gastos de explotación: engloba los correspondientes a personal y los generales.

Gastos de personal = n° de empleados x coste unitario medio.

n° de empleados<sub>t</sub> = n° de empleados<sub>t-1</sub> x (1+ crecimiento)

Costa medio<sub>t</sub> = costa medio<sub>t-1</sub> x (1+ crecimiento)

Gastos generales<sub>t</sub> = Gastos generales<sub>t-1</sub> x (1+ crecimiento).

- Otras dotaciones, otras pérdidas y previsión del impuesto sobre sociedades: estas partidas sólo se recogen en el año 89, el modelo las ignora de cara a una mayor simplicidad, ya que no afectan a su estructura básica.

#### 6.- Cuenta de Pérdidas y Ganancias.

Presenta la cuenta de pérdidas y ganancias en cascada que nos permite determinar los márgenes y el beneficio antes de impuestos. Todas las partidas de ingresos y gastos se han obtenido previamente en los cuadros 4 y 5.

#### 7.- Distribución de resultados.

Incorpora una sencilla distribución de resultados que supone el pago del impuesto sobre sociedades, la constitución de las reservas legales obligatorias y la dotación de reservas voluntarias en una cuantía variable, que es más elevada en los primeros años del periodo considerado. El resto de los beneficios se distribuye como

dividendos y no se contempla la dotación de otro tipo de reservas.

#### 8.- Flujo de Tesorería.

En el cuadro 8 se recoge el estado de origen y aplicación de fondos que nos permite obtener la partida residual de tesorería y nos facilita la tarea de determinar las necesidades de financiación para otros ejercicios. Este estado nos permite engarzar la cuenta de resultados con el balance de las entidades miembros de mercado.

#### 9.- Balance de situación.

El estado que presentamos en el cuadro 9 mantiene la estructura de balance presentada por la C.N.M.V para estas entidades.

#### 10.- Rentabilidad.

En el modelo de simulación para seis años se incluye un último cuadro que recoge la rentabilidad de las entidades miembros del mercado utilizando el criterio del TIR y del VAN supuesto una tasa de descuento del 13%.

Una vez que hemos descrito el modelo y sus principales variables, incluimos a continuación los resultados que se obtienen asignando el valor "a priori" más probable para todas y cada una de las variables. Sin embargo para que el modelo sea consistente vamos a realizar en el siguiente epígrafe un estudio de sensibilidad del modelo con mira a determinar cuales son las variables que más afectan a los resultados de este sector.





3.- VARIABLES DEL MODELO	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
----- CIFRAS TOTALES DEL MERCADO -----							
Crecimiento de trat. y ejecución ordenes		25.00X	15.00X	20.00X	15.00X	15.00X	15.00X
Crecimiento aseguramiento y colocacion							
. Renta fija		-25.00X	5.00X	10.00X	10.00X	10.00X	10.00X
. Renta variable		-80.00X	5.00X	10.00X	10.00X	10.00X	10.00X
Crecimiento gestion de carteras		15.00X	15.00X	15.00X	15.00X	15.00X	15.00X
Crecimiento otros (Corp. Finance)		5.00X	10.00X	10.00X	15.00X	15.00X	15.00X
Crecimiento intermediacion		0.00X	10.00X	20.00X	20.00X	20.00X	20.00X
Ptje. credito a clientes s/trat. total		0.25X	0.25X	0.25X	0.35X	0.35X	0.35X
----- INGRESOS EN VALORES -----							
Rntad. media c. negoc. (beneficio en ven)		1.00X	5.00X	10.00X	10.00X	10.00X	10.00X
Crecimiento de la cartera de negociacion		5.00X	10.00X	5.00X	3.00X	0.00X	0.00X
Rntad. c. pate. y neg. (interesa y divi)		10.00X	10.00X	10.00X	10.00X	10.00X	10.00X
Crecimiento de la cartera permanente		5.00X	10.00X	10.00X	3.00X	3.00X	3.00X
----- INGRESOS DE OTRAS INVERSIONES ---							
Rendimiento interm.financ.inv. directas		13.00X	12.00X	11.00X	10.00X	10.00X	10.00X
----- COMISIONES PERCIBIDAS -----							
Comision trat. y ejecución ordenes		0.25X	0.25X	0.15X	0.15X	0.15X	0.15X
Comision aseguramiento y colocacion							
. Renta fija		0.15X	0.15X	0.15X	0.15X	0.15X	0.15X
. Renta variable		0.25X	0.25X	0.25X	0.25X	0.25X	0.25X
Comision gestion de carteras		0.50X	0.50X	1.00X	1.00X	1.00X	1.00X
Otros servicios (Ingr. medio unitario)		2	3	6	8	9	10
Crecimiento Ingr. unitario servicios			50.00X	100.00X	25.00X	20.00X	10.00X
Comision intermediacion (otras)		0.10X	0.10X	0.10X	0.10X	0.10X	0.10X
----- CREDITO A CLIENTES -----							
Periodo medio credito a clientes (meses)		1	1	1	1	1	1
Tipo medio interes credito a clientes		16.00X	15.00X	14.00X	14.00X	14.00X	14.00X
----- INTERESES DEL PASIVO -----							
Tipo de interes de la financiacion ajena		15.00X	14.00X	14.00X	14.00X	14.00X	14.00X
Crecimiento de la financiacion ajena		0.00X	0.00X	0.00X	0.00X	0.00X	0.00X
----- CORRETAJES SATISFECHOS -----							
Ptje. s/vol. total de opere en otr. mdos		10.27X	10.27X	15.00X	15.00X	15.00X	10.27X
Comision unitaria satisfecha		0.25X	0.25X	0.15X	0.15X	0.15X	0.15X
----- GASTOS DE EXPLOTACION -----							
Numero de empleados	2,151	3,119	3,306	3,504	3,575	3,646	3,865
Crecimiento numero de empleados		45.00X	6.00X	6.00X	2.00X	2.00X	6.00X
Coste medio por empleado	2.42	3.15	3.34	3.60	3.82	4.05	4.29
Crecimiento coste medio por empleado		30.00X	6.00X	8.00X	6.00X	6.00X	6.00X
Crecimiento de los gastos generales		60.00X	10.00X	10.00X	6.00X	6.00X	6.00X
----- ESTRUCTURA DEL BALANCE -----							
Crecimiento del inmovilizado material		40.00X	20.00X	10.00X	5.00X	5.00X	5.00X
Crecimiento de los fondos propios		10.00X	3.00X	1.00X	0.00X	2.00X	2.00X
Ptje. beneficios a reservas voluntarias	100.00X	75.00X	15.00X	15.00X	10.00X	5.00X	5.00X
Crecimiento financ. intermediarios fin.		-20.00X	0.00X	0.00X	0.00X	0.00X	0.00X
Crecimiento financ. de la clientela		-10.00X	10.00X	10.00X	10.00X	10.00X	10.00X

-----							
4.- DESGLOSE DE LOS INGRESOS	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
-----							
1. INGRESOS EN VALORES	7,591	4,690	8,033	12,268	12,616	12,643	12,674
1.1. Intereses y dividendos	5,818	4,037	4,441	4,705	4,867	4,875	4,905
1.2. Beneficio en ventas	1,773	653	3,592	7,543	7,769	7,769	7,769
2. INGRESOS OTRAS INVERSIONES	527	2,600	2,760	2,310	1,450	2,000	2,200
3. COMISIONES PERCIBIDAS	15,003	20,257	23,049	19,535	22,637	26,243	30,438
3.1. Trat. y ejecucion de ordenes	11,330	15,653	18,001	12,961	14,905	17,140	19,711
3.2. Aseguramiento y colocacion	1,031	813	853	938	1,032	1,136	1,249
3.3. Gestion de carteras	293	476	347	1,258	1,447	1,664	1,914
3.4. Otras comisiones (intermediacion)	2,349	3,316	3,648	4,377	5,253	6,304	7,564
4. OTRAS GANANCIAS	1,146	1,907	3,028	6,419	9,270	12,700	16,011
- Intereses de financiacion a clientes		209	225	252	406	467	537
- Asesoramiento y consultoria	1,146	1,699	2,803	6,167	8,864	12,233	15,475
-----							
5.- DESGLOSE DE LOS GASTOS	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
-----							
1. PERDIDAS EN VALORES	2,529	0	0	0	0	0	0
1.1. Por ventas	1,093						
1.2. Provisiones por minusvalias	1,030						
1.3. Otras	406						
2. INTERESES DE LOS PASIVOS	4,622	4,021	3,753	3,753	3,753	3,753	3,753
3. CORRETAJES Y COMISIONES SATISFECHAS	1,163	1,607	1,848	1,944	2,236	2,571	2,023
4. GASTOS DE EXPLOTACION	9,644	16,914	18,837	21,215	22,755	24,410	26,813
4.1. De personal	5,206	9,813	11,026	12,623	13,648	14,756	16,580
4.2. Grales. contrib. imp. enmot. inmov.	4,438	7,101	7,811	8,592	9,107	9,654	10,233
5. OTRAS DOTACIONES	81						
6. OTRAS PERDIDAS	56						
7. PREVISION I. SOCIEDADES (D.G.)	1,854						

\*\*\*\*\*

6.- CUENTA DE PERDIDAS Y GANANCIAS							
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1. INGRESOS ORDINARIOS	23,121	27,547	33,842	34,093	36,703	40,628	43,313
1.1. Ingresos financieros	6,343	4,637	7,701	7,015	6,297	4,829	7,103
1.2. Beneficios en ventas de valores	1,773	653	3,392	7,343	7,399	7,769	7,749
1.3. Comisiones percibidas	15,003	20,257	23,049	19,333	23,007	28,243	30,459
1.3.1. Tramitación y ejecución ordenes	11,330	15,653	18,001	12,961	14,908	17,140	19,713
1.3.2. Colocación y arq. de emisión	1,031	813	833	928	1,032	1,136	1,249
1.3.3. Gestión de Carteras	293	476	347	1,258	1,447	1,664	1,914
1.3.4. Otras	2,349	3,316	3,648	4,377	5,233	6,304	7,564
2. COSTE ORDINARIO	8,314	5,620	5,601	5,497	5,989	4,324	5,726
2.1. Costes financieros	4,422	4,021	3,753	3,753	3,753	3,753	3,753
2.2. Pérdidas en valores (ventas y prov.)	2,529	0	0	0	0	0	0
2.3. Comisiones satisfechas	1,163	1,607	1,848	1,744	2,236	2,571	2,023
3. MARGEN ORDINARIO	14,807	21,920	28,241	28,596	30,714	34,304	39,836
4. GASTOS DE EXPLOTACION	9,725	14,914	18,837	21,213	22,755	24,418	25,823
4.1. Personal	5,206	9,813	11,026	12,423	13,648	14,736	15,820
4.2. Generales, amortiz. y otras dotación	4,519	7,101	7,811	8,792	9,107	9,684	10,003
5. MARGEN DE EXPLOTACION	5,082	5,006	9,404	7,181	7,959	10,154	14,223
6. OTRAS GANANCIAS Y PERDIDAS	1,090	1,907	3,026	6,419	9,270	12,700	18,011
7. RESULTADO CONTABLE	6,172	6,913	12,432	13,600	17,229	22,854	28,733
8. PREVISION PARA EL IMPUESTO DE SOCIEDA	1,854	0	0	0	0	0	0
9. BENEFICIO ANTES DE IMPUESTOS	4,318	6,913	12,432	13,600	17,229	22,854	28,733

\*\*\*\*\*

7.- DISTRIBUCION DE RESULTADOS							
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
BENEFICIO ANTES DE IMPUESTOS	6,172	6,913	12,432	13,600	17,229	22,854	28,733
Resultados acumulados	6,172	13,083	25,317	39,117	56,346	79,199	107,034
Impuesto de sociedades (1)							
Rtdos negativos pend de comp.	0	0	0	0	0	0	0
Base imponible	6,172	6,913	12,432	13,600	17,229	22,854	28,733
Impuesto de sociedades	2,160	2,420	4,351	4,764	6,059	7,999	10,053
Reservas							
Legales	417	381	0	0	0	0	0
Voluntarias	3,395	3,004	1,212	1,326	1,120	743	934
Especiales	0	0	0	0	0	0	0
DIVIDENDOS	(0)	1,028	6,869	7,534	10,079	14,112	17,764
TOTAL RESULTADOS	6,172	6,913	12,432	13,600	17,229	22,854	28,733

\*\*\*\*\*

-----							
6.- FLUJO DE TESORERIA							
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
-----							
<b>ENTRADAS</b>							
-----							
Beneficio antes de impuestos	6,172	6,913	12,432	13,600	17,229	22,854	28,735
Capital social	30,842	3,084	1,018	349	0	706	720
Financiaci3n subordinada	0	0	0	0	0	0	0
Otros empr3stitos	0	0	0	0	0	0	0
-----							
TOTAL ENTRADAS	37,014	9,997	13,450	13,949	17,229	23,559	29,455
-----							
<b>SALIDAS</b>							
-----							
Impuesto de sociedades	0	306	2,420	4,351	4,760	6,030	7,999
Dividendos	0	(0)	1,028	6,869	7,514	10,079	14,112
Inversiones	10,869	1,775	1,757	1,440	605	630	656
. Cartera de acciones permanente	7,350	368	772	849	280	289	297
. Inmovilizado material	3,519	1,408	985	591	325	341	358
Variaci3n de circulante	24,012	7,779	7,854	765	4,070	5,360	2,107
-----							
TOTAL SALIDAS	34,881	9,861	13,059	13,425	16,949	22,099	24,873
-----							
Saldo al principio del periodo	538	2,671	2,807	3,198	3,723	4,003	5,464
-----							
Saldo al final del periodo	2,671	2,807	3,198	3,723	4,003	5,464	10,045
-----							

9.- BALANCE DE SITUACION	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
<b>ACTIVO</b>							
1. TESORERIA	2,671	2,807	3,198	3,723	4,003	5,464	10,065
2. INTERN. FINANC. INVERSIONES DIRECTAS	28,542	20,600	23,000	21,800	14,500	29,000	20,000
3. CARTERA DE NEGOCIACION	62,198	65,368	71,839	75,431	77,694	77,694	77,694
4. CREDITO A PARTICULARES	13,615	15,653	18,001	21,601	34,777	39,994	68,995
5. CARTERA DE ACCIONES PERMANENTE	7,350	7,716	8,489	9,338	9,478	9,907	10,294
6. INVERS. DUDOSAS, MOROSAS O EN LITIGIO	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)
6.1. Inv. dud., morosas o en litigio	63	63	63	63	63	63	63
6.2. Menos provs. por insolvencias	(76)	(76)	(76)	(76)	(76)	(76)	(76)
7. INMOVILIZADO MATERIAL	3,519	4,927	5,912	6,503	6,508	7,170	7,520
8. CUENTAS DIVERSAS	6,149	6,149	6,149	6,149	6,149	6,149	6,149
<b>TOTAL ACTIVO</b>	<b>124,031</b>	<b>122,548</b>	<b>136,575</b>	<b>143,732</b>	<b>153,557</b>	<b>166,564</b>	<b>179,601</b>
<b>PASIVO</b>							
1. FONDOS PROPIOS	33,234	40,330	44,813	46,375	47,701	49,327	50,989
1.1. Capital social	30,842	33,926	34,964	35,293	35,293	35,999	36,719
1.2. Reservas acumuladas	2,392	6,404	9,869	11,081	12,407	13,327	14,270
2. RESULTADO DEL EJERCICIO	4,318	6,913	12,432	13,600	17,299	22,054	26,790
3. FINANCIACION DIRECTA DE INTERN.FINAN.	33,508	26,806	26,806	26,806	26,806	26,806	26,806
4. FINANCIACION DE LA CLIENTELA	44,719	40,247	44,272	40,699	53,569	56,926	64,818
5. FINANCIACION SUBORDINADA	0	0	0	0	0	0	0
6. OTROS EMPRESTITOS	0	0	0	0	0	0	0
7. CUENTAS DIVERSAS	8,252	8,252	8,252	8,252	8,252	8,252	8,252
<b>TOTAL PASIVO</b>	<b>124,031</b>	<b>122,549</b>	<b>136,575</b>	<b>143,732</b>	<b>153,557</b>	<b>166,564</b>	<b>179,601</b>

10. RENTABILIDAD	0	1	2	3	4	5	6	7
Dividendos		(0)	1,028	6,869	7,514	10,079	14,112	17,744
Valor residual								
Descontado	(33,926)	(4,102)	(1,367)	(349)	(705)	(1,426)	(720)	34,719
<b>TOTAL FLUJOS</b>	<b>(33,926)</b>	<b>(4,102)</b>	<b>(339)</b>	<b>6,519</b>	<b>6,808</b>	<b>8,653</b>	<b>13,392</b>	<b>54,443</b>
TIR del Inversor ( % )				19,32%				
VNI ( en US\$ ) Pre-1990				4,558				

Según el modelo descrito y bajo los supuestos de funcionamiento utilizados, podríamos apuntar las siguientes tendencias acerca del comportamiento de sociedades y agencias de valores miembros del mercado de valores español:

- En primer lugar, se produciría un aumento del volumen de contratación hasta duplicar en 1994 al correspondiente a 1989, junto con la tendencia a la reducción de comisiones a partir del 1 de enero de 1992.
- Por otra parte, se registraría un crecimiento notable de la actividad de gestión de carteras y de intermediación en otros mercados. La comisión por gestión de carteras se encarecería con la entrada en vigor de la libertad de comisiones de tratamiento y ejecución de órdenes. Ello estaría justificado por la mayor demanda de este servicio que, a pesar de tener una mayor comisión de gestión, se beneficiaría de las menores comisiones de ejecución, por tener el tratamiento de inversor colectivo y no individual.
- El escaso crecimiento de las carteras de negociación, puede justificarse porque la actividad por cuenta propia tardará en implantarse en nuestro mercado. La actuación en este área se iniciará tímidamente cerrando posiciones abiertas al fin de cada sesión, por lo que el tamaño las carteras permanecerá casi invariable.
- Cuando todo apunta a que 1990 sea un año gris en el segmento de aseguramiento y colocación de emisiones tanto de renta fija como de renta variable, el comportamiento de estas variables en

el próximo quinquenio será más dinámico pero sin tintes de brillantez. Es de esperar una paulatina incorporación de sociedades a bolsa, que propiciará también nuevas emisiones de renta fija y ampliaciones de capital.

- Aunque la actividad de asesoramiento y consultoría no registre un crecimiento espectacular, en cuanto al número de proyectos realizados, si será una actividad de alto valor añadido que registrará importantes aumentos del precio cobrado por proyecto. Este negocio podrán realizarlo pocas sociedades de valores y bolsa o agencias de valores y bolsa para un conjunto de clientes muy selectivo que tendrán capacidad de satisfacer los altos precios de este servicio. Muchos de estos proyectos supondrán el diseño de emisiones y salidas a bolsa, por ello, hemos desligado las comisiones de aseguramiento y colocación, del cobro por el diseño y asesoramiento.
- Por lo que respecta a los gastos de explotación, la partida de mayor peso resulta ser la de gastos de personal. Así, cuando en 1990 el crecimiento del número de empleados ha sido espectacular, todo apunta a que en los próximos años éste se modere sustancialmente, reconduciéndose el personal existente hacia nuevas actividades. También el coste medio por empleado está registrando en 1990 un aumento sensacional, aunque en nuestro modelo no apostamos porque ese ritmo se mantenga.
- Los resultados del sector pueden ser favorables en los próximos años si se desarrolla la actividad y

se moderan los gastos, especialmente los de personal. Además, la entrada en funcionamiento de otros mercados permitirá aumentar notablemente los ingresos ordinarios de los sujetos miembros del mercado. Ahora bien, 1992 puede ser un año crítico para el sector si no ha logrado diversificar su actividad y se centra exclusivamente en la ejecución de órdenes ya que, con libertad de comisiones, puede desatarse una guerra de comisiones a la que pocos podrían sobrevivir. Aquellos miembros que jueguen a la especialización en esta actividad deberán perfilarse como los más ágiles y los que incurran en gastos de estructura más reducidos.

- En el modelo hemos contemplado que, especialmente en los primeros años, se dotan reservas voluntarias. Aunque, tal y como hemos comentado en las páginas anteriores, este sector está fuertemente capitalizado, las sustanciales inversiones tecnológicas que pueden requerir en los próximos años y la asunción de nuevas actividades con riesgo van a precisar sociedades solventes.
  
- Por último, de acuerdo con todas las hipótesis explícitas e implícitas en el modelo, la tasa interna de rendimiento del sector sería del 15,52%, lo que arrojaría un valor actual neto de 4.558 millones de pesetas utilizando un coste de capital del 13%. A priori, podríamos afirmar que este sector es rentable y que globalmente es capaz de generar recursos suficientes en el período considerado.

### 5.3.2.- Sensibilidad del modelo.

En la medida que todas las variables utilizadas en el modelo no son ciertas, resulta una tarea obligada realizar el análisis de sensibilidad de los resultados que hemos obtenido utilizando el criterio de la tasa interna de rendimiento y del valor actual neto. Sólo así podremos apreciar en alguna medida el grado de confianza que nos proporcionan los resultados obtenidos.

Para evaluar la sensibilidad del modelo ante variaciones de las distintas variables que lo componen, vamos a introducir impactos positivos y negativos en cada una de las variables "ceteris paribus". Estos impactos marcarán los límites máximos y mínimos de oscilación probable de cada variable.

Este análisis de sensibilidad sencillo nos permitirá evaluar qué variables debemos estimar de forma más precisa ya que son aquellas para las que el modelo se muestra más sensible (su resultado oscila más). En el epígrafe siguiente vamos a realizar un análisis más elaborado de la sensibilidad del modelo de funcionamiento del sector gracias a la metodología de simulación de Hertz, utilizando las variables que seleccionamos a continuación por ser las más críticas.

En el cuadro 11, recogemos la sensibilidad de la tasa interna de rendimiento y del valor actual neto, exclusivamente, ante variaciones de todas y cada una de las variables del modelo.

El criterio utilizado se basa en incluir un límite inferior y otro superior para calcular el TIR y el VAN del

sector. Comparando el porcentaje de variación que supone, respecto al valor central, cada uno de los límites respecto al porcentaje de oscilación que registran el TIR y el VAN (con un coste de capital del 13%) en cada caso, comprenderemos cuáles son las variables para las que el modelo resulta más sensible. Hemos optado por este criterio por su sencillez, en vez de determinar cual es el límite mínimo de cada variable que permite al sector seguir siendo rentable ( $TIR > \text{coste de capital}$ ), o en vez de asignar probabilidades a cada variable y calcular los valores medios esperados para cifrar el TIR o el VAN en términos de probabilidad.

Adoptamos un criterio muy sencillo ya que preferimos utilizar en el siguiente epígrafe de este capítulo el método de Monte Carlo siguiendo la metodología de David B. Hertz (1964) para modelos de simulación.

11.- SENSIBILIDAD DEL MODELO	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TIR	VAN
1. Crecimiento de trat. y ejecución ord.	20.00%	10.00%	15.00%	10.00%	10.00%	10.00%	13.74%	1,311
	25.00%	15.00%	20.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.52%	4,558
	30.00%	20.00%	25.00%	20.00%	20.00%	20.00%	17.46%	8,311
2. Crecimiento aseguramiento y colocación								
. Renta fija	-30.00%	0.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%		
. Renta variable	-85.00%	0.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	15.33%	4,202
	-25.00%	5.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%		
	-80.00%	5.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	15.52%	4,558
	-20.00%	10.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%		
	-75.00%	10.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.75%	4,988
3. Crecimiento gestión de carteras	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	15.35%	4,236
	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.52%	4,558
	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	15.72%	4,937
4. Crecimiento otros (Corp. Finance)	0.00%	5.00%	5.00%	10.00%	10.00%	10.00%	14.28%	2,268
	5.00%	10.00%	10.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.52%	4,558
	10.00%	15.00%	15.00%	20.00%	20.00%	20.00%	16.92%	7,285
5. Crecimiento intermediación	-5.00%	5.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	14.82%	3,258
	0.00%	10.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	15.52%	4,558
	5.00%	15.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	16.32%	6,080
6. Pte. crédito a clientes s/trat. tot.	0.20%	0.20%	0.20%	0.30%	0.30%	0.30%	15.47%	4,471
	0.25%	0.25%	0.25%	0.35%	0.35%	0.35%	15.52%	4,558
	0.30%	0.30%	0.30%	0.40%	0.40%	0.40%	15.77%	4,645
7. Rntad. media c. negoc. (benef. vta)	-4.00%	0.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%		
Rntad. c. pnte. y neg. (int. y div.)	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	10.29%	4,681
	1.00%	5.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%		
	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	15.52%	4,558
	6.00%	10.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%		
	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	20.35%	13,863
8. Crecimiento de la cartera de negoc.	0.00%	5.00%	0.00%	-2.00%	-5.00%	-5.00%		
Crecimiento de la cartera permanente	0.00%	5.00%	5.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	13.96%	1,694
	5.00%	10.00%	5.00%	3.00%	0.00%	0.00%		
	5.00%	10.00%	10.00%	3.00%	3.00%	3.00%	15.52%	4,558
	10.00%	15.00%	10.00%	8.00%	5.00%	5.00%		
	10.00%	15.00%	15.00%	8.00%	8.00%	8.00%	17.27%	7,934
9. Comisión trat. y ejecución órdenes	0.25%	0.25%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	12.78%	(374)
	0.25%	0.25%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	15.52%	4,558
	0.25%	0.25%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	18.03%	9,490
10. Comisión aseguramiento y colocación								
. Renta fija	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%		
. Renta variable	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	15.28%	4,108
	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%		
	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%	0.25%	15.52%	4,558
	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%		
	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	15.76%	5,008

11.- SENSIBILIDAD DEL MODELO	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TIR	VAN
11. Coste de gestión de carteras	0.25%	0.25%	0.75%	0.75%	0.75%	0.75%	15.23%	4,002
	0.50%	0.50%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	15.52%	4,350
	1.00%	1.00%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	16.09%	5,430
12. Crecimiento ingr. unitario servicios	0.00%	30.00%	80.00%	5.00%	0.00%	0.00%	12.94%	4,982
	0.00%	50.00%	100.00%	25.00%	20.00%	10.00%	15.52%	4,350
	0.00%	70.00%	120.00%	45.00%	40.00%	30.00%	19.14%	12,051
13. Coste de intermediación (otras)	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	13.37%	683
	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	15.52%	4,350
	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	17.57%	8,443
14. Tipo medio interés crédito a cliente	14.00%	13.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	15.46%	4,483
	16.00%	15.00%	14.00%	14.00%	14.00%	14.00%	15.52%	4,350
	18.00%	17.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	15.58%	4,634
15. Tipo de interés de la financiación	13.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	15.96%	5,377
	15.00%	14.00%	14.00%	14.00%	14.00%	14.00%	15.52%	4,350
	17.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	16.00%	15.07%	3,739
16. Pte. s/val total opera. en str. mds	5.27%	5.27%	10.00%	10.00%	10.00%	9.27%	16.19%	5,009
	10.27%	10.27%	15.00%	15.00%	15.00%	10.27%	15.52%	4,350
	15.27%	15.27%	20.00%	20.00%	20.00%	15.27%	16.04%	3,307
17. Crecimiento número de empleados	43.00%	4.00%	4.00%	0.00%	0.00%	4.00%	16.20%	5,894
	45.00%	6.00%	6.00%	2.00%	2.00%	6.00%	15.32%	4,350
	47.00%	8.00%	8.00%	4.00%	4.00%	8.00%	14.79%	3,133
18. Crecimiento coste medio por empleado	27.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%		
Crecimiento de los gastos generales	57.00%	7.00%	7.00%	3.00%	3.00%	3.00%	17.19%	7,704
	30.00%	6.00%	6.00%	4.00%	4.00%	6.00%		
	40.00%	10.00%	10.00%	6.00%	6.00%	6.00%	15.52%	4,350
	33.00%	9.00%	11.00%	9.00%	9.00%	9.00%		
	43.00%	13.00%	13.00%	9.00%	9.00%	9.00%	13.30%	1,003
19. Crecimiento del inmovilizado mat.	38.00%	18.00%	8.00%	3.00%	3.00%	3.00%	15.52%	4,350
	40.00%	20.00%	10.00%	5.00%	5.00%	5.00%	15.52%	4,350
	42.00%	22.00%	12.00%	7.00%	7.00%	7.00%	15.52%	4,350
20. Crecimiento de los fondos propios	8.00%	1.00%	-1.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	17.78%	8,125
	10.00%	3.00%	1.00%	0.00%	2.00%	2.00%	15.52%	4,350
	12.00%	5.00%	3.00%	2.00%	4.00%	4.00%	13.37%	702
21. Pte. beneficios a reservas volunt.	70.00%	10.00%	10.00%	5.00%	0.00%	0.00%	16.36%	6,124
	75.00%	13.00%	13.00%	10.00%	9.00%	5.00%	15.52%	4,350
	80.00%	20.00%	20.00%	15.00%	10.00%	10.00%	14.47%	2,992
22. Crecimiento financ. interm. fin.	-22.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	15.75%	4,987
	-20.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	15.52%	4,350
	-18.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	13.27%	4,099
23. Crecimiento financ. de la clientela	-12.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	15.32%	4,350
	-10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	15.52%	4,350
	-8.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	15.32%	4,350

Como podemos observar en el cuadro 12, las variables ante las que el modelo se muestra más sensible son las siguientes en este orden:

- 1ª) Rentabilidad media de la cartera de negociación y de la cartera permanente.
- 2ª) Comisión de tratamiento y ejecución de órdenes.
- 3ª) Crecimiento del ingreso unitario por servicios.
- 4ª) Crecimiento de los fondos propios.
- 5ª) Comisión de intermediación.
- 6ª) Crecimiento de los costes medios por empleado y de los gastos generales.
- 7ª) Porcentaje de los beneficios que se destinan a reservas voluntarias.

En cualquiera de los casos la variación porcentual de el TIR en relación con la variación porcentual del valor central (V.C.) de la variable respecto a sus límites inferior (L.I.) y superior (L.S.) es siempre menor que uno, lo que implicaría que cualquier desviación respecto a los valores de partida tendría un efecto sobre el TIR menor que lo que proporcionalmente le correspondiera.

De las siete variables que hemos mencionado conviene destacar las tres primeras. Si nos fijamos en aquella para la que el modelo resulta más sensible, la rentabilidad de las carteras de negociación y permanentes, podemos apreciar que, aunque en la actualidad constituye la

12.- VARIACION RANGO T IIR	RANGO(%)	IMPACTO	VIA	VARIACION	
1. Crec. trat. y ejec. ord.	L.I.	10.00%	-33.33%	13.76%	-11.47%
	V.C.	15.00%		13.32%	
	L.S.	20.00%	33.33%	17.46%	12.50%
2. Crec. aseg. y colocac.	L.I.	0.00%	-100.00%	15.33%	-1.22%
	V.C.	5.00%		13.32%	
	L.S.	10.00%	100.00%	15.73%	1.48%
3. Crec. gestion carteras	L.I.	10.00%	-33.33%	15.39%	-1.90%
	V.C.	15.00%		13.32%	
	L.S.	20.00%	33.33%	15.72%	1.20%
4. Crec. otros	L.I.	5.00%	-50.00%	14.28%	-7.99%
	V.C.	10.00%		15.52%	
	L.S.	15.00%	50.00%	16.92%	9.03%
5. Crec. intermediacion	L.I.	5.00%	-50.00%	14.82%	-4.51%
	V.C.	10.00%		15.32%	
	L.S.	15.00%	50.00%	16.32%	5.15%
6. Ptje. credito a clientes	L.I.	0.20%	-20.00%	15.47%	-0.32%
	V.C.	0.25%		15.52%	
	L.S.	0.30%	20.00%	15.57%	0.32%
7. Antad. media carteras	L.I.	1.00%	-30.00%	10.20%	-33.70%
	V.C.	10.00%		15.52%	
	L.S.	15.00%	50.00%	20.35%	31.12%
8. Crec. carteras	L.I.	0.20%	-20.00%	13.96%	-10.05%
	V.C.	0.25%		13.52%	
	L.S.	0.30%	20.00%	17.27%	11.28%
9. Comision trat y ejec. ord.	L.I.	0.10%	-33.33%	12.78%	-17.05%
	V.C.	0.15%		13.32%	
	L.S.	0.20%	33.33%	18.03%	16.17%
10. Comision aseg. y coloc.	L.I.	0.20%	-20.00%	15.28%	-1.93%
	V.C.	0.25%		15.32%	
	L.S.	0.30%	20.00%	15.78%	1.55%
11. Comision gestion cartera	L.I.	0.25%	-50.00%	15.23%	-1.87%
	V.C.	0.50%		15.32%	
	L.S.	1.00%	100.00%	16.09%	3.63%
12. Crec. Ingr. servicios	L.I.	30.00%	-40.00%	12.94%	-18.02%
	V.C.	50.00%		15.52%	
	L.S.	70.00%	60.00%	19.34%	23.32%

12.- VARIACION RANGO Y TIR	RANGO(91)	IMPACTO	TIR	VARIACION	
13. Cobertura Intermediacion	L.I.	0.05X	-50.00X	13.37X	-13.85X
	V.C.	0.10X		15.52X	
	L.S.	0.15X	50.00X	17.57X	13.21X
14. Tipo medio interes cto	L.I.	13.00X	-13.33X	15.48X	-0.26X
	V.C.	15.00X		15.52X	
	L.S.	17.00X	13.33X	15.56X	0.26X
15. Tipo int. finan. ajena	L.I.	12.00X	-16.29X	15.96X	2.84X
	V.C.	14.00X		15.52X	
	L.S.	16.00X	14.29X	15.07X	-2.90X
16. Ptje. en otros mercados	L.I.	5.27X	-48.69X	16.19X	4.32X
	V.C.	10.27X		15.52X	
	L.S.	15.27X	48.69X	14.84X	-4.38X
17. Crec. numero empleados	L.I.	4.00X	-33.33X	16.22X	4.51X
	V.C.	6.00X		15.52X	
	L.S.	8.00X	33.33X	14.75X	-4.96X
18. Crec. costes medios	L.I.	7.00X	-30.00X	17.19X	10.76X
	V.C.	10.00X		15.52X	
	L.S.	13.00X	30.00X	13.58X	-12.50X
19. Crec. innov. material	L.I.	18.00X	-10.00X	15.52X	0.00X
	V.C.	20.00X		15.52X	
	L.S.	22.00X	10.00X	15.52X	0.00X
20. Crec. fondos propios	L.I.	1.00X	-66.67X	17.72X	14.18X
	V.C.	3.00X		15.52X	
	L.S.	5.00X	66.67X	13.37X	-13.85X
21. Ptje benef. a reservas	L.I.	10.00X	-33.33X	17.19X	10.76X
	V.C.	15.00X		15.52X	
	L.S.	20.00X	33.33X	13.58X	-12.50X
22. Crec. finan. interm. fin.	L.I.	-22.00X	10.00X	15.75X	1.48X
	V.C.	-20.00X		15.52X	
	L.S.	-18.00X	-10.00X	13.27X	-1.61X
23. Crec. fin. de clientes	L.I.	8.00X	-20.00X	15.52X	0.00X
	V.C.	10.00X		15.52X	
	L.S.	12.00X	20.00X	15.52X	0.00X

segunda fuente importante de ingresos en este sector, puede ocupar en el futuro un papel más destacado. Esto se debe a su crecimiento y a la pérdida de peso relativa del negocio de tratamiento y ejecución de órdenes. Hoy por hoy, sin embargo, la principal fuente de ingresos del sector lo constituye la ejecución de órdenes bursátiles, que es la segunda variable que presenta una mayor incertidumbre, y no parece claro que en los próximos años vaya a perder su papel hegemónico. Ahora bien, para el año 1995 (último del período contemplado), la actividad de negociación de la cartera propia, la ejecución de órdenes y el asesoramiento y consultoría se perfilan de forma más equilibrada como las tres principales fuentes de ingresos. Es por ello por lo que la tercera variable citada corresponde a los ingresos unitarios de los proyectos de asesoramiento y consultoría.

Por último, otro nicho de negocio que no debemos olvidar es el correspondiente a la actividad de intermediación, que sin duda ganará importancia en los próximos años.

El resto de las veintitrés variables analizadas afectan de forma individual en menor medida al modelo. Es por ello, por lo que, en el próximo epígrafa vamos a considerarlas ciertas y a adoptar sus valores más probables, por su mayor simplicidad.

### 5.3.3.- Aplicación del método Hertz.

Para mejorar la interpretación del modelo de simulación, cuya utilidad valoramos altamente positiva aunque insuficiente como veremos en el siguiente capítulo, es necesario reproducir sus resultados en diversos escenarios posibles.

13.- MARCAS DE CLASE	SIMULACIONES ALEATORIAS																	
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	PROBAS.P.	ACLM	1ra	2da	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a
1. Rentad. media c.negoc. (b. en vta)	-4.00X	0.00X	5.00X	5.00X	5.00X	5.00X												
Rentad. c.pcte. y neg. (int. div.)	5.00X	5.00X	5.00X	5.00X	5.00X	5.00X	0.10	0.30		0.08		0.09						
	-1.00X	3.00X	8.00X	8.00X	8.00X	8.00X												
	8.00X	8.00X	8.00X	8.00X	8.00X	8.00X	0.20	0.30	0.42									
	1.00X	5.00X	10.00X	10.00X	10.00X	10.00X												
	10.00X	10.00X	10.00X	10.00X	10.00X	10.00X	0.40	0.70				0.63	0.54		0.75	0.72		
	3.00X	7.00X	12.00X	12.00X	12.00X	12.00X												
	12.00X	12.00X	12.00X	12.00X	12.00X	12.00X	0.20	0.90										
	6.00X	10.00X	15.00X	15.00X	15.00X	15.00X												
	15.00X	15.00X	15.00X	15.00X	15.00X	15.00X	0.10	1.00		0.99				0.98			0.99	
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25X	0.25X	0.10X	0.10X	0.10X	0.10X	0.10	0.10							0.08			
	0.25X	0.25X	0.12X	0.12X	0.12X	0.12X	0.20	0.30				0.43			0.41			0.42
	0.25X	0.25X	0.15X	0.15X	0.15X	0.15X	0.40	0.70	0.66		0.64		0.76				0.75	
	0.25X	0.25X	0.18X	0.18X	0.18X	0.18X	0.20	0.90		0.94			0.84					
	0.25X	0.25X	0.20X	0.20X	0.20X	0.20X	0.10	1.00										
3. Crecimiento ingr. unitario serv.	0.00X	30.00X	80.00X	5.00X	0.00X	0.00X	0.10	0.10		0.16	0.20							
	0.00X	40.00X	90.00X	15.00X	10.00X	0.00X	0.30	0.40	0.59				0.53	0.26		0.44		
	0.00X	50.00X	100.00X	25.00X	20.00X	10.00X	0.40	0.80				0.71			0.71		0.76	
	0.00X	60.00X	110.00X	35.00X	30.00X	20.00X	0.10	0.90										0.86
	0.00X	70.00X	120.00X	45.00X	40.00X	30.00X	0.10	1.00										
4. Crecimiento de los fondos propios	8.00X	1.00X	-1.00X	-2.00X	0.00X	0.00X	0.05	0.05			0.04		0.07					
	9.00X	2.00X	-0.00X	-1.00X	1.00X	1.00X	0.05	0.10		0.38			0.33		0.15		0.08	0.16
	10.00X	3.00X	1.00X	-0.00X	2.00X	2.00X	0.50	0.60				0.50						
	11.00X	4.00X	2.00X	1.00X	3.00X	3.00X	0.20	0.80	0.84							0.78		
	12.00X	5.00X	3.00X	2.00X	4.00X	4.00X	0.20	1.00										

13.- MARCAS DE CLASE	SIMULACIONES ALEATORIAS																	
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	PROBAB.P.	ACUM	1ra	2da	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a
5. Comision intermediacion (otras)	0.05X	0.05X	0.05X	0.05X	0.05X	0.05X	0.10	0.10				0.17	0.04	0.01		0.04	0.06	
	0.06X	0.06X	0.06X	0.06X	0.06X	0.06X	0.20	0.30		0.21	0.37					0.26		
	0.10X	0.10X	0.10X	0.10X	0.10X	0.10X	0.40	0.70	0.76				0.57					
	0.13X	0.13X	0.13X	0.13X	0.13X	0.13X	0.20	0.90										
	0.15X	0.15X	0.15X	0.15X	0.15X	0.15X	0.10	1.00										
6. Crecimiento coste medio empleado	27.00X	3.00X	5.00X	3.00X	5.00X	3.00X												
Crecimiento de los gastos general	57.00X	7.00X	7.00X	3.00X	3.00X	3.00X	0.20	0.20			0.08		0.17				0.16	
	29.00X	5.00X	7.00X	5.00X	5.00X	5.00X												
	59.00X	9.00X	9.00X	5.00X	5.00X	5.00X	0.30	0.50		0.51		0.51		0.59		0.42		
	30.00X	4.00X	4.00X	4.00X	4.00X	4.00X												
	60.00X	10.00X	10.00X	4.00X	4.00X	4.00X	0.50	0.80							0.66		0.67	
	32.00X	8.00X	10.00X	8.00X	8.00X	8.00X												
	62.00X	12.00X	12.00X	8.00X	8.00X	8.00X	0.10	0.90	0.89									
	33.00X	9.00X	11.00X	9.00X	9.00X	9.00X												
	43.00X	13.00X	13.00X	9.00X	9.00X	9.00X	0.10	1.00										
7. Pto. beneficio a reservas	70.00X	14.00X	14.00X	5.00X	5.00X	5.00X	0.20	0.20		0.03	0.13	0.20	0.18					
	73.00X	13.00X	13.00X	8.00X	8.00X	8.00X	0.30	0.50							0.54		0.59	0.69
	75.00X	15.00X	15.00X	10.00X	5.00X	5.00X	0.40	0.90	0.78				0.78		0.92			
	77.00X	17.00X	17.00X	12.00X	7.00X	7.00X	0.05	0.95										
	80.00X	20.00X	20.00X	15.00X	10.00X	10.00X	0.05	1.00										

										SIMULACIONES ALEATORIAS									
13.- MARCAS DE CLASE	1990	1991	1992	1993	1994	1995	PROBAB.P.	ACUM	11a	12a	13a	14a	15a	16a	17a	18a	19a	20a	
1. Entad. media c. repoc. (b. en vta)	-4.00X	0.00X	5.00X	5.00X	5.00X	5.00X													
Entad. c. pte. y neg. (int. div.)	5.00X	5.00X	5.00X	5.00X	5.00X	5.00X	0.10	0.10									0.11		
	-1.00X	3.00X	8.00X	8.00X	8.00X	8.00X	8.00X	8.00X											
	8.00X	8.00X	8.00X	8.00X	8.00X	8.00X	0.20	0.30					0.46						
	1.00X	5.00X	10.00X	10.00X	10.00X	10.00X													
	10.00X	10.00X	10.00X	10.00X	10.00X	10.00X	0.40	0.70	0.65		0.67	0.66							
	3.00X	7.00X	12.00X	12.00X	12.00X	12.00X													
	12.00X	12.00X	12.00X	12.00X	12.00X	12.00X	0.20	0.90		0.89				0.91	0.85	0.85		0.89	
	6.00X	10.00X	15.00X	15.00X	15.00X	15.00X													
	15.00X	15.00X	15.00X	15.00X	15.00X	15.00X	0.10	1.00											
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25X	0.25X	0.10X	0.10X	0.10X	0.10X	0.10	0.10					0.00	0.14		0.00		0.07	
	0.25X	0.25X	0.12X	0.12X	0.12X	0.12X	0.20	0.30			0.38				0.24				
	0.25X	0.25X	0.15X	0.15X	0.15X	0.15X	0.40	0.70	0.71	0.76									
	0.25X	0.25X	0.18X	0.18X	0.18X	0.18X	0.20	0.90										0.88	
	0.25X	0.25X	0.20X	0.20X	0.20X	0.20X	0.10	1.00				0.96							
3. Crecimiento ingr. unitario serv.	0.00X	30.00X	80.00X	5.00X	0.00X	0.00X	0.10	0.10				0.20		0.07		0.20		0.00	
	0.00X	40.00X	90.00X	15.00X	10.00X	0.00X	0.30	0.40					0.53		0.57				
	0.00X	50.00X	100.00X	25.00X	20.00X	10.00X	0.40	0.80											
	0.00X	60.00X	110.00X	35.00X	30.00X	20.00X	0.10	0.90	0.85	0.89	0.91							0.88	
	0.00X	70.00X	120.00X	45.00X	40.00X	30.00X	0.10	1.00											
4. Crecimiento de los fondos propios	8.00X	1.00X	-1.00X	-2.00X	0.00X	0.00X	0.05	0.05											
	9.00X	2.00X	-0.00X	-1.00X	1.00X	1.00X	0.05	0.10	0.27			0.23	0.14			0.08			
	10.00X	3.00X	1.00X	-0.00X	2.00X	2.00X	0.50	0.60			0.44						0.66	0.58	
	11.00X	4.00X	2.00X	1.00X	3.00X	3.00X	0.20	0.80		0.74					0.88				
	12.00X	5.00X	3.00X	2.00X	4.00X	4.00X	0.20	1.00						0.99					

13.- MARCAS DE CLASE											SIMULACIONES ALEATORIAS									
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	PROBAB.P.	ACUM	11a	12a	13a	14a	15a	16a	17a	18a	19a	20a		
5. Comision intermediacion (otras)	0.05X	0.05X	0.05X	0.05X	0.05X	0.05X	0.10	0.10												
	0.06X	0.06X	0.06X	0.06X	0.06X	0.06X	0.20	0.30		0.44	0.34				0.26			0.47		
	0.10X	0.10X	0.10X	0.10X	0.10X	0.10X	0.40	0.70	0.66											
	0.13X	0.13X	0.13X	0.13X	0.13X	0.13X	0.20	0.90					0.94	0.81		0.90	0.95			
	0.15X	0.15X	0.15X	0.15X	0.15X	0.15X	0.10	1.00				0.96								
6. Crecimiento costo medio empleado Crecimiento de los gastos general	27.00X	3.00X	5.00X	3.00X	3.00X	3.00X												0.07		
	57.00X	7.00X	7.00X	3.00X	3.00X	3.00X	0.20	0.20	0.29			0.24		0.26	0.24					
	29.00X	5.00X	7.00X	5.00X	5.00X	5.00X														
	59.00X	9.00X	9.00X	5.00X	5.00X	5.00X	0.30	0.50		0.51	0.55					0.41				
	39.00X	6.00X	8.00X	6.00X	6.00X	6.00X														
	60.00X	10.00X	10.00X	6.00X	6.00X	6.00X	0.30	0.80					0.82					0.64		
	32.00X	8.00X	10.00X	8.00X	8.00X	8.00X														
	62.00X	12.00X	12.00X	8.00X	8.00X	8.00X	0.10	0.90												
33.00X	9.00X	11.00X	9.00X	9.00X	9.00X															
63.00X	13.00X	13.00X	9.00X	9.00X	9.00X	0.10	1.00													
7. Paje, beneficios a reservas	73.00X	10.00X	15.00X	5.00X	6.00X	6.00X	0.20	0.20					0.21	0.29	0.33		0.17	0.27		
	73.00X	13.00X	13.00X	8.00X	3.00X	1.00X	0.30	0.50	0.41	0.48						0.36				
	75.00X	15.00X	15.00X	10.00X	5.00X	5.00X	0.40	0.90			0.72									
	77.00X	17.00X	17.00X	12.00X	7.00X	7.00X	0.45	0.95				0.95								
	80.00X	20.00X	20.00X	15.00X	10.00X	10.00X	0.05	1.00												

Los modelos de simulación y la OPT pueden constituir dos herramientas complementarias para valorar la realidad empresarial. De hecho, ambos enfoques parten de una misma idea: la búsqueda de analogías. Tal y como cita el prof. Suárez (1987:165): "La simulación es esencialmente una analogía" (Chorafas; 1966: 20), y la OPT trata de buscar comportamientos empresariales cuyos perfiles de rendimientos, propiedades o relaciones se asemejen al de las opciones financieras sin que haya identidad.

En la medida que deseemos realizar un muestreo artificial de los distintos escenarios posibles del modelo, nos resultará de gran utilidad apelar al método de Monte Carlo, que nos permite generar observaciones aleatorias de forma sencilla. Para ello, vamos a seguir las siguientes fases:

- 1ª).- Seleccionar las variables críticas del modelo, para las que vamos a realizar el muestreo. En este estudio, hemos definido en el epígrafe anterior las siete variables para las que el modelo se muestra más sensible. En el muestreo de Monte Carlo, por tanto, nos centraremos en los posibles valores que pueden adoptar estas variables, dejando fijas las otras dieciséis variables que adoptan así su valor más probable.
- 2ª).- Definir la función de densidad de cada variable. Por simplicidad vamos a considerar que todas estas variables aleatorias son de carácter discreto, por lo que tendremos una función de distribución escalonada. En el cuadro 13, recogemos las marcas de clase para

cada variable así como la probabilidad asignada a cada valor posible. En la columna que refleja la probabilidad acumulada estamos definiendo la función de distribución de las siete variables objeto de estudio.

- 3ª).- Seleccionar al azar un número comprendido entre el 0 y 1. Hemos utilizado la tabla de números aleatorios incluidas en las tablas estadísticas, editadas por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C.) (Rios, 1967:225). Eligiendo pares de números y dividiéndolos por cien obtenemos esos números aleatorios cuyo valor oscila en el rango 0/1 y que hemos incluido en el cuadro 13. Hemos realizado veinte simulaciones observando veinte escenarios posibles. Cada número aleatorio corresponderá a una probabilidad acumulada (el valor más próximo).
- 4ª).- Una vez determinado el valor de las variables al que corresponden los números aleatorios de la primera muestra se sustituyen en el modelo original para determinar la nueva tasa de retorno del sector en ese nuevo escenario.
- 5ª).- El proceso anterior se itera un número de veces determinado (en nuestro estudio veinte veces) lo que nos permite obtener una muestra de la tasa de retorno del sector que analizaremos posteriormente. El resultado de este proceso queda recogido en el cuadro 14.

14. SIMULACIONES	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1a						
1. Rnta/ media c.negoc. (b. en vta)	-1.00%	3.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%
Rntad. c.pate. y neg. (int. div.)	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%
3. Crecimiento Ingr. unitario serv.	0.00%	40.00%	90.00%	15.00%	10.00%	0.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	11.00%	4.00%	2.00%	1.00%	3.00%	3.00%
5. Comision Intermediacion (otras)	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
6. Crecimiento coste medio empleado	32.00%	8.00%	10.00%	8.00%	8.00%	8.00%
Crecimiento de los gastos general	62.00%	12.00%	12.00%	8.00%	8.00%	8.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	75.00%	15.00%	15.00%	10.00%	5.00%	5.00%
2a						
1. Rntad. media c.negoc. (b. en vta)	-4.00%	0.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Rntad. c.pate. y neg. (int. div.)	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%
3. Crecimiento Ingr. unitario serv.	0.00%	30.00%	80.00%	5.00%	0.00%	-10.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	9.00%	2.00%	-0.00%	-1.00%	1.00%	1.00%
5. Comision Intermediacion (otras)	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%
6. Crecimiento coste medio empleado	29.00%	5.00%	7.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Crecimiento de los gastos general	59.00%	9.00%	9.00%	5.00%	5.00%	5.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	70.00%	10.00%	10.00%	5.00%	-0.00%	-0.00%
3a						
1. Rntad. media c.negoc. (b. en vta)	6.00%	10.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%
Rntad. c.pate. y neg. (int. div.)	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%
3. Crecimiento Ingr. unitario serv.	0.00%	30.00%	80.00%	5.00%	0.00%	-10.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	8.00%	1.00%	-1.00%	-2.00%	-0.00%	-0.00%
5. Comision Intermediacion (otras)	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%
6. Crecimiento coste medio empleado	27.00%	3.00%	5.00%	3.00%	3.00%	3.00%
Crecimiento de los gastos general	57.00%	7.00%	7.00%	3.00%	3.00%	3.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	70.00%	10.00%	10.00%	5.00%	-0.00%	-0.00%
4a						
1. Rntad. media c.negoc. (b. en vta)	-4.00%	0.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Rntad. c.pate. y neg. (int. div.)	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%
3. Crecimiento Ingr. unitario serv.	0.00%	50.00%	100.00%	25.00%	20.00%	10.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	10.00%	3.00%	1.00%	-0.00%	2.00%	2.00%
5. Comision Intermediacion (otras)	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%
6. Crecimiento coste medio empleado	29.00%	5.00%	7.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Crecimiento de los gastos general	59.00%	9.00%	9.00%	5.00%	5.00%	5.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	70.00%	10.00%	10.00%	5.00%	-0.00%	-0.00%
5a						
1. Rntad. media c.negoc. (b. en vta)	1.00%	5.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
Rntad. c.pate. y neg. (int. div.)	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%
3. Crecimiento Ingr. unitario serv.	0.00%	40.00%	90.00%	15.00%	10.00%	0.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	9.00%	2.00%	-0.00%	-1.00%	1.00%	1.00%
5. Comision Intermediacion (otras)	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
6. Crecimiento coste medio empleado	27.00%	3.00%	5.00%	3.00%	3.00%	3.00%
Crecimiento de los gastos general	57.00%	7.00%	7.00%	3.00%	3.00%	3.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	70.00%	10.00%	10.00%	5.00%	-0.00%	-0.00%

14.- SIMULACIONES	1990	1991	1992	1993	1994	1995
----- 6a -----						
1. Rntad. media c.negoc. (b. en vta)	1.00%	5.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
Rntad. c.pnte. y neg. (int. div.)	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%
3. Crecimiento ingr. unitario serv.	0.00%	40.00%	90.00%	15.00%	10.00%	0.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	8.00%	1.00%	-1.00%	-2.00%	-0.00%	-0.00%
5. Comision intermediacion (otras)	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%
6. Crecimiento coste medio empleado	29.00%	5.00%	7.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Crecimiento de los gastos general	59.00%	9.00%	9.00%	5.00%	5.00%	5.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	75.00%	15.00%	15.00%	10.00%	5.00%	5.00%
----- 7a -----						
1. Rntad. media c.negoc. (b. en vta)	6.00%	10.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%
Rntad. c.pnte. y neg. (int. div.)	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%
3. Crecimiento ingr. unitario serv.	0.00%	50.00%	100.00%	25.00%	20.00%	10.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	9.00%	2.00%	-0.00%	-1.00%	1.00%	1.00%
5. Comision intermediacion (otras)	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%
6. Crecimiento coste medio empleado	30.00%	6.00%	8.00%	6.00%	6.00%	6.00%
Crecimiento de los gastos general	60.00%	10.00%	10.00%	6.00%	6.00%	6.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	73.00%	13.00%	13.00%	8.00%	3.00%	3.00%
----- 8a -----						
1. Rntad. media c.negoc. (b. en vta)	1.00%	5.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
Rntad. c.pnte. y neg. (int. div.)	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
3. Crecimiento ingr. unitario serv.	0.00%	40.00%	90.00%	15.00%	10.00%	0.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	11.00%	4.00%	2.00%	1.00%	3.00%	3.00%
5. Comision intermediacion (otras)	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%
6. Crecimiento coste medio empleado	29.00%	5.00%	7.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Crecimiento de los gastos general	59.00%	9.00%	9.00%	5.00%	5.00%	5.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	75.00%	15.00%	15.00%	10.00%	5.00%	5.00%
----- 9a -----						
1. Rntad. media c.negoc. (b. en vta)	1.00%	5.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
Rntad. c.pnte. y neg. (int. div.)	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%
3. Crecimiento ingr. unitario serv.	0.00%	50.00%	100.00%	25.00%	20.00%	10.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	9.00%	2.00%	-0.00%	-1.00%	1.00%	1.00%
5. Comision intermediacion (otras)	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%
6. Crecimiento coste medio empleado	27.00%	3.00%	5.00%	3.00%	3.00%	3.00%
Crecimiento de los gastos general	57.00%	7.00%	7.00%	3.00%	3.00%	3.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	73.00%	13.00%	13.00%	8.00%	3.00%	3.00%
----- 10a -----						
1. Rntad. media c.negoc. (b. en vta)	6.00%	10.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%
Rntad. c.pnte. y neg. (int. div.)	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%
3. Crecimiento ingr. unitario serv.	0.00%	60.00%	110.00%	35.00%	30.00%	20.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	9.00%	2.00%	-0.00%	-1.00%	1.00%	1.00%
5. Comision intermediacion (otras)	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%
6. Crecimiento coste medio empleado	30.00%	4.00%	8.00%	6.00%	6.00%	6.00%
Crecimiento de los gastos general	60.00%	10.00%	10.00%	6.00%	6.00%	6.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	73.00%	13.00%	13.00%	8.00%	3.00%	3.00%

14.- SIMULACIONES	1990	1991	1992	1993	1994	1995
11a						
1. Rntad. media c.negoc. (b. en vta)	1.00%	5.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
Rntad. c.pate. y neg. (int. div.)	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%
3. Crecimiento ingr. unitario serv.	0.00%	60.00%	110.00%	35.00%	30.00%	20.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	9.00%	2.00%	-0.00%	-1.00%	1.00%	1.00%
5. Comision intermediacion (otras)	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
6. Crecimiento coste medio empleado	27.00%	3.00%	5.00%	3.00%	3.00%	3.00%
Crecimiento de los gastos general	57.00%	7.00%	7.00%	3.00%	3.00%	3.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	73.00%	13.00%	13.00%	8.00%	3.00%	3.00%
12a						
1. Rntad. media c.negoc. (b. en vta)	3.00%	7.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%
Rntad. c.pate. y neg. (int. div.)	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%
3. Crecimiento ingr. unitario serv.	0.00%	60.00%	110.00%	35.00%	30.00%	20.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	11.00%	4.00%	2.00%	1.00%	3.00%	3.00%
5. Comision intermediacion (otras)	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%
6. Crecimiento coste medio empleado	29.00%	5.00%	7.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Crecimiento de los gastos general	59.00%	9.00%	9.00%	5.00%	5.00%	5.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	73.00%	13.00%	13.00%	8.00%	3.00%	3.00%
13						
1. Rntad. media c.negoc. (b. en vta)	1.00%	5.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
Rntad. c.pate. y neg. (int. div.)	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%
3. Crecimiento ingr. unitario serv.	0.00%	60.00%	110.00%	35.00%	30.00%	20.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	10.00%	3.00%	1.00%	-0.00%	2.00%	2.00%
5. Comision intermediacion (otras)	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%
6. Crecimiento coste medio empleado	29.00%	5.00%	7.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Crecimiento de los gastos general	59.00%	9.00%	9.00%	5.00%	5.00%	5.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	75.00%	15.00%	15.00%	10.00%	5.00%	5.00%
14						
1. Rntad. media c.negoc. (b. en vta)	1.00%	5.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
Rntad. c.pate. y neg. (int. div.)	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%
3. Crecimiento ingr. unitario serv.	0.00%	30.00%	80.00%	5.00%	0.00%	-10.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	9.00%	2.00%	-0.00%	-1.00%	1.00%	1.00%
5. Comision intermediacion (otras)	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%
6. Crecimiento coste medio empleado	27.00%	3.00%	5.00%	3.00%	3.00%	3.00%
Crecimiento de los gastos general	57.00%	7.00%	7.00%	3.00%	3.00%	3.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	77.00%	17.00%	17.00%	12.00%	7.00%	7.00%
15						
1. Rntad. media c.negoc. (b. en vta)	-1.00%	3.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%
Rntad. c.pate. y neg. (int. div.)	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
3. Crecimiento ingr. unitario serv.	0.00%	40.00%	90.00%	15.00%	10.00%	0.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	9.00%	2.00%	-0.00%	-1.00%	1.00%	1.00%
5. Comision intermediacion (otras)	0.13%	0.13%	0.13%	0.13%	0.13%	0.13%
6. Crecimiento coste medio empleado	30.00%	6.00%	8.00%	6.00%	6.00%	6.00%
Crecimiento de los gastos general	60.00%	10.00%	10.00%	6.00%	6.00%	6.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	70.00%	10.00%	10.00%	5.00%	-0.00%	-0.00%

14.- SIMULACIONES	1990	1991	1992	1993	1994	1995
----- 16 -----						
1. Rentad. media c.negoc. (b. en vta)	3.00%	7.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%
Rentad. c.pate. y neg. (Int. div.)	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
3. Crecimiento Ingr. unitario serv.	0.00%	30.00%	80.00%	5.00%	0.00%	-10.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	12.00%	5.00%	3.00%	2.00%	4.00%	4.00%
5. Comision intermediacion (otras)	0.13%	0.13%	0.13%	-0.13%	0.13%	0.13%
6. Crecimiento coste medio empleado	27.00%	3.00%	5.00%	3.00%	3.00%	3.00%
Crecimiento de los gastos general	57.00%	7.00%	7.00%	3.00%	3.00%	3.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	70.00%	10.00%	10.00%	5.00%	-0.00%	-0.00%
----- 17 -----						
1. Rentad. media c.negoc. (b. en vta)	3.00%	7.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%
Rentad. c.pate. y neg. (Int. div.)	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%
3. Crecimiento Ingr. unitario serv.	0.00%	60.00%	90.00%	15.00%	10.00%	0.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	11.00%	4.00%	2.00%	1.00%	3.00%	3.00%
5. Comision intermediacion (otras)	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%
6. Crecimiento coste medio empleado	27.00%	3.00%	5.00%	3.00%	3.00%	3.00%
Crecimiento de los gastos general	57.00%	7.00%	7.00%	3.00%	3.00%	3.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	70.00%	10.00%	10.00%	5.00%	-0.00%	-0.00%
----- 18 -----						
1. Rentad. media c.negoc. (b. en vta)	3.00%	7.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%
Rentad. c.pate. y neg. (Int. div.)	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
3. Crecimiento Ingr. unitario serv.	0.00%	30.00%	80.00%	5.00%	0.00%	-10.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	9.00%	2.00%	-0.00%	-1.00%	1.00%	1.00%
5. Comision intermediacion (otras)	0.13%	0.13%	-0.13%	0.13%	0.13%	0.13%
6. Crecimiento coste medio empleado	29.00%	5.00%	7.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Crecimiento de los gastos general	59.00%	9.00%	9.00%	5.00%	5.00%	3.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	73.00%	13.00%	13.00%	8.00%	3.00%	3.00%
----- 19 -----						
1. Rentad. media c.negoc. (b. en vta)	-4.00%	0.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Rentad. c.pate. y neg. (Int. div.)	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
3. Crecimiento Ingr. unitario serv.	0.00%	60.00%	110.00%	35.00%	30.00%	29.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	10.00%	3.00%	1.00%	-0.00%	2.00%	2.00%
5. Comision intermediacion (otras)	0.13%	0.13%	0.13%	0.13%	0.13%	0.13%
6. Crecimiento coste medio empleado	30.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%
Crecimiento de los gastos general	60.00%	10.00%	10.00%	6.00%	6.00%	6.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	70.00%	10.00%	10.00%	5.00%	-0.00%	-0.00%
----- 20a -----						
1. Rentad. media c.negoc. (b. en vta)	3.00%	7.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%
Rentad. c.pate. y neg. (Int. div.)	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%
2. Comision trat. y ejecucion ord.	0.25%	0.25%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
3. Crecimiento Ingr. unitario serv.	0.00%	30.00%	80.00%	5.00%	0.00%	-10.00%
4. Crecimiento de los fondos propios	10.00%	3.00%	1.00%	-0.00%	2.00%	2.00%
5. Comision intermediacion (otras)	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%	0.08%
6. Crecimiento coste medio empleado	27.00%	3.00%	5.00%	3.00%	3.00%	3.00%
Crecimiento de los gastos general	57.00%	7.00%	7.00%	3.00%	3.00%	3.00%
7. Ptje. beneficios a reservas	70.00%	10.00%	10.00%	5.00%	-0.00%	-0.00%

Esta aplicación del método de Monte Carlo para determinar el rendimiento medio y su dispersión en los proyectos de inversión fue realizada de forma pionera por David B. Hertz. Las variables que este autor utilizaba (tamaño de mercado, precios de venta, tasa de crecimiento del mercado, participación en el mercado, inversión requerida, valor residual de la inversión, costes variables, costes fijos y vida útil de los equipos) se asemejan a las que hemos empleado en nuestro modelo de funcionamiento de los sujetos miembros de mercado.

Con los valores simulados, recogidos en el cuadro 14, podemos obtener veinte perfiles de flujos dinerarios asociados a la inversión global del sector y, en consecuencia, obtenemos una muestra del comportamiento previsible de la tasa de rendimiento (ver cuadro 15).

Si analizamos la distribución de la tasa de retorno podemos obtener los siguientes resultados estadísticos:

Media muestral:	14,31%
Varianza:	0,11%
Desviación típica:	3,27%
Máximo muestral:	19,07%
Mínimo muestral:	8,43%

El valor de la media muestral puede considerarse como un buen estimador de la media poblacional y también la desviación típica de la muestra analizada constituye un buen estimador de la correspondiente a toda la población objeto de estudio.

```

*****
15.- RESULTADOS                                TIR
*****
      1.  10.24%
      2.   8.43%
      3.  18.09%
      4.   9.71%
      5.  15.22%
      6.  15.35%
      7.  17.41%
      8.  11.15%
      9.  16.47%
     10.  19.07%
     11.  18.14%
     12.  18.67%
     13.  15.70%
     14.  16.02%
     15.   8.86%
     16.  13.09%
     17.  15.37%
     18.  11.72%
     19.  14.35%
     20.  13.10%
*****
          MEDIA:  14.31%
          VARIANZA:  0.11%
    DESVIACION TIPICA:  3.27%
          MAXIMO:  19.07%
          MINIMO:   8.43%
*****

```

5.3.4.- ¿Serán rentables las sociedades y agencias de valores y bolsa?

Uno de los puntos que mayor controversia han suscitado en el proceso de reforma es el del número de sociedades y agencias de valores y bolsa viables en el mercado español. Los datos que hemos recogido en el epígrafe anterior apuntan que este sector puede ser rentable, si bien el riesgo que entraña es elevado.

Sin embargo, parece claro que el comportamiento de las distintas sociedades y agencias puede ser muy dispar debido a su irregular participación en el conjunto del mercado.

El problema que parece preocupar más en este sector es el excesivo número de miembros del mercado. En el estudio realizado por José Tercairo (1988) se estimaba el número máximo de sociedades y agencias de valores que podían coexistir en el mercado de valores. Según este autor dos eran los escenarios manejados:

	N° sociedades en un mercado poco sofisticado		N° sociedades en un mercado sofisticado	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo
1.989	14	16	28	31
1.992	17	21	34	43
1.995	22	32	44	64

Como puede comprobarse, estas cifras difieren significativamente de la realidad de nuestro mercado.

Si nos centramos en las sociedades y agencias de valores miembros del mercado, su cifra no debería haber superado la veintena. En cambio, los últimos datos de que disponemos a la hora de redactar estas líneas (agosto de 1990) arrojan una cifra de 56 miembros de mercado, con una irregular participación: 4 grandes (aquellos con una cuota de mercado superior al 5%), 16 medianos (que cuentan con cuotas entre el 2 y 5%) y 36 pequeños (con cuotas inferiores al 2%).

Cuando voces del sector recriminan públicamente la bancarización del sector, creo que es momento de intentar hacer una valoración más meditada de la problemática a la que se enfrenta el sector.

Si utilizamos como punto de partida el interrogante acerca del papel de los nuevos sujetos en la actual reforma de nuestro mercado de valores, hemos de pensar inmediatamente en las funciones que venían desempeñando los agentes de cambio y bolsa, que se centraban básicamente en la mera ejecución e intervención de órdenes bursátiles.

Tras la reforma, esta actividad de ejecutar órdenes en las bolsas de valores constituye la única restringida "en exclusiva" a los nuevos miembros del mercado. Las actividades restantes, que el artículo 71 de la Ley del Mercado de Valores otorga a las sociedades y agencias de valores, constituyen un campo en el que otras entidades financieras, empezando por los propios bancos y cajas de ahorros, participan de forma activa.

Nos encontramos ante un nuevo marco en el que la competencia del sector no viene definida, por la distinción

entre sociedades y agencias de valores "independientes" y "participadas", distinción que ha sido calificada de "artificiosa" por el propio Raimundo Ortega (1990: 156), sino por la distinción entre sociedades y agencias de valores y bancos, cajas y otras entidades financieras que desempeñen su actividad de banca de negocios.

La supervivencia del aparente excesivo número de sociedades y agencias de valores estaría ligado al desarrollo de todas esas actividades que la Ley les otorga y cuyo inicio, en muchos casos, no ha tenido lugar. Obviamente, si todas centraran su actividad en la mera ejecución de órdenes, tarea que ya desempeñaban perfectamente los agentes de cambio y bolsa sin necesitar unos recursos propios próximos a los 40.000 millones de pesetas, sólo aquellas que contaran con una cuota de mercado superior al 2% podrían afrontar los altos costes de estructura que poseen. Parece claro que la mayor parte de los sujetos miembros apuestan por algo más que por la exclusiva ejecución bursátil. Ahora bien, ¿serán capaces de competir en pugna por un mercado fuertemente saturado?. Descifrar sus estrategias a medio y largo plazo será tarea que nos ocupe en el próximo capítulo. A priori, algo aparentemente contradictorio, pero que intentaremos llegar de contenido, parece tener lugar en el hecho de que, de los 56 sujetos miembros de bolsa, 20 posean una participación significativa de entidades de depósito (de estos, tres corresponden a bancos de otros países comunitarios). Si hemos afirmado que, por el modelo de banca universal que se utiliza en nuestro país, bancos y cajas han venido desarrollando la mayor parte de las actividades que ahora se comparten con los nuevos sujetos del mercado de valores, parece lógico plantearse qué ha movido a bancos y cajas de ahorro a participar e incluso a crear sus propias

sociedades de valores, cuando aparentemente el único nuevo área de negocio que aportan corresponde al de tratamiento y ejecución de órdenes bursátiles. La búsqueda de respuestas pasa por el análisis de las opciones estratégicas de este sector que, quizás de forma intuitiva, han decantado a un buen número de entidades financieras hacia la creación de sus propias sociedades (cumpliendo los periodos transitorios en cuanto a participación accionarial).

Algunos factores pueden ayudar a perfilar estas opciones estratégicas, entre los que recogemos a continuación los siguientes:

a) Feroz competencia: que se presenta en tres niveles:

- Competencia dentro del propio sector nacional.
- Competencia con nuevos participantes extranjeros (el gran desembarco de la banca de negocios y de las "comodities houses" está aún por llegar).
- Competencia con la banca de negocios que actúa especialmente en los sectores mayoristas del mercado.

b) Elevado riesgo: aún cuando, de momento, las actividades que entrañan un mayor riesgo son prácticamente inexistentes en este sector, numerosos miembros se van a ver abocados a iniciarlas ante el aumento de competencia en las áreas de negocio menos arriesgadas. Por ello, sólo aquellos que cuentan con sistemas adecuados para controlar y conocer sus riesgos y que sean capaces de manejarlos de forma positiva para obtener beneficios podrán sobrevivir en el futuro.

- c) Especialización: cuando el abanico de actividades que abre el actual marco legal es tan extenso, intentar realizarlas todas ellas con éxito puede resultar una tarea suicida para muchos miembros del mercado. Por ello, parece lógico que el sector tienda a una mayor especialización que la actual, buscando estrategias específicas en cada área de negocio. Sólo aquellos sujetos fuertemente capitalizados y con una base de clientela importante pueden jugar la baza de ofertar un amplio rango de servicios. El resto de sociedades deberán buscar un nicho de mercado y dedicarse a él a fondo.
- d) Necesidad de una tecnología crecientemente sofisticada. Un dato de gran importancia que caracteriza a estos mercados es el desarrollo rápido de sistemas de información con una componente de innovación tecnológica. Quienes deseen participar en determinados sectores del mercado se verán compelidos a realizar importantes inversiones en equipos informáticos cuya "rentabilidad depende de una planificación adecuada y una utilización eficiente" (Ortega, 1990:158).

En este contexto se va a desarrollar en los próximos años la actividad de este sector. De su éxito dependerá que el mercado de valores español gane importancia como vía para canalizar el ahorro privado hacia inversiones a largo plazo. Con ello, los sectores productivos de la economía podrían obtener las mejores condiciones posibles.

#### 5.4.- CONCLUSIONES

En el capítulo que ahora concluimos hemos revisado escuetamente el proceso de reforma del mercado de valores español, especialmente en lo que a sujetos miembros del mercado se refiere.

Este proceso entronca con las grandes reformas acontecidas en los principales mercados financieros internacionales, partiendo de planteamientos muy similares y como respuesta a nuevos requerimientos tanto de oferentes como de demandantes de fondos que no quedaban cubiertos con los antiguos esquemas de funcionamiento de los mercados de valores.

La globalización o internacionalización de la inversión, la desregulación, el dinamismo en la oferta de activos, la tecnificación, el desarrollo de la inversión institucional frente a la individual, la liberalización general de las comisiones y la rebaja de los gravámenes fiscales sobre operaciones son notas que parecen caracterizar las reformas que se han llevado a cabo hasta la fecha. En el caso español, destacaríamos el acceso a un sistema de contratación asistido por ordenador, la desaparición de un modelo de intervención por fedatario público y el acceso del sector bancario en el negocio de intermediación de valores.

Los efectos de la reforma, si bien el plazo transcurrido desde su inicio es aún breve, ya se han dejado notar. En especial, por las profundas transformaciones en los sujetos de mercado, en su forma de funcionamiento, en la estructura y composición del mercado, así como en los precios y las comisiones.

Es por ello por lo que hemos centrado nuestra atención en los sujetos miembros del mercado, analizando en primer lugar su perfil legal y su estructura, para posteriormente estudiar los posibles escenarios en los que se puede desenvolver su actividad en los próximos años.

Nuestro objetivo principal en este capítulo ha consistido en determinar la valoración de un sector financiero con los criterios clásicos del valor actual neto y tasa interna de rendimiento, si bien, de cara a introducir el riesgo inherente a los flujos de caja que puede generar este sector, nos hemos servido de técnicas más modernas de simulación al objeto de definir los posibles escenarios del mercado de valores español para los sujetos miembros.

Según el modelo que hemos construido y bajo los supuestos de funcionamiento utilizados, las tendencias que parecen caracterizar al mercado en lo referente a los sujetos miembros son:

- Aumento del volumen de contratación hasta duplicar en 1994 el correspondiente a 1989, junto con la reducción de comisiones tan pronto éstas se liberalicen.
- Notable crecimiento de la actividad de gestión de carteras y de intermediación en otros mercados.
- Escaso crecimiento de las carteras de negociación, justificado por el insuficiente desarrollo de la actividad por cuenta propia. El modelo actual de mercado dirigido por órdenes no parece fomentar la actividad del "market-making" y es por ello por lo que muchos se preguntan por la necesidad o no de ir hacia un modelo de mercado dirigido por precios.

- Aseguramiento y colocación de emisiones más dinámica pero sin tintes de brillantez.
- Importantes aumentos del precio de los proyectos de asesoramiento y consultoría.
- Fuerte moderación del crecimiento del personal y del coste medio por empleado. Reestructuración de plantillas hacia nuevas actividades.

El modelo que hemos utilizado para analizar el sector de los sujetos miembros de mercado nos ha permitido cuantificar su rentabilidad en relación con la inversión realizada, basándose exclusivamente en la determinación de los flujos de caja que podría generar a medio plazo.

Según los resultados obtenidos, si bien este sector se perfila aparentemente rentable, no lo es tanto si consideramos el riesgo que va asociado a los posibles rendimientos. Como consecuencia directa, surgen numerosas cuestiones que hemos dejado planteadas en este capítulo y que intentaremos resolver en el siguiente.

En resumen, nuestra principal inquietud es conocer si esas medidas de rentabilidad son suficientes para valorar este sector. Cuando nos encontramos con que se han constituido numerosas sociedades de valores, cuando observamos que más de un tercio de éstas tienen participación de entidades financieras, cuando conocemos que gran parte de estas entidades han venido desarrollando un papel importante en los mercados de capitales, cabe preguntarse por los motivos que les han impulsado a crear sus propias sociedades de valores cuando, aparentemente, el único nuevo negocio que aportan corresponde al de tratamiento y ejecución de órdenes bursátiles.

La respuesta parece hayarse en los factores "estratégicos" que todos parecen haber aducido a la hora de participar en este emergente, aunque antiguo, sector.

De nuevo las razones estratégicas han sobrepasado a las puramente financieras. Desde el ámbito de la teoría de decisiones de inversión debemos intentar construir un puente que nos acerque a la decisiones estratégicas de forma consistente.

## CAPITULO 6:

### OPCIONES ESTRATEGICAS PARA LOS SUJETOS DEL MERCADO DE VALORES ESPAÑOL.

- 6.1.- Planteamiento inicial.
- 6.2.- Las opciones estratégicas de los sujetos miembros de mercado:
  - 6.2.1.- Estrategias genéricas.
  - 6.2.2.- Estrategias específicas.
  - 6.2.3.- Bases estratégicas.
- 6.3.- Modelización de las opciones de flexibilidad.
  - 6.3.1.- Opción de los grupos bancarios a abandonar su sociedad de valores.
  - 6.3.2.- Opción a reabsorber por el propio banco las actividades encomendadas a la sociedad de valores.
  - 6.3.3.- Opción a cruzar participaciones con otras sociedades.
  - 6.3.4.- Opción a no desarrollar temporalmente una actividad concreta.
  - 6.3.5.- Opción a elegir el nivel óptimo de la actividad.
- 6.4.- Modelización de las opciones de crecimiento.
  - 6.4.1.- Opción a implantar una red de oficinas.
  - 6.4.2.- Opción a invertir en tecnología.
- 6.5.- Notas finales.



#### 6.1.- PLANTEAMIENTO INICIAL

En el presente capítulo vamos a intentar dar respuesta a las numerosas cuestiones suscitadas en el anterior, apoyándonos en lo visto en la parte primera de este estudio.

Uno de nuestros objetivos se centra en conocer las razones estratégicas que han marcado el conjunto de decisiones adoptadas a lo largo de la reforma y que han dado lugar a la configuración actual del mercado de valores. Aunque todavía resulte temprano para conocer el acierto o error estratégico de todos aquellos que se han introducido en este mercado, y también de aquellos otros que han preferido quedarse fuera, si podemos apuntar que el retraso de implantarse en determinados sectores del negocio puede resultar altamente costoso e incluso irreversible. Es en este punto donde debemos valorar esas oportunidades de invertir capital en determinados proyectos empresariales, identificándolas como opciones sobre activos reales en vez de sobre activos financieros.

En primer lugar, intentaremos reconocer cuáles son las opciones estratégicas que poseen los sujetos de mercado y que parecen haber justificado su creación. Para ello, intentaremos tipificarlas de acuerdo con los criterios utilizados en el capítulo 4, intentando recoger todos aquellos elementos que, en alguna medida, presuponen un carácter "optativo" para el que los posee. Porque, en definitiva, todo aquello que dota a los sujetos de mercado de una flexibilidad y de unas oportunidades de crecimiento futuro puede ser contemplado como un derecho contingente, que puede ejercitarse en determinadas condiciones futuras, más no en otras.

En la medida que seamos capaces de identificar las características de la opciones estratégicas de este sector, de forma que podamos reconocer qué tipo de opción financiera se ajusta más a cada perfil de rendimientos, podremos elaborar el modelo conceptual y analítico que, por analogía, pueda aplicarse al caso.

Hasta el momento, las aplicaciones desarrolladas al respecto se han centrado en sectores industriales. Sin embargo, consideramos que su utilización puede resultar igualmente válida para el caso del sector financiero. En concreto, vamos a realizar en este capítulo la valoración de las opciones estratégicas de los sujetos miembros del mercado de valores español, a la luz del enfoque de la OPT.

Siguiendo la metodología apuntada en el epígrafe 4.6., recorreremos los diferentes estadios que pasan de la mayor abstracción inicial, al cálculo diferencial y estocástico cuya complejidad requiere la utilización de métodos de aproximación numérica cuando no exista una solución analítica al modelo.

Si logramos valorar todas aquellas oportunidades del sector que no se traducen necesariamente en flujos de caja podremos comprender porqué esas razones estratégicas van más allá de los simples números que arrojan los criterios de selección de inversiones. Y ello, nos permitirá dar respuesta a las cuestiones que tiene planteadas este sector.

De momento, podemos anticipar que los dos puntos clave donde se decidirá el futuro del sector son la competencia y la innovación. Una competencia, sin precedentes en este sector con tanta virulencia, que es la consecuencia directa del nuevo marco legal y de las nuevas

estructuras operativas. En cuanto a la innovación, la creciente demanda de servicios de asesoramiento en la gestión de inversiones atraerá a un conjunto numeroso de nuevos competidores, pero el aumento de la volatilidad de los mercados y la reducción de los diferenciales percibidos puede hacer difícil la supervivencia en este sector.

Todo ello conduce a ser especialmente cautos a la hora de realizar la planificación estratégica donde se plantean las inversiones a largo plazo como algo necesario. Y es que, las principales áreas de negocio son muy volátiles, tal y como hemos comprobado en el capítulo anterior (epígrafa 5.3).

Quienes decidan participar en este negocio deberán contar con tres puntos fuertes: personal altamente capacitado, tecnología puntera y, sobre todo y ante todo, mucha imaginación y creatividad.

Esta última característica también es necesaria de cara a localizar las opciones estratégicas del sector y asimilarlas a sus homónimas financieras, lo que constituye el tema del siguiente epígrafe.

## 6.2.- LAS OPCIONES ESTRATEGICAS DE LOS SUJETOS MIEMBROS DE MERCADO.

A la hora de realizar una valoración de las opciones estratégicas, resulta imprescindible reconocer, en primer lugar, aquellas opciones estratégicas que proporcionan a su tenedor el derecho a invertir capital en activos productivos, a precio fijo y predeterminado y con anterioridad a o en una fecha fija.

Apoyándonos en la afirmación de Carl Kester:

"La primera valoración (...) sería conveniente que fuera cualitativa, aunque fundada en pálidos principios de valoración de opciones" (Kester, 1984:158).

En primer lugar, intentaremos realizar esa valoración cualitativa de las opciones estratégicas de sociedades y agencias de valores, eso sí, intentando apoyarnos en los "pálidos principios" de valoración de opciones.

El planteamiento que realicemos, en cuanto a las opciones del sector, no puede entenderse aislado del contexto internacional y, en especial, del marco del próximo mercado único europeo. En este ámbito, se consagrarán los principios de libertad de establecimiento y de prestación de servicios sin tener cabida ningún tipo de restricción a los movimientos de capital.

La estrategia que defina la actuación de cada miembro del mercado bursátil español es vital de cara a enfrentarse a un entorno volátil. Por el momento, no todos los sujetos parecen tener cabida en nuestro mercado, al menos que caigamos en el "clásico error de salida de una

situación de oligopolio con precios oficiales y fijos, en la cual todos los participantes (o al menos una mayoría sustancial) creen posible ganar cuota de mercado sin pérdidas para ninguno" (Ortega, 1990:158).

Para reconocer las opciones estratégicas de este sector resulta aconsejable revisar, en primer lugar, las tres estrategias genéricas que podrían adoptar los miembros del mercado.

### 6.2.1.- Estrategias genéricas

#### a) Canalización eficaz de operaciones bancarias.

Como hemos comentado con anterioridad, la mayor parte de las operaciones minoristas suelen canalizarse a través de las amplias redes bancarias. Un buen número de estas entidades han optado por crear sus propias sociedades de valores y bolsa, para dar cobertura al proceso total de negociación bursátil que demandan sus clientes y que abarca desde la recepción de ordenes y su ejecución, a la posterior compensación y liquidación. Parece claro que el negocio que aporta el propio banco a su sociedad de valores es para ésta un negocio cautivo. Ahora bien, en la medida que este servicio no se preste con la calidad debida, podría producirse una huida de clientes de las instituciones financieras menos eficaces hacia otras que lo sean en mayor grado. Es por ello por lo que se debe ser extremadamente cuidadoso con las operaciones bancarias en bolsa, de forma que se refuerce la imagen del banco. En el caso de aquellas entidades que no han creado su propia sociedad de valores y bolsa la importancia de esta estrategia parece más clara, en la medida que puede aportar demandas paralelas de otros servicios. De este modo, junto con la canalización de

órdenes de la clientela de estas entidades, se puede realizar la gestión de sus carteras propias, así como la asesoría y diseño de emisiones de la misma entidad financiera o de sus empresas participadas, e incluso la gestión de la deuda pública que se coloque en sus redes.

Si una sociedad de valores pretende llevar a cabo esta estrategia, sería preferible que estuviera ligada a un gran grupo bancario, si bien ello no es garantía de su éxito.

De hecho, existen sociedades de valores de las denominadas independientes que, de "facto", son canalizadoras únicas de las órdenes de algunos bancos que no cuentan con su propia sociedad de valores miembro de mercado. También, en el caso de que la sociedad no esté mayoritariamente en manos de un grupo bancario, el banco cliente va a exigir una mayor eficiencia en la ejecución de las órdenes de sus clientes. De no ser así, probablemente tenga una mayor libertad para buscar a otro miembro del mercado que sea más eficaz y le permita retener a su clientela.

Uno de los requisitos que deberán cumplir aquellas sociedades que deseen seguir esta estrategia es ser muy competitivas en costes. Esto se puede lograr gracias a los elevados volúmenes de operaciones que se manejan y que permiten disfrutar de importantes economías de escala.

Esta estrategia puede dar sus frutos en la medida que la sociedad de valores se encuentre arropada por la distribución del grupo y por el negocio de apoyo a los valores del mismo. Son muchos los negocios colaterales que se pueden generar al amparo de un grupo bancario, especialmente si éste cuenta con un grupo industrial desarrollado de grandes empresas. En definitiva, son las

grandes empresas, por su nombre conocido, las que apelan en mayor medida al mercado de capitales, por la facilidad de colocar sus emisiones entre los propios clientes del banco.

Si intentamos reconocer los elementos "optativos" inherentes a esta estrategia, debemos tener presente cuáles son los medios imprescindibles con que debemos contar para que ésta tenga el éxito deseado. Toda vez que estamos analizando una estrategia que está apoyada en la escasa diferenciación del servicio entre clientes (esto es, la canalización y ejecución de órdenes de clientes es percibida de forma homogénea por estos), el principal requisito se centra en la capacidad de integrar y tramitar las órdenes con el menor coste posible, rápidamente y con un sistema informativo de difusión de precios que oriente a la clientela. Y ¿cómo se puede conseguir una eficaz canalización de operaciones bursátiles a través de grandes y dispersas redes?. La respuesta parece hayarse en contar con un sistema informático que permita:

- Distribuir información en tiempo real de todos los mercados, de forma que el cliente, antes de dar sus órdenes, pueda conocer cuáles son las condiciones de la negociación en cada momento. Los grandes clientes deberían tener acceso a esa información desde sus propios centros de trabajo. Ejemplos como el NASDAQ ("National Association of Securities Dealers Automated Quotation") que en 1971 inauguró un sistema automático de disseminación de cotizaciones o los correspondientes al NYSE ("Consolidated Transaction Quotation System") o al AMEX ("Consolidated Quotation System") creados en 1974 y 1978, respectivamente, constituyen pruebas fehacientes de la importancia de la información dirigida a clientes.

- La canalización o "routing" de órdenes. Para garantizar el buen funcionamiento del mercado y la correcta formación de precios resulta necesario disponer de un sistema informatizado de canalización de órdenes, de forma que el orden de llegada de éstas al mercado sea equitativo para todos los clientes. Los sistemas manuales de canalización de órdenes pueden enturbiar la transparencia deseada para el mercado. La importancia de este punto ha motivado que se empiecen a abordar sistemas informatizados que no sólo canalicen las órdenes desde las sucursales hasta el sujeto miembro de mercado correspondiente, sino también desde éstos al mercado. En ciertas ocasiones, se requiere la autorización del sujeto miembro para que estas pequeñas órdenes accedan al mercado. En otras, su acceso es directo, tal es el caso del sistema SUPERDOT ("Designated Order Turnaround") de la NYSE que permite que se ejecuten las pequeñas órdenes de clientes o del RAES ("Retail Automatic Execution System") de la bolsa de opciones de Chicago, que permite la ejecución automática de las pequeñas órdenes de opciones sobre acciones (Siegel, 1990:4).
  
- La introducción de órdenes en un sistema de negociación y formación de precios automática. En principio, el mercado español cuenta, hasta la fecha, con el CATS ("Computer Assisted Trading System") adquirido a la bolsa de Toronto y que ha sido implantado con éxito también en París, Bélgica y Sao Paulo. La pregunta que cabe hacerse es si este sistema de negociación asistido por ordenador resulta suficiente, en especial, por dos motivos: a) el creciente volumen negociado a través de este sistema (pensemos que su diseño se

remonta a 1977 y que en la propia bolsa de Toronto sólo se negocia un porcentaje minoritario del volumen total de contratación), b) es un sistema dirigido por órdenes y no por precios, lo que dificulta la actividad por cuenta propia de las sociedades de valores. En cualquier caso, y con independencia de la mayor o menor bonanza de este sistema, lo que sí parece claro es que contribuye a una mayor transparencia del mercado y a una formación de precios más justa. Un elemento que vendría a reforzar este punto sería la mencionada canalización automática de órdenes, en la medida que evitaría la retención de éstas o la alteración de su orden de llegada.

- La confirmación automática de las órdenes ejecutadas. Sería de desear que el cliente, que busca la liquidez de sus inversiones, pudiera acudir a su sucursal bancaria para dar la orden de venta obteniendo, en el mismo momento, la confirmación de su operación ejecutada, especialmente si es una orden no condicionada (y si está dispuesto a asumir los precios de mercado en ese momento).
- La compensación y liquidación de las operaciones en un plazo sustancialmente menor que en la actualidad.
- El abaratamiento de las órdenes ejecutadas.

En resumen, podemos afirmar que para ser un canalizador eficaz de operaciones bursátiles es necesario realizar importantes inversiones en sistemas informáticos. Si enfocamos estas decisiones de inversión desde la teoría

de opciones podemos intentar identificar aquellas condiciones bajo las cuales el proyecto se debería poner en marcha con rapidez y aquellas otras que hacen recomendable que se posponga.

En principio, y con independencia de la propia red bancaria que debería estar previamente implantada, nos podríamos plantear los siguientes proyectos de inversión de desarrollo informático: una aplicación de canalización de órdenes y otra de compensación y liquidación entre la sociedad de valores y sus clientes (la correspondiente entre miembros del mercado dependerá de la rapidez con que se lleve a cabo el proyecto que tendrá encomendado el Servicio de Compensación y Liquidación de Valores).

Las sociedades que hayan iniciado el desarrollo de estas aplicaciones informáticas obviamente han ejercitado ya sus opciones a invertir. Ahora bien, aquellas otras que aún no se han decidido disponen de mayor tiempo para conocer la evolución futura de todas las variables significativas que afectan, o pueden afectar, al valor de estos proyectos.

En concreto, en estos primeros momentos, donde las estrategias de los distintos miembros no parecen claras y el desarrollo del mercado aun es incipiente, las sociedades deben ser especialmente cautas a la hora de comprometer su presupuesto de capital para inversiones. En la medida que la opción de invertir en el futuro puede tener un mayor valor que el valor actual neto del proyecto subyacente, las sociedades de valores deberían esperar hasta el último momento antes de decidir si acometer o no una inversión.

Ahora bien, en este sector el grado de rivalidad competitiva es elevado. Si a ello le sumamos que la opción a realizar las inversiones necesarias, para esos desarrollos

informáticos, es una opción en propiedad exclusiva, en tanto que la experiencia en este campo de determinadas sociedades de valores bancarias no es compartida por la competencia de forma individual, no existe el riesgo de que la competencia se adelante de forma completa. Ahora bien, puede resultar aconsejable que se ejerciten temprano estas opciones para que no pierdan parte de su valor.

Cuando la competencia tenga las mismas oportunidades de realizar estas inversiones y con ello persiga la misma estrategia de ser "los más eficaces canalizadoras de operaciones bancarias", reduciendo costes, estaremos ante opciones compartidas. En este caso, sería estratégicamente necesario ejercitar esta opción de forma rápida, anticipándose a la competencia, bien por razones defensivas o para ser líderes en el mercado.

En cualquiera de los casos, ambas opciones son compuestas en la medida que pueden implicar nuevas oportunidades de inversión para las sociedades y, en definitiva, nuevas posibilidad de crecimiento.

En nuestra opinión, del conjunto de sociedades de valores miembros, son aquellas que giran en la órbita de algún grupo bancario las que se presentan más proclives a la adopción de esta estrategia. Ello es así por los siguientes motivos:

- Cuentan con experiencia en el desarrollo de sistemas informáticos de "front-office" y "back-office" de operativa de valores. Generalmente, son desarrollos propios, no compartidos por la competencia, lo que implica un aumento del valor añadido de estas sociedades.

- Cuentan con redes bancarias cautivas que garantizan un volumen de operaciones.
- Pueden agregar un gran número de órdenes de clientes, lo que facilita la operativa bursátil y tiende a la reducción de costas.

Si aquellas sociedades de valores que denominamos "independientes" se decidieran a seguir esta estrategia su opción a invertir sería compartida por todo el sector y, en consecuencia, su valor sería inferior. En un entorno de gran rivalidad, alcanzar una posición competitiva fuerte y sostenida, que eluda los ataques de la competencia, resulta francamente difícil, por no decir imposible. En este sentido, posponer la decisión de invertir en estos desarrollos informáticos puede ser muy valioso para este tipo de sociedades ya que les impide asumir un alto riesgo para el que no están capacitadas.

En cualquier caso nos encontramos ante una opción de tipo americano, en tanto que pueda ejercitarse antes de su vencimiento. En principio, no existe una fecha de ejercicio conocida. Cada sociedad podrá posponer su decisión a invertir hasta que el grado de rivalidad sea extremo y la competencia cuente con las aplicaciones informáticas que hemos citado.

Por lo que respecta a la aplicación de "routing" de órdenes, cabe comentar el desarrollo casi finalizado por parte de la Sociedad Rectora de la Bolsa de Madrid, que se comercializará en breve entre los distintos sujetos de mercado. Ello puede provocar que aquellas entidades que hayan asumido la inversión en una aplicación propia, y que han perdido la opción a esperar antes de invertir, tengan que asumir su error estratégico costoso. Por el contrario,

aquellas otras que han valorado su opción a esperar, antes de acometer la inversión, ahora cuentan con una mejor información y pueden decidir si adquirir la aplicación estándar o desarrollar una "ad-hoc" para su entidad.

Buscando en este epígrafe tan sólo los aspectos "cualitativos" de las opciones que se mencionan, hemos de reconocer, en la que ahora nos ocupa, que se trata de una opción compuesta por ser un proyecto cuyos beneficios futuros no están directamente relacionados con su capacidad de generar flujos de caja.

En resumen, podemos concluir que aquellas sociedades de valores que pretendan dirigir su estrategia a la canalización eficaz de operaciones bancarias tendrán un nicho rentable de mercado siempre que estén dispuestas a asumir las fuertes inversiones que conlleva la tecnología necesaria al caso. Sólo las sociedades que sean capaces de reconocer que estas inversiones primeras constituyen la base de nuevas inversiones, se decidirán a acometer las primeras con independencia de los resultados de un análisis estricto de los flujos de caja que genera el proyecto. Porque, en definitiva, estamos hablando de opciones de crecimiento, en tanto que suponen inversiones en activos reales, que a largo plazo reforzarán la imagen de la sociedad y podrán generar beneficios. Estas opciones de crecimiento presentan al igual que sus homónimas financieras:

- El precio de ejercicio: que en este caso corresponde a la inversión necesaria para obtener las distintas aplicaciones y equipos informáticos.
- El activo subyacente: es el valor de mercado del activo en desarrollo o que hay que adquirir. Este valor incorporaría no sólo el valor actual de los

flujos de caja estimados sino cualquier nueva opción de crecimiento inherente a la propiedad de este activo.

- La fecha de vencimiento: lapso temporal durante el que se mantiene viva esa oportunidad de realizar la nueva inversión. En esta ocasión, se podría situar a algunos meses vista. Si bien cuando se aplaza una decisión de invertir se puede perder la oportunidad de ser el primero en el mercado, por otra parte, se adquiere mayor experiencia, que evita tomar decisiones precipitadas por falta de información.

Como ya comentamos en el capítulo 4 de este estudio, el tipo de inversión viene muchas veces condicionado por la estructura financiera de la empresa. Ante la situación actual de los sujetos miembros de mercado, parece claro que su solvencia y su capacidad financiera les permitiría acometer nuevas inversiones no sólo en bienes reales, como productos informáticos en funcionamiento, sino también en intangibles, como I+D o incluso publicidad o programas de desarrollo comercial.

#### b) Gestión de clientes específicos.

Dentro de las grandes estrategias genéricas que pueden perfilar el comportamiento de este sector se encuentra la correspondiente a la gestión especializada, con mayores dosis de personalización.

Cuando atravesamos momentos en los que la tasa de ahorro de los principales países occidentales se encuentra

en unos niveles muy bajos, parece esperanzador empezar a vislumbrar un cambio de tendencia, que supondría un aumento de la propensión al ahorro. Además, son numerosos los países que han emprendido una reforma de sus sistemas fiscales, en el sentido de mejorar el tratamiento de la inversión en bolsa, en especial, para aquellas plusvalías que son plurianuales. Todo ello va a desembocar en una creciente canalización del ahorro, hacia los mercados de valores, especial y mayoritariamente, a través de gestores profesionales de fondos.

No vamos a entrar a comentar aquí el papel protagonista que está adquiriendo el proceso de desintermediación. Sin embargo, sí conviene recordar que el peso de la inversión institucional o colectiva en muchos países occidentales es cada día más elevado, hecho justificado por la creciente sofisticación de los mercados. En la medida que nuevos mercados e instrumentos más complejos aparecen en la escena, resulta difícil y arriesgado participar de forma individual. Es por ello por lo que aparecen nuevas formas de inversión colectiva con una aceptación notable. La diversificación, la gestión profesional y la liquidez apoyan y refuerzan este éxito.

La especialización por tipo de clientela se configura como una de las grandes estrategias genéricas que pueden seguir algunos miembros de este sector. La capacidad para tratar de forma diferenciada a cada segmento de negocio puede conducir al éxito a aquellas sociedades que la demuestren con talento.

Para llevar a cabo esta estrategia la sociedad de valores debe marcarse como objetivo ser especialista bien en determinadas áreas geográficas o bien en grupos de clientes específicos cuyas necesidades se venían cubriendo tradicionalmente por otras entidades y otros productos.

Ahora bien, sólo aquellos que sean capaces de ofrecer un servicio que se perciba por el cliente como personalizado podrán sobrevivir en ese entorno tan competitivo. Está claro que las sociedades de valores pueden asumir vocacionalmente esta estrategia, pero su éxito sólo será viable si sus costes son razonables.

Al igual que en el epigrafe anterior, vamos a intentar analizar cuáles son los medios que una sociedad de valores necesitaría para seguir la estrategia de ser gestora de clientes específicos y, así, poder reconocer las opciones ligadas a ésta.

En primer lugar, para poder acometer un servicio de valor añadido y diferenciado por segmentos de clientela resulta imprescindible que la sociedad presente fuertes dosis de flexibilidad. Esta flexibilidad se materializa en distintos aspectos:

- Capacidad de innovar, creando productos "taylor made" en función de las necesidades de cada cliente.
- Posibilidad de ofertar una amplia gama de productos, fácilmente intercambiables y sustituibles por otros más novedosos.
- Contar con sistemas informáticos de apoyo modulables que permitan el crecimiento (incorporación de nuevos paquetes informáticos para tratamientos específicos).
- Equipo de profesionales cualificado y fiel que permita ofrecer un servicio estable y personal a la clientela.
- Libertad para elegir el momento idóneo de lanzamiento de un nuevo producto.

- Flexibilidad de utilizar distintas combinaciones de productos primarios para producir un producto derivado o sintético, que se ajuste a las necesidades de cada cliente.
- Capacidad de aumentar o contraer el volumen de negocio en función de las condiciones de los distintos mercados en cada momento.
- Posibilidad de establecer acuerdos con miembros de otras bolsas de valores con objeto de completar los productos/servicios ofrecidos a su clientela.
- Capacidad de abrir y cerrar sucursales en las áreas geográficas en que se especialicen.
- Flexibilidad en la asunción de nuevos riesgos o cobertura de los ya existentes. En la medida que se amplíe la demanda cualitativa de los clientes, las sociedades deberán estar dispuestas a asumir actividades crecientemente arriesgadas. Su papel en esta línea le hará abrir posiciones de riesgo, en algunos casos o cerrarlas en otros.

Toda vez que estas opciones de flexibilidad se presenten de "facto" para una sociedad de valores que persiga la gestión especializada de clientes, ésta no debería centrarse, a la hora de analizar su viabilidad, en el mero análisis del descuento de flujos de caja, ya que éste sólo estaría considerando una única e irrevocable estrategia de gestión de clientes. De la inclusión de estas opciones en el análisis de la sociedad dependerá que no estemos "infravalorando el verdadero valor de un proyecto" (Kester, 1987: 5.21).

Para valorar el conjunto de opciones de flexibilidad que pueden presentar algunas sociedades de valores hemos de tener presente que el derecho que poseen, en relación con los aspectos de flexibilidad que hemos mencionado, es análogo al que proporcionaría la titularidad de una opción financiera americana sobre los distintos activos citados. Por ello, presentaría:

- Precio de ejercicio: correspondería al valor de enajenación de los activos afectos al proyecto.
- Periodo hasta el vencimiento: sería el plazo de disponibilidad de los activos.
- Activos subyacentes: serían los activos afectos al proyecto.

Obviamente, el significado de estos elementos varía de un caso a otro. Así, por ejemplo, cuando nos referimos a la opción a abrir o cerrar sucursales, el periodo hasta el vencimiento corresponde al plazo que tenemos para realizar todas las actividades encaminadas a la puesta en marcha o cese de la sucursal, el activo subyacente serían los activos de la sucursal y el precio de ejercicio sería el valor que tienen los activos en la sucursal alternativa a la que se piensan asignar. De forma análoga, podríamos ir desbrozando los distintos elementos de todas y cada una de las opciones de flexibilidad que hemos incluido en este apartado.

#### c) Especialización en productos/servicios.

La tercera estrategia genérica, que estimamos deberían seguir un conjunto de sociedades de valores, consistiría, al igual que la analizada en el epígrafe b), en la diferenciación pero, esta vez, mediante la especialización en determinados productos y servicios.

Cuando la aparición de nuevos mercados es una nota que caracteriza las dos últimas décadas parece necesario que surjan nuevas instituciones que sean auténticos especialistas en los productos financieros que allí se negociaban.

Por otra parte, la creciente sofisticación de los productos, respuesta natural a las nuevas necesidades que se plantean por parte de los demandantes y proveedores de fondos para inversión, hacen inaplazable que determinadas instituciones encuentren su nicho de mercado en la prestación de tales servicios.

Las sociedades de valores que juzguen oportuno llevar a cabo esta estrategia pueden especializarse bien en productos en el "front-end" del negocio o bien, en servicios en el "back-end".

Aquellas que opten por los primeros deberán conocer todas las variantes de renta fija y variable, así como de los productos derivados que surgen de forma continua con nuevas características y peculiaridades. Ofrecer todas las soluciones viables a empresas, que desean obtener financiación con el menor coste posible, sólo se puede llevar a cabo conociendo con exactitud las preferencias de los inversores. Porque, en definitiva, el proceso de titularización tiende a convertir en papel, que se coloca entre los ahorradores, todos aquellos flujos de capital externo hacia las empresas.

Asimismo, los nuevos requisitos de asesoramiento, en un entorno que también se vuelve complejo para las

propias empresas, plantea que sólo aquellos sujetos que cuenten con un elevado grado de especialización en la consultoría para los distintos sectores productivos y financieros podrán atender las cuestiones más complejas que cada día preocupan a las empresas.

Por lo que respecta a las sociedades de valores que persigan ser especialistas de servicios en el "back-and" (esto es, en la custodia y liquidación de operaciones), deberán disponer de sistemas informáticos de apoyo y control. En este sentido, las inversiones en sistemas de comunicaciones tecnológicamente avanzados reducirán los costes que lleva aparejados el tratamiento manual de las operaciones. Experiencias tales como las del GLOBEX permiten integrar la canalización y la ejecución de órdenes con las funciones de "back-office" y de disseminación de precios. Quizás sea el área del "back-office" el que ha registrado una mayor mecanización informática tendente a su automatización. Respecto a la experiencia española, el deficiente sistema de compensación y liquidación aún está lejos de alcanzar el perfil de mecanización deseado. Sin embargo, por parte de las entidades financieras que canalizan órdenes de clientes se está avanzando muy deprisa, en la medida que el depósito de valores constituye una fuente de negocio no despreciable. Como ya se empieza a constatar, el ciclo de vida de los productos tiende a reducirse. Por ello, los sujetos que tardan en llegar al mercado pueden perder la oportunidad estratégica de copar un nicho de mercado.

Dinamismo en la oferta de productos y servicios y capacidad de desarrollar productos tecnológicamente avanzados pueden ser dos de las notas que caractericen a los triunfadores que sigan esta estrategia. Obviamente, ambas actitudes pueden conllevar en muchas ocasiones una actividad crecientemente arriesgada.

Si nos preguntáramos acerca de los medios necesarios para ser especialista de un conjunto restringido de productos y servicios, tendríamos que responder lo siguiente:

- Personal altamente cualificado, que debe reforzarse con una formación continua y con estrategias para retener al personal clave.
- Sistemas automáticos que permitan aumentar la productividad de las actividades de custodia y liquidación así como las de negociación de productos sofisticados.
- Carteras de productos financieros que constituyan el "input" para elaborar nuevos productos que se ajusten a las necesidades de los clientes actuales y potenciales y que permitan realizar una gestión del riesgo.
- Sistemas de medición y control del riesgo. Gran parte de los nuevos productos financieros tienen la característica de tener un tratamiento "fuera de balance". Es por ello por lo que resulta imprescindible contar con un sistema automatizado que permita conocer, en cada momento, el riesgo que está soportando la sociedad. Sólo de esta forma se podrán tomar decisiones ágiles que permitan reconducir el riesgo al perfil deseado.

Al igual que en las otras dos estrategias anteriormente apuntadas, surgen numerosas opciones de flexibilidad y de crecimiento que deben valorarse antes de optar por esta estrategia genérica.

Entre las primeras señalaríamos las siguientes:

- Posibilidad de participar en mercados internacionales de los productos que se conocen.
- Capacidad de innovar utilizando los productos estándar existentes en el mercado para crear productos propios.
- Flexibilidad para el acceso a nuevos segmentos de clientela con base en su especialización en la oferta de determinados productos o servicios.
- Posibilidad de contratar el personal idóneo aplicando medidas que garanticen su fidelidad a la sociedad.
- Disponer de soportes informáticos modulables que permitan una fácil incorporación de las continuas innovaciones que suelen presentar los productos financieros.

En definitiva, estas y otras facilidades, dotan a las sociedades de una flexibilidad operativa de difícil cuantificación pero cuya importancia cualitativa es notable.

Del mismo modo, las oportunidades de crecimiento que presentan aquellas sociedades que se conviertan en especialistas de productos/servicios son valiosas. Así, la opción a invertir en los desarrollos tecnológicos para llevar a cabo, de la forma más eficiente posible, la oferta de productos de "front-end" o "back-end" proporciona a la sociedad un tiempo valioso antes de decidirse a ejercitar la opción.

### 6.2.2.. Estrategias específicas.

Una vez que hemos analizado las estrategias genéricas de aquellos que deseen participar con éxito en el mercado de valores español conviene concienciarse de las estrategias específicas que se ofrecen a los distintos sujetos que intervienen en el mercado.

Quizá este punto resulta especialmente importante si tenemos en cuenta, tal y como apuntamos en el capítulo 5, que gran parte del conjunto de actividades que la ley del mercado de valores (24/1988) habilita a las sociedades de valores ya venían desarrollándose por otros grupos de entidades financieras. En concreto, nos referimos a la banca comercial y a la banca de negocios.

En la medida que gran parte de estas entidades han optado por participar en alguna sociedad bursátil traemos aquí la pregunta planteada en el capítulo 5: ¿qué motivos han propiciado estas decisiones cuando, a priori, el único nuevo negocio que aportan es el referente al tratamiento y ejecución de órdenes bursátiles?.

Dibujar las estrategias específicas de cada tipo de entidad financiera puede ayudarnos a dar respuesta a esta cuestión. Por ello, a continuación incluimos las grandes líneas que pueden definir su comportamiento.

#### a) Banca comercial.

Una de las bazas que pueden jugar estas instituciones está en la gestión de sus propios seguros y fondos de pensiones que distribuyen, o pueden distribuir, sus redes. La tendencia a seguir un modelo de banca universal está propiciando la creación de compañías de

seguros y de sociedades gestoras de fondos de pensiones. En el entorno de un grupo bancario que apueste fuerte por la diversificación y por conseguir importantes cuotas de mercado en los productos de desintermediación, estos productos permiten que los bancos mantengan una cuota de mercado en la canalización global del ahorro nacional.

En este línea, continuarán teniendo una presencia activa en el negocio asegurador por su fuerte capacidad de colocación en sus extensas redes. Por ello, aunque van a dejar de canalizar parte del ahorro nacional a través de los tradicionales productos de intermediación, subsanarán este hecho a través de su papel protagonista en el aseguramiento de emisiones privadas y de colocación de deuda del Estado.

Por otra parte, todo apunta a que los inversores institucionales no utilizarán a la banca comercial para los servicios de intermediación. Parece que las sociedades no bancarias pueden ser más adecuadas para cubrir las necesidades de este sector de inversores por la eficiencia en la ejecución de órdenes y la más ágil compensación y liquidación. Sólo acudirán a las sociedades bancarias, que cuenten con una buena imagen, en la medida que puedan actuar en un amplio espectro de segmentos del mercado y de productos.

En definitiva, son las sociedades bancarias las que pueden optar por una mayor diversificación de sus actividades, siguiendo estrategias distintas para tratar de forma diferenciada a cada segmento de negocio.

Por ello, aunque en principio no tenderán a gestionar carteras individuales por su preferencia por las actividades macrofinancieras (aseguramiento de emisiones), apoyadas por su fuerte capacidad de distribución, se podría acometer esta actividad con una estrategia concreta para un

segmento de clientes o en una área geográfica que no cuente con implantación del banco y en la que se pueda constituir una minired de atención personal.

**b) Banca de negocios.**

Este grupo de entidades que centran su actividad en emisiones y aseguramiento han tenido poco peso en el pasado.

En el nuevo contexto, marcado por una competencia creciente, sólo tendrán éxito si son capaces de ser hábiles para desarrollar soluciones innovadoras y si aceptan los nuevos riesgos que irán surgiendo conforme se desarrollen los nuevos mercados de productos derivados.

Esa competencia puede llevarles, asimismo, a diversificar su actividad y a participar en otros productos y servicios como pueden ser la gestión de carteras o los fondos de inversión.

En cualquier caso, nuestra opinión apunta a que el papel que puede desempeñar la banca de negocios en la futura estructura de los mercados será secundario o poco relevante.

Aquellas que hayan constituido o participado en una sociedad de valores podrán transferir las actividades de mayor riesgo a éstas en la medida que, de este modo, no contarán con el encorsetamiento inherente a toda entidad bancaria.

**c) Sociedades y agencias de valores.**

La mayor proximidad al mercado, especialmente de los sujetos miembros, conferirán a estas entidades el liderazgo en todos los servicios relacionados con la gestión de inversiones financieras.

En este punto tendrá cabida especial la gestión de carteras individuales, pero también la correspondiente a carteras colectivas, que no esté restringida, por ley, a entidades específicas (tal es el caso de los fondos de inversión y las sociedades de inversión mobiliaria cuya gestión está encomendada de forma exclusiva y excluyente a las sociedades gestoras de instituciones de inversión colectiva).

Para realizar esa gestión de carteras contarán con un conjunto de productos primarios y derivados que les permitan perfilar la combinación de rentabilidad y riesgo que el cliente demande. También recurrirán a la comercialización de fondos de inversión para el segmento de clientela que no cuenta con el patrimonio mínimo exigido para realizar una gestión personalizada. Esta vía de relación con sociedades gestoras de fondos de inversión podrá ser explotada mediante acuerdos en los que la sociedad de valores se comprometa a la comercialización exclusiva de los fondos de una determinada gestora y ésta a la canalización de todas sus operaciones bursátiles a través de dicha sociedad.

Como vemos, su clientela objetivo no se reduciría a particulares sino que también estaría formada por los inversores institucionales y por los colectivos.

La flexibilidad y la rapidez para dar atención a las demandas empresariales en los proyectos de consultoría y asesoramiento puede conducir a estas instituciones a perfilarse como auténticas especialistas en este área del negocio. Ello les puede facilitar su penetración en nuevas actividades gracias a sus relaciones con una base de clientela empresarial.

En resumen, las estrategias específicas que pueden definir el comportamiento de aquellas entidades que participen, de alguna forma, en el mercado de valores van a determinar su éxito o fracaso en un entorno enormemente competitivo.

En nuestra opinión, apostar fuerte en todas o en alguna de las bazas estratégicas que vamos a analizar a continuación supone contar con una visión global en la que se tienen en cuenta el valor adicional de las opciones de flexibilidad o de crecimiento que aportan.

### 6.2.3.- Bazas estratégicas.

En este epígrafe vamos a definir cuáles son, a nuestro juicio, las cuatro grandes bazas estratégicas que pueden ayudar a ganar la partida a las sociedades de valores que sepan jugarlas con habilidad e inteligencia.

Aunque cada sociedad pueda apostar por una única baza, la tendencia a combinar las cuatro será creciente debido a su fuerte interrelación, que se mostrará especialmente en los próximos años dentro de un entorno cada día más internacional.

El escenario que describe Daniel Siegel (1990:11) como más probable para el año 2.000 estaría caracterizado por las siguientes notas:

- La negociación de activos financieros del mismo tipo de todo el mundo se realizaría a través de una única red global que funcionaría las 24 horas del día.

- La regulación aplicada al sistema de negociación se acordaría por los principales países y, prácticamente, estaría libre de regulaciones.
- El papel de los "brokers" tendería a reducirse por la presencia creciente y directa de los inversores institucionales en la red de negociación. Esta apertura a los inversores restaría negocio a los tradicionales miembros de mercado.
- La compensación y liquidación estarían ligadas de forma electrónica al proceso de negociación.
- No existiría, de forma estipulada, la figura de creador de mercado o de otro tipo de entidades que tengan un acceso privilegiado al mercado.
- La liquidez al mercado la proporcionarían un conjunto de negociantes, que realizarán un seguimiento de los diferenciales entre posiciones de compra y de venta en tiempo real, buscando de forma continua oportunidades de obtener beneficios.
- El coste de estos desarrollos tecnológicos podría tender a reducirse conforme la tecnología de base en comunicaciones e informática fuera cada vez más barata y más sofisticada. Este descenso del coste afectaría de forma positiva al volumen de negociación y al proceso de innovación financiera.

Este escenario nos lleva a comprender la importancia de la primera baza estratégica, que pasamos a analizar a continuación.

**a) Tecnología.**

Las inversiones que se realicen en el ámbito tecnológico irán especialmente encaminadas a obtener una mejor información y a gestionar el riesgo creciente de los mercados.

Asimismo, la tecnología se utilizará para el proceso de venta, para crear o diferenciar productos y servicios (p.ej.: un servicio de gestión de tesorería) y también para atraer y retener a los clientes que cada vez buscan una mayor comodidad en sus productos financieros.

Ahora bien, la estrategia que apliquen las sociedades de valores en este campo estará condicionada por su tamaño. Así, las grandes tratarán de proteger sus posiciones realizando fuertes inversiones internas en tecnología, mientras que las pequeñas preferirán utilizar servicios externos para la tecnología de la información, de forma que les permita tener una estructura de costes flexible necesaria para sobrevivir en un entorno crecientemente volátil y competitivo.

**b) Personal.**

Ya hemos mencionado en numerosas ocasiones la importancia que juega en este sector el factor trabajo. Es inevitable insistir en la necesidad de una alta cualificación del personal clave para llevar con éxito la estrategia que elija cada sociedad. En esta línea, la continua formación y las estrategias para retener al personal clave cobraran especial interés en el contexto actual.

El deseable aumento de la productividad sólo será factible gracias a la implantación de sistemas automáticos, no sólo para las tareas rutinarias sino también para el

proceso de toma de decisiones en los mercados financieros. Ello nos lleva a comprender la importancia de la formación del personal, en la medida que éste soporta los cambios tecnológicos y las continuas inversiones de capital y por cuanto debe adaptarse a la conexión de las redes externas con los sistemas internos de la sociedad.

Por otra parte, se pueden registrar profundos cambios en las estructuras organizativas. Toda vez que se deseen aplicar políticas de retención del personal, la tendencia a una mayor participación accionarial del personal clave en el capital de la sociedad provocará una alteración en las tradicionales estructuras organizativas.

En resumen, calidad y lealtad son los dos puntos críticos, en lo referente a personal, para garantizar el éxito de una sociedad de valores.

#### c) Marketing.

La importancia creciente que se le atribuye al marketing está justificada por su contribución a la diferenciación de los servicios bursátiles.

Estas actividades tienden a ser cada día mucho más sofisticadas y además utilizan en mayor medida la tecnología. Como podemos observar, la comentada interrelación entre las distintas bazas estratégicas parece clave en este punto.

A las tareas tradicionales que ha venido desarrollando la actividad de venta ahora se le sumará el diseño, desarrollo y distribución de instrumentos y servicios para segmentos específicos de clientes. Una producción financiera encaminada cada vez más a cubrir las necesidades concretas de todos y cada uno de sus clientes.

#### d) Gestión del riesgo.

El riesgo de interés, el riesgo de tipo de cambio y el riesgo de crédito pueden perfilarse como las tres principales áreas de preocupación en éste ámbito.

La tendencia a que las sociedades deban asumir mayores riesgos por la excesiva competencia en las actividades menos arriesgadas, les conducirá a participar de una forma más activa en los mercados de productos derivados para ofertar a sus clientes instrumentos de cobertura frente a sus principales riesgos. En el caso español, parece clara la necesidad de una regulación más precisa de los riesgos por operaciones fuera de balance. A ello deberá sumársele el desarrollo de sistemas que faciliten su control.

### 6.3.- MODELIZACION DE LAS OPCIONES DE FLEXIBILIDAD.

A la hora de intentar comprender los motivos que han impulsado a numerosas entidades bancarias a constituir su propia sociedad de valores y bolsa, debemos partir de la premisa de que son "razones estratégicas" las que más comúnmente se han esgrimido de cara a justificar su creación.

Estas razones estratégicas se apoyan en las opciones de flexibilidad y de crecimiento que otorgan las sociedades de valores a sus propietarios.

Para elaborar el modelo conceptual y analítico, que permita comprender cuáles son las opciones estratégicas de las sociedades de valores que parecen haber reconocido quienes las crearon, resulta de gran utilidad apelar al enfoque de la teoría de valoración de opciones.

Así, contamos con un marco global y consistente para analizar las opciones estratégicas que bancos y cajas han vislumbrado cuando crearon una sociedad de valores y bolsa.

En primer lugar, hay que advertir que muchas entidades han pretendido sustraer del control bancario aquellas actividades referidas a los mercados de valores. En la búsqueda de la diversificación de riesgos y de la participación en nuevas actividades más arriesgadas han preferido acometer el negocio bursátil a través de una sociedad de valores para mantener al banco al margen de las nuevas actividades. De esta forma, se han estado valorando las opciones de flexibilidad.

De entre las numerosas opciones de flexibilidad que plantea el proyecto de creación de una sociedad de valores, vamos a analizar cuatro de las más significativas y cuya modelización resulta menos compleja.

### 6.3.1.- Opción de los grupos bancarios a abandonar su sociedad de valores.

Cuando las entidades financieras se han planteado la valoración de este proyecto de inversión es probable que hayan utilizado el criterio del valor actual neto. De ser así, indudablemente se habrán enfrentado con el problema de estimar la tasa de descuento correspondiente a su coste de capital. Sin embargo, de forma quizás intuitiva han valorado algo que el criterio del VAN no contempla. Esto es, esa posibilidad, que se plantea a lo largo de la vida de la sociedad de valores, de abandonar el proyecto en cualquier momento a un precio fijo.

Si comparamos las dos alternativas de inversión para acometer la actividad de valores podremos arrojar luz sobre el tema. Imaginemos que un banco está estudiando la posibilidad de ampliar su actividad de valores dentro de su departamento correspondiente. Para ello necesita contratar personal, que se incorporaría a la plantilla del banco, realizar una adaptación de sus equipos y desarrollos informáticos para cubrir las nuevas necesidades específicas del banco y todo ello conforme a un procedimiento organizativo rígido en el marco del resto de actividades bancarias. Este mismo banco podría crear su propia sociedad de valores con nuevo personal contratado (con categorías distintas a las bancarias), que podría contar con

especialistas retribuidos en función de su actividad. Además, podría acudir al mercado informático para la adquisición de productos y aplicaciones llave en mano. En este caso, se contaría con una estructura organizativa y funcional más flexible y ágil.

La primera estrategia disfrutaría del efecto experiencia, en la medida que supondría incrementar la dimensión de un equipo en marcha, si bien tendría que soportar una mayor rigidez y falta de dinamismo. Aunque, a priori, esta primera estrategia arrojará un VAN superior a la segunda, si llegara un momento en el que el banco decidiera abandonar las nuevas actividades bursátiles el valor residual de la estrategia primera es netamente inferior a la segunda.

La extirpación de un miembro del cuerpo humano siempre resulta más dolorosa que quitarse las gafas. De igual modo, abandonar una actividad en el seno del propio banco puede ser traumático, mientras que abandonar una sociedad del grupo bancario, si bien no deja intacta la imagen del banco, sí puede dañarla en menor medida. Por otra parte, el abandono de una sociedad de valores tiene un valor residual netamente favorable en la medida que existe un mercado no organizado de empresas en el que, a mayor o menor precio, encontrar un comprador.

Todo ello nos conduce a tener presente que:

"el valor residual afecta también al valor de una inversión a causa de la opción a abandonar el proyecto de forma anticipada" (Myers, Majd; 1983:153).

El objetivo que debería presidir a toda entidad financiera que posee su propia sociedad de valores no debería ser abandonarla cuando el valor residual supere al valor actual de los flujos de caja futuros estimados. Ahora

sabemos que, si no se abandona el proyecto, el banco conserva la opción de abandonarlo en el futuro.

Esta opción de flexibilidad contaría con los siguientes elementos que la definen:

- Presenta un perfil de riesgo y rendimientos análogo al de una opción financiera de venta de tipo americano sobre un título que recibe dividendos.
- Los flujos de caja que va generando la sociedad de valores son aleatorios y equivaldrían al pago de dividendos en la opción financiera que hemos mencionado.
- El valor residual de la sociedad de valores (que podría ser el valor de mercado ante una posible venta de la sociedad a otro grupo) también es estocástico y constituye el precio de ejercicio de la opción.
- La fecha de vencimiento corresponde a la vida de la sociedad, si bien, la opción a abandonarla se puede ejercitar en cualquier momento, lo que la confiere un carácter americano.

Esta opción sería además simple, podría posponerse y su propiedad sería de uso exclusivo por parte del banco.

Para modelizar esta opción abordaremos, como paso previo, la modelización de los distintos elementos aleatorios que la integran.

Comenzando por los flujos de caja, podemos expresarlos como una función del valor del activo a través de los ratios de distribución:

$R_t = FC_t / VS_t$ , siendo:

$R_t$ : ratio de distribución en t.

$FC_t$ : flujo de caja previsto en t (como beneficio global de la sociedad).

$VS_t$ : Valor de la sociedad en t (si es una sociedad de valores que no cotiza en bolsa podría utilizarse el valor contable o el valor de mercado).

De esta forma, podríamos estimar los flujos de caja de la sociedad de valores.

Por lo que respecta al valor residual de la sociedad, dado que no conocemos con certeza a priori cuál es la vida que le resta (puede abandonarse en cualquier momento), debería contemplarse el correspondiente al término de la sociedad. Y es que, estamos ante una opción cuyos parámetros de valoración determinan la vida del proyecto. Esto nos conduce a considerar el valor de mercado más elevado de la sociedad a la hora de conocer su valor residual, pero también nos lleva a valorar las subsiguientes opciones a abandonar la sociedad que poseerían los nuevos propietarios de la sociedad de valores. En este caso, nos estaríamos enfrentando a un caso especial de las opciones compuestas desarrolladas por Robert Geska (1979a) y, por ello, el valor residual de la sociedad, este es, su valor de mercado, debería incluir el valor de la opción a abandonarla por parte del nuevo propietario. Como podemos comprender no resulta tarea sencilla analizar todas las propiedades estocásticas del valor residual. Por ello, deberemos incluir hipótesis simplificadas.

En tanto que opción de venta americana, la opción a abandonar la sociedad de valores podrá valorarse a través de la siguiente ecuación diferencial parcial:

$$0 = \frac{1}{2} \frac{\delta^2 OA}{\delta VS^2} \sigma^2 VS^2 + \frac{\delta OA}{\delta t} + [i VS - R(VS, t)] \frac{\delta OA}{\delta VS} - iOA \quad (1)$$

donde,

OA: Valor de la opción a abandonar.

VS: Valor de mercado de la sociedad de valores.

$\sigma$ : Desviación típica de la rentabilidad de la sociedad.

i: Tipo de interés sin riesgo.

R(VS, t): Ratios de distribución.

El valor de esta opción:

1\*) Si la sociedad tuviera un valor nulo, correspondería al de los activos (VA) que la integran en ese momento.

$$OA (VS = 0, t) = VA_t$$

2\*) Se reduciría conforme el valor de la sociedad aumentara. En el caso límite, tendería a cero si el valor de la sociedad tendiera a infinito.

$$\lim. OA (VS, t) = 0$$

$$VS \rightarrow \infty$$

De forma continua, el banco debería comparar el nuevo valor residual (que incorpora otras opciones a abandonar) y el valor de continuar con la sociedad aunque se pueda abandonar en el futuro. Así podría determinar cuál es el momento idóneo para ejercitar esta opción.

En la medida que no resulta posible determinar una solución analítica para estas opciones, hemos de recurrir a técnicas de aproximación numérica como es la técnica de diferencias finitas que, en este caso, recurre a la relación entre el valor de la opción a abandonar, en cualquier fecha, y su valor al día siguiente. Conforman una sucesión de valores actuales del proyecto a lo largo del tiempo, cada una calculada por el valor de los futuros flujos de caja y el correspondiente valor de abandono óptimo. Cuando el valor actual del proyecto sea inferior, resultará aconsejable ejercitar la opción.

Esta opción será tanto más valiosa para el banco:

- Cuanto mayor sea el precio de ejercicio, esto es, el valor de mercado de la sociedad de valores al vencimiento.
- Cuanto mayor sea la volatilidad del valor de la sociedad (Varianza del activo subyacente).
- Cuanto menor sea el valor actual previsto de la sociedad.
- Cuanto mayor sea la duración o vida estimada de la opción.

6.3.2.- Opción a reabsorber por el propio banco las actividades encomendadas a la sociedad de valores .

Este tipo de opción es, en definitiva, una análoga a la de asignar activos con riesgo a un nuevo proyecto. En este caso, el banco, que estamos utilizando de ejemplo, tendría la opción a incorporar activos y personal de la



sociedad de valores a su propia organización para los mismos fines u otros que considere más rentables. Esta posibilidad de reabsorber las actividades de la sociedad de valores sería análoga a una opción de venta americana sobre los activos de la sociedad que presentaría los siguientes elementos:

- Precio de ejercicio: es el valor de los activos traspasados al banco en el nuevo entorno donde se destinen.
- Periodo hasta el vencimiento: es el plazo con que cuenta el banco para reabsorber esas actividades.
- Activo subyacente: corresponde a los activos y actividades que se quieren asignar de nuevo al banco.

Haciendo uso de la formulación de William Margrabe (1978) presentada en el epígrafe 4.3.2., vamos a ilustrar esta opción con el siguiente supuesto. Consideremos que un banco ha transferido la gestión de su cartera de negociación a su sociedad de valores. El volumen de esta cartera es de 25.000 millones de pesetas. El banco ha fijado una comisión de gestión para su sociedad de valores correspondiente al 10% del exceso de rendimientos que obtenga respecto a la media del rendimiento obtenido por el banco de su cartera de deuda pública en el último año. Si el rendimiento de la cartera de negociación fuera inferior al de la cartera de deuda pública, la sociedad de valores deberá compensar al banco por un importe correspondiente al 10% de la diferencia de rendimientos. En principio, se estudiará sus repercusiones durante seis meses. Vencido este plazo el banco podría reabsorber la gestión de su cartera de negociación si el resultado no corresponde a las

expectativas firmadas. Otros datos con los que contamos es la desviación estándar del rendimiento de la cartera de negociación, un 5% y del rendimiento de la deuda pública, también un 5%. En la medida que la cartera de negociación está formada exclusivamente por renta variable y renta fija privada suponemos que no existe correlación entre el rendimiento de ambas carteras.

Para obtener la solución de la función:

$$W(x_1, x_2, t) = x_1 N(d_1) - x_2 Nd_2 \quad (2)$$

hemos de calcular, en primer lugar, las condiciones de contorno:

$$d_1 = \frac{\ln(x_1/x_2) + \frac{1}{2} v^2 (t^* - t)}{v \sqrt{(t^* - t)}} \quad (3)$$

$$d_2 = d_1 - v\sqrt{(t^* - t)}$$

siendo,

$$x_1 = x_2 = 25.000 \text{ millones de pesetas.}$$

$$v_1 = v_2 = 0.05$$

$$t^* - t = 6 \text{ meses.}$$

$$\begin{aligned} \rho_{12} &= 0 \\ v^2 &= v_1^2 - 2 v_1 v_2 \rho_{12} + v_2^2 = 0.05^2 - 2 \times 0.05 \times 0.05 \times 0 + 0.05^2 = \\ &= 0.0025 + 0.0025 = 0.005 \end{aligned}$$

$$v = \sqrt{0.005} = 0.0707$$

$$d_1 = \frac{\ln(25.000/25.000) + \frac{1}{2} 0.005}{0.0707 \sqrt{6}} = 0.86602 \quad (4)$$

$$d_2 = 0'86602 - 0'0707 \sqrt{6} = -0'0866$$

$$W(x_1, x_1, t) = 25.000 \times N(0'09) + 100 \times N(-0'09) =$$

$$= 25.000 \times 0'5359 - 25.000 \times 0'4641 = 1.795 \text{ millones.}$$

Con los supuestos utilizados, el valor de la opción sería de 1.795 millones. Esta cifra que corresponde al beneficio máximo que la sociedad de valores cedería al banco por la gestión de su cartera de negociación.

Si al cabo de los seis meses el banco no estuviera conforme con la gestión que realiza la sociedad podría reabsorber esta actividad, si bien la sociedad de valores perdería su opción a gestionar esa cartera y eliminaría una fuente de ingresos.

### 6.3.3.- Opción a cruzar participaciones con otras sociedades de valores.

Cuando la actividad de mercado de capitales se realiza desde una sociedad de valores creada al caso, el banco tiene la posibilidad de intercambiar parte de sus acciones de dicha sociedad por acciones de otra (extranjera) sin alterar con ello la estructura accionarial del banco matriz.

En la medida que la decisión de intercambiar participaciones parta de la sociedad extranjera, ello supone una opción a cambiar un tipo de acciones por otro.

Supongamos que la sociedad de valores extranjera, que está en conversaciones con el banco nacional, tiene

distribuido su capital entre diez grandes accionistas cada uno de ellos con el 10% del capital de la sociedad. El banco desea intercambiar el 40%, por lo que deberá llegar a un acuerdo con los distintos socios para fijar si todos ellos desean mantener la misma proporción 40/60 en ambas sociedades o si, por el contrario, alguno prefiere participar mayoritariamente en la sociedad española.

Partiendo de la hipótesis de que el precio de las acciones de la sociedad extranjera  $p_1$  coincide con el de las acciones de la sociedad española  $p_2$ , la sociedad extranjera decide realizar una oferta privada de adquisición de acciones al cambio de  $Lx_1$ , dando un plazo para que dicho intercambio tenga lugar, hasta  $t^*$ . El número de acciones de la sociedad nacional es  $n$ , mientras que el de la extranjera es  $N$ .

Además, estamos considerando que toda la información disponible arroja una situación previa equivalente de ambas sociedades. Ahora bien, tras el lanzamiento de la oferta privada, el precio de las acciones de la sociedad de valores nacional tiende a elevarse dado que el banco accionista ahora tiene la opción a convertir sus acciones en otras distintas.

Desde el inicio del anuncio hasta  $t^*$ , fecha en la que expira la oferta, el valor de las acciones de la sociedad nacional incorpora el valor de la opción mencionada. Esta opción al menos valdrá cero. Pero si el banco decide intercambiar su paquete del 40% recibirá:

$$x_1 = [(N-n) p_1 + n p_2]/N \quad (4)$$

y entregará:  $x_2 = p_2$

cuando substituyamos estos valores en

$$w(x_1, x_2, t) = x_1 N(d_1) + x_2 N(d_2) \quad (5)$$

obtendremos el valor de esta opción.

Como podemos apreciar la ventaja para el banco es máxima, ya que no paga ninguna prima por disponer de esa opción.

Esta opción ha podido estar en la mente de algunas entidades financieras, cuyas sociedades de valores apenas están desarrolladas, pero que esperan que una entidad extranjera desee participar en una sociedad ya constituida, en vez de crear su propia sociedad. Realmente puede considerarse como un trabajo de consultoría en el que el producto final es una sociedad llave en mano. Tan pronto como apareciera un socio que aportara una base de clientela y, en definitiva, nuevas áreas de negocio, la sociedad de valores estaría dispuesta a funcionar con un rendimiento mayor.

#### 6.3.4.- Opción a no desarrollar temporalmente una actividad concreta.

La flexibilidad de la sociedad de valores a la hora de elegir las actividades que resulta aconsejable desarrollar no quedaría recogida en los criterios clásicos de selección de inversiones con presupuesto de capital. Estos criterios parten de la base de que la actividad de un determinado proyecto es continua e incluso ilimitada en el tiempo.

Sin embargo, en un entorno creciente volátil pueda resultar aconsejable frenar en determinadas circunstancias alguna actividad en la que, por ejemplo, el riesgo haya aumentado y esto implique que los ingresos previstos no vayan a ser suficientes para cubrir los costes variables asociados a dicha actividad.

Contar con esa flexibilidad es un elemento no desdeñable que hay que valorar de cara a diseñar la forma en que dichas actividades se van a desarrollar.

El hecho de incorporar algunas actividades en las estructuras más rígidas de los bancos pueda eliminar o reducir significativamente el valor de las opciones de flexibilidad.

En el seno de una sociedad de valores, la posibilidad de interrumpir su actividad en un área de negocio determinada, temporalmente y sin costes (y sin que altere de forma relevante a los precios y costes futuros), resulta más viable que en un banco. Por ello, cuando una sociedad desee invertir para introducirse en un nuevo área de negocio debería asimismo inclinarse por aquellas que le otorgan una mayor flexibilidad para interrumpir su actuación. Obviamente, nos estamos moviendo en un entorno donde tanto los ingresos como los costes previstos presentan un carácter aleatorio, definido por un proceso estocástico continuo en el tiempo del estilo del utilizado por McDonald y Siegel (ver epígrafe 4.3.3).

Imaginemos que la sociedad de valores desea invertir parte de su capital en la formación de una cartera de negociación. Por cada  $t$  unidades de tiempo, rota completamente su cartera, que venda al un precio  $P_t$  e incurra en un coste variable de gestión de  $C_t$ . En este caso, su margen sería  $P_t - C_t$  para cada  $t$ , siempre que continúe con el mismo tamaño y período de rotación de la cartera.

Los beneficios que puede obtener en  $t$  serían:

$$B_t = \text{máx} [0, P_t - C_t] \quad (6)$$

En la medida que el precio de venta de la cartera es aleatorio tendríamos que:

$$E_0(\text{máx}[0, P_t - C_t]) \geq \text{máx} [0, E_0(P_t) - C_t] \quad (7)$$

El valor esperado de los beneficios, también aleatorios, serán como mínimo igual a los beneficios conocidos, con un precio de venta de la cartera correspondiente a la media de los precios de mercado aleatorios.

Cuanto mayor sea la incertidumbre acerca de los precios de mercado de la cartera de negociación, mayor será el valor de la opción a interrumpir temporalmente esta actividad ya que, por hipótesis, nos estamos refiriendo a una situación de neutralidad ante el riesgo.

Para obtener el valor de la opción,  $V_0(t)$ , sobre los beneficios obtenidos en  $t$  y condicionada por toda la nueva información relevante que se genere en  $t=0$ , incluimos los siguientes supuestos:

1.- La sociedad es precio aceptante en relación con la venta de los títulos de su cartera de negociación. El precio de venta de la cartera sigue un proceso estocástico temporal y continuo:

$$\frac{dp}{p} = \alpha_p dt + \sigma_p dz_p \quad (8)$$

siendo,

$\alpha_p$ : crecimiento esperado del precio de venta de la cartera (rentabilidad en el periodo considerado incluyendo dividendos).

$\sigma_p$ : varianza del precio de venta de la cartera.

$z_p$ : proceso Wiener que consiste en considerar que en el momento cero conocemos con certeza el precio de venta de la cartera, pero que conforme nos alejamos en el tiempo su valor es cada vez más incierto:

Integrando esta función según Fisher tenemos que:

$$\frac{P_t}{P_0} = \exp [(\alpha - \frac{1}{2} \sigma^2)t + \sigma \int_0^t dz_s] \quad (9)$$

y si además aplicamos el lema Ito a esta última función, suponiendo que  $dz$  es una variable aleatoria que sigue una distribución normal estándar:

$$\ln(P_t) = (\alpha - \frac{1}{2} \sigma^2)t + \sigma \int_0^t dz_s + \ln(P_0) \quad (10)$$

La función (10) presenta una distribución normal estándar con los siguientes parámetros:

- Media:  $\mu = (\alpha - \frac{1}{2} \sigma^2)t + \ln(P_0)$

- Varianza:  $S^2 = \sigma^2 t$

En consecuencia,  $P_t$  se distribuye según una logarítmico normal de media  $E_0(P_t) = P_0 e^{\alpha t}$

Calculando,

$$E_0 [\max (0, P_t - C)] = \int_0^{\infty} (P_t - C) g(P) dP \quad (11)$$

siendo  $g(P)$  la función de densidad de  $P_t$ , esto es:

$$g(P) = (P s / (2\pi))^{-1} \exp[-\frac{1}{2}(\ln P - \mu)^2 / S]; \quad 0 < P < \infty \quad (12)$$

bastará sustituir  $y = \frac{\ln P - \mu}{s}$  en (11) para obtener la siguiente ecuación:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\ln C - \mu}{s} (e^{ys + \mu} - C) (e^{ys + \mu} s / (2\pi))^{-1} e^{-\frac{1}{2}y^2} s e^{ys + \mu} dy \quad (13)$$

Para completar el modelo se deben realizar otras sustituciones que nos permiten obtener el valor de la opción:

$$F = P_0 e^{\alpha t} N(d_1) - CN(d_2) \quad (14)$$

donde,

$$d_1 = \frac{\ln (P_0/C) + (\alpha + \frac{1}{2} \sigma^2) t}{\sigma \sqrt{t}} \quad (15)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t}$$

Si la sociedad puede garantizarse unos precios futuros de venta de su cartera de negociación, se decidirá a asumir esta actividad y entonces deberíamos considerar los precios a futuro, en vez de los precios al contado, para decidir si continuar o parar esta actividad.

2.- El costo unitario variable de gestión  $C_t$  es conocido con certeza en  $t=0$ .

3.- La sociedad puede alterar el tamaño de su cartera temporalmente y sin costos.

4.- El tipo de interés sin riesgo,  $i$ , es constante y conocido con certeza.

Con todas las restricciones fijadas al modelo ahora podemos conocer la fórmula que permita valorar esa corriente de flujos de caja futuros. Ello es sencillo si pensamos que el valor actual de un flujo de caja incierto es igual al flujo de caja esperado descontado al tipo de interés sin riesgo. Por ello, el valor de la opción a desarrollar la actividad de negociación en  $t$  sería:

$$V(P_0, C_t, t) = e^{-it} E_0 [\pi_t] = e^{-it} E_0 [\max (P_t - C_t, 0)] \quad (16)$$

o lo que es lo mismo

$$V(P_0, C_t, t) = P_0 e^{-\delta t} N(d_1) - C_t e^{-it} N(d_2) \quad (17)$$

siendo,

$$d_1 = \frac{\ln (P_0/C_t) + (r - \delta + \sigma^2/2)t}{\sigma_p \sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_p \sqrt{t}$$

$$\delta = i - \sigma_p$$

Si revisamos el epigrafe 3.3.4.2.. comprenderemos que esta solución resulta análoga a la de una opción de compra europea sobre un título que recibe un dividendo continuo, a un tipo proporcional de  $\delta$ . La sociedad de

valores tendría el derecho a constituir y rotar una cartera de negociación a un coste variable  $C_t$  (que resulta análogo al precio de ejercicio de una opción de compra) y el derecho a recibir el precio de venta de la cartera  $P_t$  (análogo al precio del título subyacente). Por ello, al igual que el tenedor de una opción financiera de compra, llegado el vencimiento, puede no ejercerla si el precio de ejercicio es superior al precio de mercado del activo subyacente, la sociedad también puede limitar o evitar sus pérdidas interrumpiendo su actividad en un negocio concreto si el coste variable supera los ingresos por actividad.

De forma análoga, el banco tiene una mayor flexibilidad para interrumpir su actividad en los mercados más arriesgados cuando ésta se realiza a través de una sociedad de valores que cuando se desarrolla dentro de la propia estructura organizativa del banco. El hecho de limitar los riesgos, respondiendo exclusivamente con el capital de la sociedad, mantiene al margen la solvencia e imagen del banco.

### 6.3.5.- Opción a elegir el nivel óptimo de actividad.

Cuando una sociedad de valores desea participar en diversas áreas de negocio, debe habilitar un sistema que le permita ser flexible a la hora de fijar sus objetivos de actividad en cada área.

Alguna de las actividades que emprenda puede presentar una enorme volatilidad de los flujos de caja que genere. Es por ello por lo que resulta poco adecuado aplicar

el enfoque clásico para valorar este tipo de actividades. Sin embargo, su similitud con las opciones sobre recursos naturales puede resultar adecuada para modelizar la flexibilidad que otorgan a la sociedad de valores. Flexibilidad que se traduce en el derecho a elegir el nivel idóneo de actividad y que conlleva la posibilidad de ampliar o contraer la actividad en un área de negocio concreta. Y también nos referimos a la posibilidad de abandonar esa actividad, o recuperarla, posteriormente.

Sirviéndonos del modelo de opciones sobre recursos naturales, desarrollado por Michael Brennan y Eduardo Schwartz (1985), vamos a presentar un sistema de valoración para este tipo de opción de flexibilidad que presentan las sociedades de valores.

El enfoque de valoración de opciones nos conduce a determinar el valor de una actividad, cuya rentabilidad sea muy volátil, siguiendo una ecuación diferencial parcial sujeta a unas condiciones de contorno.

Supongamos que la actividad a la que nos referimos se trata de la correspondiente a futuros financieros sobre acciones (aún no desarrollada en el mercado español pero cuyo lanzamiento parece inminente, al menos respecto a los futuros sobre algún índice bursátil).

En este supuesto, el valor de la actividad dependerá de si la sociedad está participando activamente en el mercado de futuros sobre acciones o si, por el contrario, se limita a estar conectada a éste, incurriendo en costes fijos (cuotas de enganche, personal destinado a la mesa de operaciones u otros). Pero dicho valor también dependerá los ingresos que obtenga por la negociación en el mercado y de los costes medios de actividad.

Detallamos a continuación las condiciones de contorno a las que quedaría sujeta la ecuación diferencial que permite valorar la opción.

- Desaparición del mercado de futuros sobre acciones. Al comenzar la década de los noventa el número de mercados derivados está creciendo de forma exponencial. Sin duda, esta atomización del mercado no favorece a la negociación y, en consecuencia, en los próximos años podemos ser testigos de un reagrupamiento de mercados. Una vez que quede claro cuáles son los que presentan un sistema de negociación y unos servicios más adecuados para cubrir las necesidades de la comunidad financiera, se producirá un cambio en el que los mercados más eficientes absorberán el negocio de los menos eficientes. Estos cambios suelen suceder con una rapidez notable. Recordemos que en 1988, la bolsa Fox de Londres comenzó a negociar a través de un sistema automático contratos de futuros sobre azúcar que, durante años, se había negociado en la bolsa de futuros parisina (PFE). En menos de un año la FOX se ha convertido en el mercado primario de este contrato. Si el mercado de futuros sobre acciones (pensemos que los contratos irían referidos a las acciones más líquidas que, por otra parte, son las que se negocian en los mercados internacionales) fuera absorbido por otro mercado extranjero, aquellos sujetos miembros que participaran en él verían reducido el valor de su actividad al valor residual de los activos afectos. Cuando esta cese de actividad implicase reducir plantilla el valor residual podría ser incluso negativo (suponiendo que el personal despedido tuviera derecho a un indemnización).

$$A(B, P, C) = VR$$

(19)

siendo:

A(.): el valor actual del equipo destinado a la negociación en el mercado de futuros sin estar en funcionamiento.

B: los beneficios potenciales que se puedan obtener en el futuro por la sociedad en este negocio.

P: los ingresos por actividad.

C: costes medios de actividad.

VR: valor residual.

- Abandono anticipado de la actuación en el mercado de futuros. La actividad se debe interrumpir tan pronto como los costes inherentes a ésta superen los ingresos que genera. Cuando, a pesar de estar detenida la actividad, se continúa incurriendo en costes de mantenimiento podría ser recomendable abandonar la actividad.

$$A(B, P, C) \geq VR \quad (20)$$

- Aumento o contracción del nivel de actividad. Por lo que respecta al aumento del nivel de actividad, estaría limitado por los coeficientes de solvencia y liquidez exigidos a las sociedades de valores, mientras que la reducción del nivel de actividad podría llegar a su interrupción temporal, incluso incurriendo en costes.

$$F(B, P, C) \geq (B, P, C) - CP \quad (21)$$

siendo,

$F(\cdot)$ : el valor actual del equipo destinado a la negociación en el mercado de futuros en funcionamiento.

CP: los costes en que incurriría la sociedad si interrumpiera temporalmente su actividad en el mercado de futuros.

La expresión (21) nos indica que conviene interrumpir la actividad cuando el valor del equipo afecto, sin estar en funcionamiento, menos los costes asociados a tal estado superen el valor del equipo en funcionamiento.

Traduciendo esta recomendación al caso contrario, será deseable reiniciar la actividad tan pronto como su valor en funcionamiento supere el valor del equipo parado mas los costes inherentes al reinicio de la actividad.

$$F(B, P, C, ) \geq A(B, P, C) + C_r \quad (22)$$

donde  $C_r$  son los costes en que se incurre al reiniciar la actividad.

- Los flujos de caja que se generan

$$q[p(1-r) - M(C)](1-is) - ipV \quad (23)$$

siendo,

$q$ : el nivel de actividad (%) respecto a la máxima que permite el coeficiente de solvencia.

r: canon que se paga al mercado de futuros.

M(C): costes medios de actividad relativos a un nivel q.

$i_s$ : tipo de gravamen en el impuesto sobre sociedades.

$i_p$ : tipo de gravamen en el impuesto sobre bienes de personas jurídicas.

v: valor del equipo afecto a la actividad.

El valor de la opción recoge, en suma, la diferencia entre el valor del negocio en funcionamiento respecto a su valor cuando se interrumpa la actividad. Cuanto más próximos estén los ingresos que genera la negociación en el mercado de futuros y los costes de actividad, mayor será el valor de la opción que nos ocupa.

Los estudios realizados sobre este tipo de opciones se han realizado al hilo de la valoración de los recursos naturales (minas de oro y cobre y de yacimientos petrolíferos). Sin embargo, la flexibilidad que presentan puede ser análoga a la de numerosas actividades del ámbito financiero y, en concreto, de las sociedades de valores. Por ello, consideramos que juegan un papel de gran importancia en el marco global de valoración de opciones de este sector.

#### 6.4.- MODELIZACION DE LAS OPCIONES DE CRECIMIENTO.

En todas las decisiones de inversión que tiene planteadas el sector de las sociedades de valores, resulta importante en extremo determinar cuál es el momento más idóneo para acometer un proyecto de inversión, especialmente para proyectos de gran relevancia de difícil marcha atrás.

De entre los numerosos proyectos de inversión que las sociedades de valores tienen en mente vamos a analizar dos de los que consideramos más significativos: la implantación de una red de oficinas propia y la inversión en tecnología de la información.

##### 6.4.1.- Opción a implantar una red de oficinas.

En tanto que la apertura o cierre de una sucursal de cualquier sociedad de valores es una decisión de inversión en capital económico, podemos analizarla a través del enfoque de la OPT. Gracias a ello podremos superar las restricciones que imponen los criterios de selección de inversiones debido a que "las técnicas de descuento de flujos generan una percepción excesiva del riesgo y, por tanto, restringen el nivel de inversión" (Ballarín, 1985: 234).

En el proceso de puesta en marcha de una sucursal de la sociedad de valores, las primeras decisiones de inversión no son más que un primer peldaño necesario, al que siguen otras inversiones hasta conformar una larga, y a veces pendiente, escalera. Siempre que las nuevas inversiones se puedan alterar o desechar de forma unilateral

por parte de la sociedad, resulta útil traer aquí la teoría de opciones. Por ello, aunque la dificultad de su aplicación cuantitativa sea importante, el marco global de análisis que proporciona permite, al menos, una valoración cualitativa que puede evitar rechazar algunos proyectos de inversión de VAN negativo.

En concreto, en el caso que nos ocupa, la apertura de sucursales se adapta especialmente bien al perfil de las opciones.

Para aquellas sociedades de valores pertenecientes a un grupo bancario, la apertura de sucursales puede realizarse en zonas que cuenten con presencia actual del banco o en zonas nuevas. En el primer caso, descargarían a las oficinas bancarias de la operativa de valores, al menos para los grandes clientes que exigen un trato más personal. En el segundo, la primera sucursal que se implante puede resultar estratégica, ya que puede conseguir la aceptación de la clientela y la penetración de su sociedad en el mercado. En este caso, sería el medio para introducirse en una nueva zona y, por ello, no sería justo atender a criterios estrictos de valoración de los flujos de caja asociados al proyecto. Resulta necesario ampliar su valoración de cara a contemplar las opciones de crecimiento que conlleva y que la sociedad de valores pueda ejercitar ya que le permite tener la posibilidad de participar en escenarios más favorables en el futuro.

Ahora bien, la situación geográfica de la primera sucursal es una decisión importante a la que no es ajena la teoría de valoración de opciones. Supongamos que una sociedad está evaluando la apertura de una sucursal que puede ubicarse en A o en B. Estas dos zonas geográficas (A o B) son completamente distintas en cuanto al tipo de actividad y negocio que en ellas se podría realizar. En

definitiva, estos proyectos de inversión presentan la posibilidad de elegir entre dos flujos de caja mutuamente excluyentes y, en consecuencia, son análogos a las opciones sobre el mínimo o el máximo de dos activos con riesgo.

Para valorar analíticamente este tipo de opciones consideramos que las sucursales A y B generarían unos rendimientos que presentan el siguiente comportamiento estocástico:

$$dA/A = \mu_A dt + \sigma_A dZ_A \quad (24)$$

$$dB/B = \mu_B dt + \sigma_B dZ_B \quad (25)$$

donde,

$\mu_A, \mu_B$ : es el rendimiento medio de las sucursales con un negocio del tipo A y B, respectivamente. El rendimiento, si bien puede variar con el tiempo, mantiene estos procesos estocásticos.

$\sigma_A^2, \sigma_B^2$ : es la varianza del rendimiento de cada activo, que consideramos constante.

$dZ_A, dZ_B$ : son procesos Wiener con coeficientes de correlación ( $\rho_{AB}, \rho_{BA}$ ) constantes.

Estaríamos ante una opción de compra europea cuyo valor en la fecha de ejercicio sería:

máx. [mín. (A,B) - E, 0], donde E es el precio de ejercicio.

La formulación que permite valorar esta opción resulta realmente compleja (ver epígrafe 4.4.2), pero puede simplificarse en el supuesto de que la sociedad de valores esté pensando adquirir una sucursal ya implantada (p.ej.: bancaria). Así, el precio de ejercicio de la opción sería

igual a cero y si consideramos que  $S(A, B, 1, r)$  es el valor de la opción para cambiar una unidad del activo A por una del B al vencimiento, tendremos que:

$$M(A, B, 0, r) = A - S(A, B, 1, r) = A - A N(d_1) + B N(d_2) \quad (26)$$

siendo,

$M(\cdot)$ : el valor de la opción de compra europea sobre el mínimo de las dos sucursales, con fecha de vencimiento T y precio de ejercicio E.

$r = T - t$ : es el periodo de tiempo hasta el vencimiento.

$$d_1 = \frac{\ln(A/B) + \frac{1}{2} \sigma^2 r}{\sigma \sqrt{r}} \quad (27)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{r} \quad (28)$$

Intentando ilustrar esta opción comentaremos el supuesto de una sociedad de valores que tiene la oportunidad de adquirir un local que puede destinar a poner en marcha una sucursal o bien a intercambiarlo por otra sucursal bancaria ya implantada en otra región. Cualquiera que sea la decisión que adopte, la otra alternativa quedará descartada de forma automática, en la medida que son mutuamente excluyentes. Por otra parte, la sociedad debe decidir, en alguna fecha futura T, por cuál de las alternativas se inclina, conociendo que el valor de la inversión que debe realizar es de E unidades monetarias.

El valor de esta opción sería:

$$M[\max(A, B, E, r)]$$

Además puede ser más importante:

- 1) Cuantos más usos alternativos tenga.
- 2) Cuanto menores sean las restricciones legales respecto al destino que se dan a esos activos.
- 3) Cuanto menor sea el grado de correlación entre el valor de los usos alternativos.

Esta opción ha podido valorarse, al menos de forma cualitativa, por los bancos que han creado su propia sociedad de valores. Pensemos que la constitución de una red especializada de servicios bursátiles puede suponer una salida honrosa y rentable para las sobredimensionadas redes de oficinas bancarias. La reconversión de parte de estas redes hacia la sociedad de valores permite aprovechar la implantación previa de la entidad en la zona.

En resumen, no conviene infravalorar algunas oportunidades de inversión que ofrecen esa posibilidad de destinarse a usos alternativos y que dejan al buen arbitrio del empresario el emplazamiento al que se dedicarán.

#### 6.4.2.- Opción a invertir en tecnología.

La inversión en tecnología, tanto en equipos físicos como en desarrollos informáticos, no cabe duda de que la podemos considerar estratégica en este sector. En un contexto como el actual en el que todavía no se ha definido con claridad hacia qué modelo de mercado vamos, puede resultar peligroso precipitarse en las decisiones de inversión en tecnología. En especial, aquellos desarrollos

informáticos que se realicen por la propia sociedad pueden resultar de difícil vuelta atrás. Por ello, en la medida que esa oportunidad de invertir se mantenga viva, hemos de valorar la posibilidad de aplazar el proyecto con el objeto de recopilar más información sobre las tendencias que van a perfilar el mercado de valores español.

Si una sociedad decidiera iniciar el desarrollo de una aplicación propia, que sólo pueda destinarse al uso específico para el que está diseñada, debe tener presente que las expectativas de ingresos y gastos del servicio al que se va a aplicar pueden cambiar en el futuro. De ser así, una vez iniciado el proyecto sólo tendría la posibilidad de interrumpirlo perdiendo todo su valor en la medida que no se podría adaptar a otros servicios ni venderse en el mercado.

Por ello, muchas sociedades de valores se han planteado si invertir ya o esperar a algún momento futuro, teniendo presente que si acometían las inversiones perdían esa opción a esperar que les proporciona tiempo para tener mejor información sobre las vicisitudes que perfilan la tendencia del mercado. Pero también las decisiones tardías pueden eliminar un porcentaje significativo del valor de un proyecto.

Para valorar estas opciones suponemos que el proyecto de inversión es de una cuantía  $I_t$  y generaría unos flujos netos de caja, que actualizados tendrían un valor  $V_t$ . Ambas variables siguen un movimiento browniano geométrico, esto es, si la sociedad acomete hoy mismo la inversión conoce el valor actual de los flujos netos de caja futuros, mas si la pospone ese valor actual cambia. Además, si en el futuro desapareciera esa oportunidad de inversión (imaginemos que tiene un plazo para aceptar una propuesta formulada por una sociedad informática externa) el valor actual del proyecto sería nulo.

El valor de la oportunidad de inversión corresponde al valor esperado de la corriente de flujos de caja:

$$O(T) = E_0 [e^{-\mu t} (V_t - I)]$$

Sólo si la oportunidad de inversión se mantuviera de forma ilimitada podríamos determinar la fecha óptima para invertir maximizando el valor de  $O(T)$  explícitamente:

$$\max I (C-1) E_0 [e^{-\mu t^*}]$$

siendo,  $C$  un valor que cumple que  $V_t/I \geq C$  para todo  $t$ .

Resultaría análogo a una opción de compra americana sobre una acción que recibe dividendos con fecha de ejercicio infinita.

Cuando la fecha de ejercicio es finita no existe una solución analítica por lo que resulta necesario apelar a métodos de aproximación discreta para obtener algún tipo de solución numérica.

Sin embargo, aunque la valoración se quede en el estadio cualitativo, sin llegar al cuantitativo, esto ya supone un notable avance para aquellas sociedades que sepan percibirlo.

## 6.5.- NOTAS FINALES.

En el capítulo que ahora concluye hemos tratado de identificar las razones estratégicas que pueden haber impulsado a la creación de sociedades de valores en el mercado español.

Partiendo de la premisa, demostrada en el capítulo 5, de que el negocio bursátil se muestra enormemente volátil en los próximos años, hemos identificado qué otros valores poseen las sociedades de valores, o los grupos bancarios que las crearon, que no se traducen exclusivamente en flujos de caja a corto y medio plazo.

Reconocer la flexibilidad y las oportunidades de crecimiento que la inversión en este sector implica puede contribuir a aunar los enfoques financiero y estratégico de cara a definir con precisión la estrategia que cada sociedad debe seguir para alcanzar el éxito.

Cuando todo apunta a que el mercado español de valores cuenta con un número excesivo de sujetos, sólo aquellas sociedades que presenten opciones de flexibilidad y de crecimiento más valiosas podrán sobrevivir en el actual entorno hostil.

En este sentido, hemos analizado las estrategias genéricas y específicas que pueden orientar la actividad de los distintos participantes en el mercado de valores. La carencia de una estrategia clara puede atormentar a aquellas sociedades que pretendan abordar numerosas actividades sin diferenciar las características y necesidades que cada una plantea.

Quizás utilizando, independientemente o de forma conjunta, las bazas estratégicas que se analizan (tecnología, personal, marketing y gestión del riesgo) se podrá definir con mayor claridad y precisión las distintas claves de negocio para cada sociedad.

En cualquier caso, la decisión de constituir una sociedad de valores por parte de los grupos bancarios no ha sido, a nuestro juicio, miope. Las alteraciones organizativas y estratégicas en el seno de los propios bancos pueden ser importantes. Un nuevo modelo de banca parece surgir con la creación de sociedades del ámbito financiero al objeto de ofrecer productos de banca universal pero sustrayéndose de ámbito puramente bancario.

En este entorno, el enfoque de valoración de la OPT puede ser el más acertado, pues es el único que contempla los factores estratégicos, aunque la dificultad de su aplicación numérica restrinja su uso. En la medida que ofrece un marco global de análisis, la OPT debería empezar a tenerse en cuenta aunque, de momento, tan sólo se utilizara desde un punto de vista cualitativo.

## CONCLUSIONES

En el presente estudio se ha planteado uno de los nuevos retos que tiene planteado la teoría de las decisiones de inversión, consistente en utilizar la teoría de valoración de opciones para valorar aquellas inversiones que presentan un componente "optativo".

La demostrada insuficiencia que presentan los criterios clásicos de selección de inversiones, para valorar proyectos que no se traducen exclusivamente en flujos de caja, ha provocado, en muchas ocasiones, que la planificación estratégica se distancie de la teoría de las decisiones de inversión a la hora de evaluar proyectos empresariales. En la medida que ambas persiguen el mismo gran objetivo empresarial, la eficiente asignación de recursos, sería deseable que condujeran a los mismos resultados. El excesivo celo por los resultados a corto plazo y la escasa devoción con que se analizan las inversiones que presentan un componente "optativo" constituyen causas que pueden explicar este hecho.

Si la experiencia nos muestra que determinados proyectos se apoyan esgrimiendo razones estratégicas, incluso cuando su análisis financiero recomienda que se descarten, esto prueba que el análisis estratégico gana la batalla a la valoración financiera. En la medida que el puro análisis estratégico también está sujeto a error, resulta necesario buscar nuevos enfoques, como el que recoge este estudio, que permitan acercar la teoría de las decisiones de inversión a la planificación estratégica.

La alternativa que hemos presentado se apoya en la teoría de valoración de opciones e intenta dotar de un soporte analítico a aquellos argumentos denominados "estratégicos". Para ello se requiere un conocimiento de la

OPT para opciones financieras, ya que esto nos ha permitido derivar una metodología para analizar las inversiones estratégicas.

Sin entrar en el análisis de las evidencias empíricas de las relaciones básicas entre opciones de compra y de venta, se han presentado los principales supuestos analíticos de la paridad para estas opciones, en la medida que constituyen el eje central sobre el que giran los distintos modelos de valoración de opciones.

Ha resultado extremadamente útil a la hora de acometer este trabajo destinar un capítulo a los modelos de valoración de opciones, analizando los más importantes. Nuestra opinión en cuanto a cuál de ellos es el mejor no se ha pronunciado por cuanto pensamos que la exactitud y los beneficios de un modelo dependen, en gran medida, del uso que de él se haga. Además, la dificultad de valorar opciones financieras se centra en determinar a priori qué tipo de proceso estocástico siguen los precios de éstas y para ello no hay una respuesta universal. En consecuencia, no existe tampoco un modelo universal de valoración de opciones y ese puede ser el motivo que justifique la preferencia de muchos inversionistas por el modelo de Black y Scholes. En definitiva, piensan que el grado de aproximación que se logra con otros modelos no compensa la complejidad de su obtención.

Sin embargo, son estos otros modelos los que resultan de mayor utilidad de cara a valorar las opciones estratégicas en la empresa. Por ello pensamos que cuanto mejores sean los modelos que se utilicen y los parámetros estimados, mejores serán las decisiones adoptadas y, en definitiva, se obtendrán mayores beneficios y se contribuirá a una mayor eficiencia del mercado.

En cualquier caso, el modelo de Black y Scholes es a todas luces insuficiente para asimilar las características que presentan los distintos activos subyacentes. Por ello opinamos que avanzar en el grado de generalización de un modelo no supone siempre una ventaja, ya que persistirá ese "trade-off" entre aumentar el esfuerzo requerido para estimar otro conjunto de parámetros o aumentar la exactitud del modelo.

Estos modelos más complejos nos han permitido probar cómo el enfoque de valoración de opciones financieras pueda adaptarse para poder valorar aquellas otras que hemos denominado estratégicas. Esto es, la actuación de toda empresa comporta en algún momento un aspecto "optativo" que debemos valorar. De nuestra capacidad para abstraer ciertos comportamientos, identificándolos con los perfiles de rendimientos de las opciones financieras, depende que los aspectos cualitativos de las inversiones queden recogidos en la valoración global de un proyecto.

La aplicación que hasta la fecha se le ha dado a la OPT en el campo de las opciones estratégicas se centra en las decisiones de inversión de las empresas industriales. Sin embargo, hemos tratado de probar en este estudio que su aplicación al ámbito de las empresas financieras resulta de gran utilidad. Como primer paso, es necesario identificar las características de las opciones estratégicas, de forma que se pueda reconocer qué tipo de opción financiera se ajusta a su perfil de rendimientos y, en consecuencia, qué modelo de valoración debe aplicarse o adaptarse.

A la hora de reconocer el valor de estas opciones, hemos verificado que, para las empresas españolas que cotizan en el mercado bursátil español, estas opciones representan más de un 50% de su valor de mercado.

Todo ello nos ha llevado a comprender la importancia de ser conscientes de la flexibilidad y de las oportunidades de crecimiento de los distintos proyectos que evaluemos, antes de adoptar cualquier decisión de inversión.

Como factores que determinan el valor de este componente optativo hemos señalado los siguientes: el valor de los activos subyacentes, el desembolso de capital necesario para acometer el proyecto de inversión, el plazo de tiempo que puede posponerse la decisión de iniciar el proyecto, el riesgo que implica, el nivel de los tipos de interés y el grado de exclusividad del derecho del tenedor para ejercitar la opción. En la medida que algunos de estos factores están dominados por la incertidumbre debemos encararnos con los problemas que surgen a la hora de obtener soluciones analíticas. Ello no nos ha conducido al desánimo, ya que, gracias al enfoque de la OPT, podemos contar con un marco global para efectuar el análisis de inversiones intentando conjugar la teoría de las decisiones de inversión con la planificación estratégica.

Para ilustrar la tipificación de las opciones estratégicas nos hemos servido de algunos ejemplos referidos a los sujetos miembros del mercado bursátil español, si bien a la hora de sistematizar los criterios de valoración de las opciones de flexibilidad y de crecimiento hemos utilizado en mayor medida aquellas que se presentan en el sector industrial.

Aunque conceptualmente puede resultar sencillo considerar las opciones de flexibilidad y de crecimiento análogas a las financieras, a la hora de llevar a la práctica la valoración surgen numerosas dificultades que hemos tratado de exponer en este estudio.

Para la aplicación del enfoque de la OPT al campo de las inversiones estratégicas se ha planteado una metodología que pasa por los siguientes estadios:

- 1º) Reconocimiento de las opciones estratégicas que proporcionan a su tenedor el derecho a invertir capital en activos productivos, a precio fijo y predeterminado y con anterioridad o en una fecha conocida.
- 2º) Análisis del comportamiento de los factores que inciden en su valor.
- 3º) Valoración cualitativa de estas opciones, clasificándolas dentro de la tipología establecida en el estudio.
- 4º) Búsqueda de la opción financiera cuyo perfil de rendimientos se asemeje al del proyecto objeto de estudio.
- 5º) Aplicación del modelo de valoración, realizando hipótesis sobre el comportamiento estocástico de los elementos que definen su valor.

Esta metodología requiere todavía un enorme esfuerzo por parte de la empresa, que involucra tanto a los financieros como a los estrategas. Por ello pensamos que la actual complejidad del enfoque de la OPT no debe ser óbice para que éstos últimos rehuyan su utilización, si bien, debe ser objetivo de los primeros arrojar luz y difundir este enfoque de forma que su uso se extienda. Este ha sido nuestro objetivo en la segunda parte del trabajo.

De cara a ampliar la utilización del enfoque de la OPT al ámbito de las empresas financieras hemos centrado

nuestra atención en un sector que ha registrado recientemente profundas transformaciones en su forma de funcionamiento, en su estructura y composición: los sujetos miembros del mercado de valores español.

Para demostrar que los criterios clásicos de valoración de proyectos de inversión no han sido suficientes para justificar la creación de un buen número de sociedades de valores y bolsa, hemos realizado en primer lugar la valoración de este sector siguiendo los criterios del valor actual neto y de la tasa interna de rendimiento, si bien, de cara a introducir el riesgo inherente a los flujos de caja que puede generar este sector, nos hemos servido de técnicas más modernas de simulación al objeto de definir los posibles escenarios del mercado de valores español para los sujetos miembros en el período 1990-1995.

El modelo que hemos utilizado para analizar este sector nos ha permitido cuantificar su rentabilidad en relación con la inversión realizada, basándose exclusivamente en la determinación de los flujos netos de caja que podría generar a medio plazo.

Según los resultados que hemos obtenido, este sector se perfila escasamente rentable (14.31%) y con un riesgo considerable (3.27% de desviación típica). Como consecuencia directa, nos hemos planteado diversas cuestiones que se resumen en conocer si esas medidas de rentabilidad son suficientes para valorar este sector. Al observar que se han constituido numerosas sociedades de valores y que más de un tercio de éstas tienen participación de entidades financieras, cabe preguntarse por los motivos que les han impulsado a ello. En especial, hay que tener presente que estas entidades financieras ya venían desempeñando un papel importante en los mercados de capitales por lo que, aparentemente, la creación de una

sociedad de valores miembro de mercado sólo les aporta el negocio correspondiente al tratamiento y ejecución de órdenes bursátiles.

La respuesta parece hallarse en los factores "estratégicos" que todos parecen haber esgrimido a la hora de participar en este emergente sector.

De nuevo, las razones estratégicas parecen haber superado a las puramente financieras y, por ello, hemos intentado construir un puente que nos acercara a las decisiones estratégicas de forma consistente.

Como principales estrategias genéricas se han estudiado tres que, a nuestro juicio, son claves: la canalización eficaz de operaciones bancarias, la gestión de clientes específicos y la especialización en productos/servicios.

Para poder seguir estas estrategias, las sociedades de valores tienen que apostar fuerte por la tecnología, el personal, el marketing y la gestión del riesgo. En la medida que sepan reconocer las opciones de flexibilidad o de crecimiento que proporcionan sus proyectos de inversión estarán en mejor disposición de triunfar en este mercado.

En la búsqueda de la diversificación de riesgos y de la participación en nuevas actividades más arriesgadas, las entidades financieras han preferido acometer el negocio bursátil a través de una sociedad de valores para mantener la imagen del banco al margen de las nuevas actividades (o sustraer del control bancario su negocio de valores). De esta forma, se han estado valorando las opciones de flexibilidad.

De entre las numerosas opciones de flexibilidad que planteaba el proyecto de creación de una sociedad de valores hemos tratado de modelizar las más significativas.

La posibilidad de abandonar el proyecto de una sociedad de valores por parte del banco matriz resulta una opción de flexibilidad valiosa, al igual que la opción a reabsorber dentro de su negocio bancario aquellas actividades que ha encomendado a su sociedad de valores.

Otro elemento que se habrá tenido en cuenta de cara a constituir una sociedad de valores es la facilidad para cruzar participaciones con otras sociedades de valores extranjeras, sin alterar con ello la estructura accionarial del banco matriz.

En general, las estructuras organizativas de las sociedades de valores parecen ser más flexibles, lo que les otorga la opción a no desarrollar temporalmente una actividad concreta o a elegir el nivel óptimo de actividad.

Por otra parte, todas las decisiones de inversión de gran relevancia, como lo es la creación de una sociedad de valores, requieren un estudio detallado que proporcione cuál es el momento más idóneo para acometer el proyecto, en especial si resulta difícil su marcha atrás. Decisiones precipitadas en la creación de una sociedad de valores, con escasa información sobre las tendencias del mercado, pueden conducir al fracaso a aquellas entidades que no posean opciones de flexibilidad o de crecimiento valiosas.

En relación con estas últimas hemos analizado dos de gran trascendencia. En primer lugar la implantación de una red de oficinas especializada de servicios bursátiles puede suponer una salida honrosa y rentable para las

sobredimensionadas redes de oficinas bancarias. La reconversión de parte de estas redes hacia la sociedad de valores permitiría aprovechar la implantación previa de la entidad en la zona.

Por otra parte, la inversión en tecnología resulta asimismo estratégica en este sector. En un contexto como el actual, en el que todavía no se ha definido con claridad hacia qué modelo de mercado vamos, puede resultar peligroso precipitarse en las decisiones de inversión en tecnología. En especial, en aquellos desarrollos informáticos que se realicen por la propia sociedad de acuerdo con sus necesidades actuales.

En resumen, hemos tratado de identificar, siguiendo el enfoque de la OPT, las razones estratégicas que pueden haber impulsado a la creación de sociedades de valores en el mercado español.

Según los datos que nos ha proporcionado el modelo de simulación, construido al caso, hemos concluido que el negocio bursátil se muestra enormemente volátil para los próximos años y ello nos ha conducido a identificar qué otros valores poseen las sociedades de valores, o los grupos bancarios que las crearon, que no se traducen exclusivamente en flujos de caja.

Reconocer la flexibilidad y las oportunidades de crecimiento que presentan muchos proyectos de inversión contribuye a aunar los enfoques financiero y estratégico, de cara a facilitar la toma de decisiones en el ámbito empresarial.

En este entorno, el enfoque de valoración de opciones se muestra más acertado por ser el único que

contempla los factores estratégicos, aunque la dificultad de su aplicación numérica restrinja su utilización en el seno de la empresa. En la medida que ofrece un marco global de análisis, la OPT debería empezar a tenerse en cuenta aunque sólo fuera desde un punto de vista cualitativo.

Si se comparte la opinión de don Ramón Carande de que "la renuncia es la compañera de aquéllos que conocen sus propias limitaciones" se comprenderá que éstas sean las últimas palabras de mi tesis, aun siendo consciente de que  
EL FIN ES EL PRINCIPIO ...

Elena Gil

Madrid, 30 de octubre de 1990

## BIBLIOGRAFIA

- ABAD, Carlos; LEYVA, Enrique de  
(1990): Informe sobre el mercado de valores español.  
McKinsey.
- AGUIRRE RODRIGUEZ, José Antonio.  
(1986): "Los mercados de opciones".  
Revista del derecho bancario y bursátil, (marzo).  
pp. 115-143.
- ALBERT, W.A.; MCTAGGART, James, M.  
(1984): "Value Based Strategic Investment Planning"  
Interfaces, Vol. 14, N° 1 (enero-febrero).  
pp. 138-151.
- ALONSO, Javier.  
(1986): "Una introducción a los mercados de opciones".  
Información Comercial Española, (mayo).  
pp. 161-167.
- ARAGONES, José R.; PEREZ GOROSTEGUI, Eduardo.  
(1988): "El mercado de opciones".  
Actualidad Financiera, n° 11, (14-20 marzo).  
pp. 529-548.
- ARROW, Kenneth J.  
(1971): Essays in the Theory of Risk Bearing.  
Markham Publications, Chicago.
- ARTHUR ANDERSEN & Co.  
(1989): European Capital Markets: A Strategic Forecast.  
The Economist Publications (enero).
- BACHELIER, Louis.  
(1900): Theory of Speculation.  
(Traducción de la edición francesa en 1964 - Cootner)
- BALDWIN, Carliss Y.  
(1989): "Análisis de inversiones estratégicas: implicaciones  
financieras de inversiones a largo plazo".  
Cuadernos Económicos ICE, No. 42.  
pp. 109-122.

- BALDWIN, Carliss Y; MASON, Scott P.; RUBACK, R.S.  
 (1983): "Evaluation of Government Subsidies to Large Scale Energy Projects: A Contingent Claims Approach".  
Harvard Business School Working Paper,  
 pp. 83-66.
- BALLARIN, Eduard.  
 (1985): Estrategias competitivas para la banca.  
 Ed. Ariel.
- BARALLAT LOPEZ, Luis.  
 (1988): Proceso de innovación en el Sistema Financiero Español: Experiencia reciente y tendencias futuras.  
Instituto de Empresa, Madrid.
- BARWISE, Patrick; MARSH, Paul R.; WENSLEY, Robin  
 (1990): "¿Tienen que estar financiación y estrategia necesariamente reñidas"?.  
Harvard-Deusto Business Review, 2º trimestre.  
 pp. 129-136.
- BECKERS, Stan.  
 (1980): "The Constant Elasticity of Variance Model and Its Implications for Option Pricing"  
Journal of Finance, (junio)  
 pp. 661-673.
- BECKERS, Stan.  
 (1981a): "A Note on Estimating the Parameters of the Diffusion-Jump Model of Stock Returns"  
Journal of Financial and Quantitative Analysis,  
 (marzo) pp. 127-140.
- BECKERS, Stan.  
 (1981b): "Standard Deviations Implied in Options Prices as Predictors of Future Stock Prices Variability"  
Journal of Banking and Finance, (septiembre)  
 pp. 363-382.
- BECKERS, Stan; MERTON, Robert C.  
 (1976): "The Impact on Option Pricing of Specification Error in the Underlying Stock Price Returns"  
Journal of Finance, (mayo)  
 pp. 333-350.

- BEIRMAN, H.  
(1980): Strategic Financial Planning  
The Free Press, New York.
- BERGES LOBERA, Angel.  
(1984): El mercado español de capitales en un contexto  
Internacional.  
Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid.
- BERGES LOBERA, Angel.  
(1987): "Mercados de capitales: Nuevas formas de  
financiación empresarial".  
Información Comercial Española, (marzo).  
pp. 135-151.
- BLACK, Fisher.  
(1975): "Fact and Fantasy in the Use of Options"  
Financial Analysis Journal, (julio-agosto)  
pp. 36-72.
- BLACK, Fisher.  
(1976): "The Pricing of Commodity Contracts".  
Journal of Financial Economics, (diciembre).  
pp. 167-179.
- BLACK, Fisher; SCHOLES, Myron.  
(1973): "The Pricing of Options and Corporate  
Liabilities".  
Journal of Political Economy, Vol.81, No.3.  
(mayo-junio), pp. 637-659.  
(traducción en Cuadernos Económicos ICE, 32, 1986)
- BONESS, A. James.  
(1964): "Elements of a Theory of Stock-option Value"  
Journal of Political Economy, 72,  
pp. 163-175.
- BRAUDEL, Fernand.  
(1984): Civilización material, economía y capitalismo.  
Siglos XV-XVIII. Vol. 2: Los juegos del  
intercambio.  
Alianza editorial.

- BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C.  
 (1988): Fundamentos de Financiación Empresarial.  
McGraw-Hill (2ª edición).
- BRENNAN, Michael J.; SCHWARTZ, Eduardo S.  
 (1977): "Convertible Bonds: Valuation and Optimal  
 Strategies for Call and Conversion".  
The Journal of Finance, Vol. XXXIII, n° 5.  
 (diciembre)  
 pp. 1699-1715.
- BRENNAN, Michael J.; SCHWARTZ, Eduardo S.  
 (1977): "The Valuation of American Put Options".  
The Journal of Finance, Vol. XXXII, No. 2, (mayo).  
 pp. 449-462.
- BRENNAN, Michael J.; SCHWARTZ, Eduardo S.  
 (1978): "Finite Difference Methods and Jump Processing Arising  
 in the Pricing of Contingent Claims: A Synthesis".  
Journal of Financial and Quantitative Analysis,  
 (septiembre)  
 pp. 461-474.
- BRENNAN, Michael J.; SCHWARTZ, Eduardo S.  
 (1985): "Evaluating Natural Resource Investments"  
Journal of Business, Vol. 58, n° 2.  
 pp. 135-157.
- BRENNAN, Michael J.; SCHWARTZ, Eduardo S.  
 (1987): "A New Approach to Evaluating Natural Resource  
 Investments".  
The Revolution in Corporate Finance.  
 Stern y Chew ed., Basil Blackwell, N. York.  
 pp. 78-87.
- CABEZAS, Carlos José.  
 (1987): "Futuros y opciones financieros. Sus posibilidades  
 y limitaciones en el mercado español".  
Círculo de empresarios, boletín 40 (4. trimestre).  
 pp. 23-36.
- COMISION DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS  
 (1989): Informe Económico Anual 1988-1989.  
 Apuntes y Documentos Económicos, M.E.H., D.G. de  
 Previsión y Coyuntura, (enero).

- 5
- C.N.M.V.  
(1990): Informe anual 1989.  
Comisión Nacional del Mercado de Valores.
- C.N.M.V.  
(1990): Sociedades y Agencias de Valores 1989.  
Comisión Nacional del Mercado de Valores, División de  
Sujetos del Mercado.
- COOTNER, P.H., compilador.  
(1964): The Random Character of Stock Market Prices.  
Cambridge, M.I.T. Press, USA
- COPELAND, Thomas E., WESTON, J. Fred.  
(1989): Financial Theory and Corporate Policy  
Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, USA.
- COURTADON, Georges R.; MERRICK, John Jr.  
(1987): "The Option Pricing Model and the Valuation of  
Corporate Securities".  
The Revolution in Corporate Finance.  
Stern y Chew ed; Basil Blackwell, N. York.
- COX, John C.  
(1975): Notes on Option Pricing I: Constant Elasticity of  
Variance Diffusions  
(Working paper, Stanford University) Stanford  
California.
- COX, John C.; ROSS, Stephen.  
(1976): "The Valuation of Options for Alternative Stochastic  
Processes"  
Journal of Financial Economics, 3 (enero-marzo)  
pp. 145-166.
- COX, John C.; RUBINSTEIN, Mark.  
(1978): Options Markets.  
Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey  
(edición de 1985).
- COX, John C.; ROSS, Stephen A.; RUBINSTEIN, Mark.  
(1979): "Option Pricing: A Simplified Approach".  
Journal of Financial Economics, 7.  
pp. 229-263.

CUERVO, Alvaro; PAREJO GAMIR, J.A.; RODRIGUEZ SAIZ, Luis.  
 (1987): Manual de Sistema Financiero Español.  
Ariel Economía, Barcelona.

CHAMBERLAIN, Geoffrey.  
 (1982): Trading in options.  
Woodhead, Londres, (2. edición).

CHORAFAS, D.N.  
 (1966): La simulación mathématique.  
Dunod, Paris.

CHUNG, Kwang S.; SMITH II, Richard L.  
 (1987): "Product Quality, Nonsalvageable Capital  
 Investment and the Cost of Financial Leverage".  
Modern Finance and Industrial Economics.  
 Ed. Thomas E. Copeland, Basil Blackwell, N. York.  
 pp. 146-167.

DE LA DEHESA, Guillermo.  
 (1988): "Proyecto de ley de reforma del mercado de  
 valores".  
Papeles de Economía Española, n° 36.  
 pp. 224-234.

DIMSON, Elroy.  
 (1977a): "Instant Option Valuation"  
Financial Analysts Journal (mayo-junio)  
 pp.

DIMSON, Elroy.  
 (1977b): "Option Valuation Nomograms"  
Financial Analysts Journal (noviembre-diciembre)  
 pp.

DUFEY, Gunter; GIDDY, Ian H.  
 (1986): "La innovación en los mercados financieros  
 internacionales".  
Información Comercial Española, (enero).  
 pp. 17-33.

EMANUEL, David C.  
 (1983): "Warrant Valuation and Exercise Strategy"  
Journal of Financial Economics Vol. XII, n° 2.  
 (agosto)  
 pp.: 211-235.

ESTEBAN, Jesús.

(1989): "Opciones: más que un mercado".  
Cuadernos económicos de ICE, n° 42.  
pp. 53-75.

EUROMONEY.

(1986a): "Caps & Options: The Dangerous New Protection  
Racket" (marzo).  
pp. 26-40.

EUROMONEY.

(1986b): "Futures and Options". Suplemento monográfico,  
(octubre).

EUROMONEY

(1987): A Guide to Financial Instruments.

FISHER, Stanley.

(1975): "The Demand for Index Bonds".  
Journal of Political Economy, 83 (junio).  
pp. 509-534.

FLEMING, W.; RISHEL, R.

(1975): Deterministic and Stochastic Optimal Control  
Springer-Verlag, Nueva York.

FRUHAN, W.E., Jr.

(1979): Financial Strategy: Studies in the Creation,  
Transfer and Destruction of Shareholder Value.  
Richard D. Irwin, Inc.  
Homewood, Illinois.

GALAI, Dan.

(1977): "Characterization of Options".  
Journal of Banking and Finance, Vol.1, No. 4.  
(diciembre). pp. 373-385.

GALAI, Dan.

(1978): "Empirical Tests of Boundary Conditions for CBOE  
Options".  
Journal of Financial Economics, (junio-septiembre).  
pp. 187-211.

- GALAI, Dan,; MASULIS, Ronald W.  
 (1976): "The Options Pricing Model and the Risk Factor of Stock"  
Journal of Financial Economics, 3, números 1-2  
 (enero-marzo).  
 pp. 55-81.
- GALAI, Dan; SCHNELLER, Meir I.  
 (1978): "Pricing of Warrants and the Value of the Firm".  
The Journal of Finance Vol. XXXIII, n° 3.  
 (diciembre).  
 pp. 1333-1342.
- GARCIA HERMOSO, José M.; UBIRIA ZUBIZARRETA, Sebastián.  
 (1990): "Reforma y transformación del mercado de valores".  
Papeles de Economía Española, n° 44  
 pp. 134-150.
- GARCIA VAQUERO, Victor; GUTIERREZ, Fernando.  
 (1990): "Evolución reciente del mercado bursátil.  
 Desarrollo y resultados de la reforma".  
Boletín Económico del Banco de España (marzo).  
 pp. 13-28.
- GARMAN, Mark B.; KLASS, Michael J.  
 (1980): "On the Estimation of Security Price Volatilities from  
 Historical Data".  
Journal of Business, (enero).  
 pp. 67-78.
- GESKE, Robert  
 (1977): "The Valuation of Corporate Liabilities as Compound  
 Options".  
Journal of Financial and Quantitative Analysis, 12  
 pp. 541-552.
- GESKE, Robert.  
 (1979a): "The Valuation of Compound Options"  
Journal of Financial Economics, 7 (marzo).  
 pp. 63-81.
- GESKE, Robert.  
 (1979b): "A Note on an Analytical Valuation Formula for  
 Unprotected American Call Options on Stocks with Known  
 Dividends"  
Journal of Financial Economics, (diciembre).  
 pp. 375-380.

GESKE, Robert.

(1981): "Comments on Whaley's Note"  
Journal of Financial Economics, (junio).  
pp. 213-215.

GESKE, Robert; JOHNSON, Harry.

(1982): The American Put Valued Analytically.  
Working paper 17-82. Graduate School of Management  
University of California, Los Angeles (agosto).

GESKE, Robert; SHASTRI, Kuldeep.

(1983): "The Early Exercise of American Puts".  
The Journal of Banking and Finance.

GIL GARCIA, Elena

(1988): Estrategias de inversión con opciones.  
Documento de trabajo 30.  
Facultad CC. EP. y EE.  
Universidad Complutense de Madrid.

GIL GARCIA, Elena

(1990): "Relaciones básicas entre opciones financieras".  
Actualidad Financiera, n° 38 (octubre).  
pp. 2297-2337.

GIL PELAEZ, Lorenzo.

(1987): "Análisis económico-financiero de las operaciones  
bursátiles".  
Curso de introducción a bolsa.  
Bolsa de Madrid. Instituto Español de Analistas de  
Inversiones.  
pp. 341-390.

GOULD, John P.; GALAI, Dan.

(1974): "Transaction Costs and The Relationship Between Put  
and Call Prices".  
Journal of Financial Economics, No. 1, (julio).  
pp. 105-130.

GLADSTEIN; MERTON, Robert; SCHOLES, Myron.

(1982): "The Returns and Risks of Alternate Put Option  
Portfolio Investment Strategies".  
Journal of Business, Vol.55, No.1, (enero).  
pp. 1-55.

- HAYES, Robert H. y ABERNATHY, William J.  
(1980): "Managing our Way to Economic Decline".  
Harvard Business Review, (julio-agosto).  
pp. 67-77.
- HAYES, Robert H.; GARVIN, David  
(1982): "Managing as if Tomorrow Mattered".  
Harvard Business Review (mayo-junio).  
pp. 70-79.
- HAYES, Robert H.; WHEELWRIGHT, Steven C.  
(1984): Restoring our competitive edge.  
Competing through manufacturing.  
John Wiley & Sons.
- HERTZ, David B.  
(1964): "Risk Analysis in Capital Investment".  
Harvard Business Review (enero-febrero).  
pp. 95-106.
- HUANG, Stanley S.C.; RANDALL, Maury R.  
(1987): Investment: Analysis and Management.  
(2nd edition), Allyn and Bacon, Inc. Massachusetts,  
USA.
- INGERSOLL, Jonathan E.  
(1987): Theory of Financial Decision Making  
Rowman & Littlefield Publishers.  
New Jersey, USA.
- IRANZO, Juan E.  
(1988): "Presente y futuro de las bolsas españolas".  
Papeles de Economía Española, nº 36.  
pp. 250-261.
- JARROW, Robert A.; OLDFIELD, G.  
(1981): "Forward Contracts and Future Contracts".  
Journal of Financial Economics, (diciembre).  
pp. 373-382.
- JARROW, Robert A.; RUDD, Andrew.  
(1982): "Valuation for Arbitrary Stochastic Processes".  
Journal of Financial Economics, (noviembre).  
pp. 347-369.

- JARROW, Robert A.; RUDD, Andrew.  
 (1983): Option Pricing.  
 Richard D. Irwing Inc. Homewood, Illinois, USA.
- JENSEN, Michael C.; MECKLING, W.H.  
 (1976): "Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Cost  
 and Capital Structure".  
Journal of Financial Economics, 3 (octubre).  
 pp. 305-360.
- JENSEN, Michael C.; SMITH, Clifford W. Jr.  
 (1984): The Modern Theory of Corporate Finance  
 Mc Graw-Hill Series in Finance.
- JOHNSON, Gerry; SCHOLLES, Kevan.  
 (1988): Exploring Corporate Strategy  
 Prentice Hall, Cambridge, G. Britain.  
 (2ª edición).
- JONES, E. Philip; MASON, Scott P.; ROSENFELD, Eric.  
 (1984): "Contingent Claims Analysis of Corporate Capital  
 Structures: an Empirical Investigation".  
The Journal of Finance, Vol. 39, n° 3 (julio).  
 pp. 611-625.
- KALAY, Avner.  
 (1982): "The Ex-dividend Day Behaviour of Stock Prices: A  
 Re-examination of the Clientele Effect".  
The Journal of Finance, No.4, Vol. XXXVII (septiembre)  
 pp. 1059-1070.
- KENSINGER, J.  
 (1980): "Project Abandonment as a Put Option: Dealing with  
 the Capital Investment Decision and Operating Risk  
 Using Option Pricing Theory".  
Working Paper 80-121 Edwin L. Cox. School of Business,  
 Southern Methodist University.
- KESTER, W. Carl.  
 (1984): "Today's Options for Tomorrow's Growth"  
Harvard Business Review, (marzo-abril).  
 pp. 153-160.

- KESTER, W. Carl.  
 (1987): "An Options Approach to Corporate Finance".  
Handbook in Corporate Finance.  
 Edward Altman John-Wiley and sons.  
 New York.  
 pp. 5.3-35.
- KEYNES, John Maynard.  
 (1936): Teoría General.  
 Fondo Cultura Económica (1981), Madrid.
- KLEMOSKY, Robert C.; RESNICK, Bruce G.  
 (1979): "Put-Call Parity and Market Efficiency".  
The Journal of Finance, No. 5, Vol. XXXIV (diciembre)  
 p.p. 1141-1144.
- LATANE, Henry A.; RENDLEMAN, Richard Jr.  
 (1976): "Standard Deviations of Stock Price Ratios Implied in  
 Option Prices".  
The Journal of Finance, Vol. XXXI, No. 2 (mayo).  
 pp. 369-381.
- LEIBOWITZ, Martin L.; KALOTAY, Andrew J.  
 (1985): "Valuation of Corporate Securities: Applications  
 of Contingent Claims Analysis".  
Recent Advances in Corporate Finance.  
 Edward I. Altman, Mart G. Subrahmanyam.  
 Ed. Richard D. Irwin, Homewood, Illinois, USA.
- LEWIS, M.K.; DAVIS, K.T.  
 (1987): Domestic & International Banking.  
 Phillip Allan, Oxford, G. Bretaña.
- LONG, Michael; MALITZ, Ileen.  
 (1987): "The Investment-Financing Nexus: Some Empirical  
 Evidence".  
The Revolution in Corporate Finance.  
 Stern y Chew Ed. Basil Blackwell, N. York.  
 pp. 112-118.
- LOPEZ PASCUAL, Joaquín.  
 (1989): La reforma del mercado de valores.  
 Corporación financiera Caja de Madrid (octubre).
- LORIE, J.H.; SAVAGE, L.J.  
 (1955): "Three Problems in Rationing Capital"  
Journal of Business, (octubre).  
 pp.: 229-239.

- LOVETT, Paul D.  
 (1989): "Cuatro directrices para un plan eficaz"  
Harvard-Deusto Business Review  
 3<sup>o</sup> trimestre  
 pp.: 29-36.
- MACBETH, James D.; MERVILLE, Larry J.  
 (1980): "Tests of the Black-Scholes and Cox Call Option  
 Valuation Models"  
The Journal of Finance, (mayo)  
 pp. 285-301.
- MAJD, Saman; PINDYCK, Robert C.  
 (1987): "Time to Build, Option Value, and Investment  
 Decisions".  
Journal of Financial Economic, 18.  
 pp. 7-27.
- MALPAS, Robert  
 (1983): "The Plan After Next"  
Harvard Business Review  
 (julio-agosto).  
 pp. 122-130.
- MALLIARIS, A.G.; BROCK, W.A.  
 (1982): Stochastic methods in economics and finance.  
 Bliss e Intriligator editores, Elsevier Scienc  
 Publishers B.V., North-Holland, Amsterdam.
- MARGRABE, William.  
 (1978): "The Value of an Option to Exchange one Asset for  
 Another".  
The Journal of Finance, Vol. XXXIII, n° 1 (marzo).  
 pp. 177-186.
- MASON, Scott P.; MERTON, Robert C.  
 (1985): "The Role of Contingent Claims Analysis in  
 Corporate Finance".  
Recent Advances in Corporate Finance.  
 Altman, Edward I.; Subrahmanyam, Marti G.  
 Ed. Richard D. Irwin, Homewood, Illinois, USA.  
 pp. 7-54.
- MATEOS, Petra.  
 (1988): "La reforma del mercado de valores: el punto de  
 vista del gran inversor".  
 Ponencia presentada en APD (no publicada) en la  
Jornadas sobre el proyecto de Ley del mercado de  
 valores (febrero).

- McDONALD, Robert L.; SIEGEL, Daniel R.  
(1985): "Investment and the Valuation of Firms when there is an Option to Shut Down".  
International Economic Review, Vol. 26, n° 2 (junio)  
pp. 331-349.
- McDONALD, Robert; SIEGEL, Daniel.  
(1986): "The Value of Waiting to Invest".  
The Quarterly Journal of Economics (noviembre).  
pp. 707-727.
- MECHLIN George, BERG, Daniel  
(1986): "Evaluating Research. ROI is not enough"  
Harvard Business Review  
(septiembre-octubre).  
pp. 93-99.
- MERTON, Robert C.  
(1973a): "The Relationship Between Put and Call Option prices: Comment".  
The Journal of Finance, Vol. XXVIII, No. 1 (marzo).  
pp. 183-184.
- MERTON, Robert C.  
(1973b): "Theory of Rational Option Pricing"  
The Bell Journal of Economics and Management Science.  
Vol. 4, primavera.  
pp. 141-183.  
(Traducido en Cuadernos Económicos ICE n° 32, 1986/1,  
pp. 51-97).
- MERTON, Robert C.  
(1973c): "An Intertemporal Capital Asset Pricing Model".  
Econometrica, Vol 41, n° 5 (septiembre).  
pp. 867-887.
- MERTON, Robert C.  
(1974): "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates".  
Journal of Finance (mayo)  
pp. 449-470.
- MERTON, Robert C.:  
(1976): "Option Pricing When Underlying Stock Returns Are Discontinuous".  
Journal of Financial Economics, (mayo)  
pp. 125-144.

- MERTON, Robert C.:  
 (1977): "On the Pricing of Contingent Claims and the Modigliani-Miller Theorem".  
Journal of Financial Economics, 5 (noviembre)  
 pp. 241-250.
- MERTON, Robert C.; SAMUELSON, Paul A.  
 (1974): "Fallacy of the Log-normal Approximation of Optimal Portfolio Decision-Making over Many Periods".  
Journal of Financial Economics, (enero)  
 pp. 67-94.
- MILLER, M.H.; MODIGLIANI, Franco.  
 (1961): "Dividend Policy, Growth and the Valuation of Shares".  
Journal of Business, 34.  
 pp. 411-433.
- MODIGLIANI, Franco; MILLER, Merton  
 (1958): "The cost of Capital Corporation Finance and the Theory of Investment".  
American Economic Review, 48 (junio).  
 pp. 261-297.
- MULLINS, David W.Jr.  
 (1982): "Does The Capital Asset Pricing Model Work?"  
Harvard Business Review, (enero-febrero).  
 pp 105-114.
- MYERS, Stewart C.  
 (1977): "Determinants of Corporate Borrowing"  
Journal of Financial Economics, 5  
 pp. 147-175.
- MYERS, Stewart C.  
 (1984): "Finance Theory and Financial Strategy".  
Interfaces 14, 1, (enero-febrero).  
 pp. 126-137.
- MYERS, Stewart C.; MAJD, Saman.  
 (1983): "Calculating Abandonment Value Using Option Pricing Theory".  
Working paper, Alfred P. Sloan School of Management, M I T.  
 Traducido en Cuadernos Económicos ICE, n° 32, 1986/1,  
 pp. 153-170.

- NIETO CAROL, M<sup>a</sup> Jesús.  
 (1988): "Planteamientos operativos de los contratos de opciones sobre instrumentos financieros: el caso de las opciones sobre divisas".  
Actualidad Financiera, n<sup>o</sup> 26, (27 junio - 3 julio).  
 pp. 1265-1281.
- ONTIVEROS, Emilio.  
 (1987): "El proceso de innovación en los mercados financieros internacionales".  
Papeles de Economía Española, No.32.  
 pp. 194-226.
- ORTEGA, Raimundo.  
 (1990): "La reforma del mercado de valores".  
Papeles de Economía Española, n<sup>o</sup> 44.  
 pp. 151-163.
- PADDOCK, J.L.; SIEGEL, Daniel; SMITH, J.L.  
 (1983): "Option Valuation of Claims on Physical Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases".  
Working paper, MIT, Energy Laboratory, Cambridge, Massachusetts.
- PARKINSON, Michael.  
 (1977): "Option Pricing: The American Put".  
Journal of Business, (enero)  
 pp. 21-36.
- PORTER, Michael E.  
 (1980): Estrategia competitiva.  
 CECSA, México (5<sup>a</sup> impresión).
- PREST, Michael.  
 (1988): "Futures & Options: Keep your shirt on".  
The Banker, (febrero).  
 pp. 30-33.
- RENDLEMAN, Richard J.; BARTTER, Brit J.  
 (1979): "Two-Stage Option Pricing".  
The Journal of Finance, Vol. XXXIV, No. 5 (diciembre)  
 pp. 1093-1110.
- RIOS, Sixto  
 (1976): Métodos estadísticos  
 Ediciones del Castillo, Madrid.

- ROBICHEK, A; VAN HORNE, James.  
 (1967): "Abandonment Value and Capital Budgeting".  
Journal of Finance, (diciembre),  
 pp. 577-590.
- ROLL, Richard.  
 (1977): "A Critique of the Asset Pricing Theory's Tests;  
 Part 1: On Past and Potencial Testability of t  
 Theory".  
Journal of Financial Economics, 4 (marzo)  
 pp. 129-176
- ROLL, Richard.  
 (1977): "An Analytic Valuation Formula for Unprotected  
 American Call Option On Stocks with Known  
 Dividends".  
Journal of Financial Economics, 5, (noviembre).  
 pp. 251-258.
- ROLL, Richard; ROSS, Stephen A.  
 (1980): "An Empirical Investigation of the Arbitrage  
 Pricing Theory".  
Journal of Finance, 35 (diciembre)  
 pp.: 1073-1103.
- ROSS, Stephen A.  
 (1976): "The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing"  
Journal of Economic Theory, 13 (diciembre).  
 pp. 341-360.
- RUBINSTEIN, Mark  
 (1981): Displaced Diffusion Option Pricing.  
 Working Paper No. 118, School of Busine  
 Administration, University of California, Berkele  
 (noviembre).
- RUBINSTEIN, Mark; COX, John C.  
 (1978): Options Markets.  
 Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- RUDD, Andrew; CLASING, Henry Jr.  
 (1982): Modern Portfolio Theory: The Principles of Investment  
 Management.  
 Homewood, Ill.: Dow Jones-Irwin.

- RUIZ, Felipe  
 (1986): "Aplicación de la teoría de valoración de opciones a las finanzas de empresa".  
Cuadernos Económicos de ICE, n° 32  
 pp. 7-31.
- SALTER, M.S; WEINHOLD, W.A.  
 (1979): Diversification Through Acquisition  
 The Free Press, New York.
- SAMUELSON, Paul A.  
 (1965): "Rational Theory of Warrant Pricing"  
Industrial Management Review, 6  
 pp. 13-31.
- SHARPE, William F.  
 (1985): Investments.  
 Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.  
 (3ª edición).
- SHARPE, William F.; COOPER, G.M.  
 (1972): "Risk-Return Classes of New Stock Exchange Common Stocks, 1931-1967".  
Financial Analysts Journal, 28 (marzo-abril)  
 pp. 46-54.
- SIEGEL, Daniel R.  
 (1990): Innovation and Technology in the Markets.  
 Probus Publishing Company, Chicago, Illinois.  
 pp. 151-163.
- SMITH, Clifford W. Jr.  
 (1976): "Option Pricing: A Review"  
Journal of Financial Economics, 3  
 pp. 3-51.
- SMITH, Clifford W. Jr.  
 (1979): "Applications of Option Pricing Analysis"  
Handbook of Financial Economics  
 J.L. Bicksler editor, North-Holland Publishing Co.  
 pp. 80-121.  
 (existe traducción en Cuadernos Económicos de ICE, n°  
 32, 1986/1)

<LE, Case M.

- 1): Warrant prices as indicators of expectations and preferences  
(Incluido en Cootner, P. ed. (1964)  
pp. 412-474.

, William F.

- ) : "Test of Two Models for Valuing Call Options on Stocks with Dividends"  
Journal of Finance, (diciembre)  
pp. 1229-1237.

NIN, G.

- ) : "El mercado de opciones".  
Papeles de Economía Española, Suplementos sobre el Sistema Financiero, No. 10. pp. 33-58.

M, Marcia.

- ) : The Money Market: Myth, Reality And Practice.  
Homewood, Ill.: Dow Jones-Irwin.

„ Hans R.

- ) : "The Relationship Between Put and Call Option Prices".  
The Journal of Finance, No. 5, Vol.. XXIV (diciembre).  
pp. 801-824.

), Hans R.

- ) : "The Relationship Between Put and Call Option Prices: Reply".  
The Journal of Finance, Vol. XXVIII, No.1, (marzo).  
pp. 185-187.

PER, Wolfgang F.

- 3): "Joseph Alois Schumpeter. Una visión personal".  
Papeles de Economía Española, n° 17  
pp. 120-132.

Z, René M.

- 2): "Options on the Minimum or the Maximum of Two Risky Assets".  
Journal of Financial Economics, Vol. 10, N° 2 (julio).  
pp. 161-165.

SUAREZ SUAREZ, Andrés.

- (1987): Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa.  
Ed. Pirámide, Madrid, (8ª edición).

SUBHMANYAM, Marti G.

- (1984): "The Ex-Dividend Day Behaviour or Option Prices".  
Journal of Business, Vol.57, no. 1.  
pp. 113-128.

TERCEIRO, José B.

- (1988): "Estudio sobre el mercado de valores".  
Papeles de Economía Española, nº 36.  
pp. 235-249.

THE ECONOMIST

- (1987): "This is the age of option"  
The Economist, (25 julio)  
pp. 63-64

TOBIN, James.

- (1984): "On the Efficiency of the Financial System".  
Lloyds Bank Review, 153, (julio).  
pp. 1-15.  
(citado por Davis y Lewis, 1987: 30).

TORRERO, Antonio.

- (1989): Estudios sobre el Sistema Financiero.  
Espasa Calpe, Biblioteca de Economía, Serie Estudios  
Madrid.

UGARTE PASTOR, Josu.

- (1987): "Futuros y Opciones Financieras".  
Boletín de Estudios Económicos, Vol. XLII, No. 132,  
(diciembre).  
pp. 523-551.

VALERO LOPEZ, Francisco José.

- (1987a): "Principales mercados europeos de opciones y futuros  
financieros (I y II)".  
Actualidad Financiera, No. 12 y 13, (marzo).  
pp. 585-600 y 641-653.

VALERO LOPEZ, Francisco José.  
(1987b): "Inversiones españolas en el exterior: una regulación innovadora".  
Actualidad Financiera, No. 36, (28 sept.-4 oct.).  
pp. 1797-1810.

VALERO LOPEZ, Francisco José.  
(1988): Opciones en Instrumentos Financieros.  
Ariel Economía/gesmosa, Barcelona.

VAN HORNE, James C.  
(1980): Financial Management and Policy  
Prentice-Hall (5ª edición).

WHALEY, Robert E.  
(1981): "On the Valuation of American Call Options on Stocks  
with Known Dividends"  
Journal of Financial Economics (junio)  
pp. 207-211

WHALEY, Robert E.  
(1982): "Valuation of American Call Options on Dividend-Paying  
Stocks: Empirical Tests"  
Journal of Financial Economics (marzo)  
pp. 29-58.