

OPCIONES REALES PARA LAS DECISIONES DE INVERSIÓN: ASPECTOS INTRODUCTIVOS*

*Jaime H. Sierra G.***

*Cientos de colinas
Miles de arces carmín
y un solo arroyo.*

Shiki

* Este documento es, parcialmente, producto de la investigación en curso sobre *La propiedad y el control en las estrategias de internacionalización de las empresas colombianas*, financiada por la Pontificia Universidad Javeriana. Ha sido utilizado como material de apoyo en cursos de diplomado desarrollados para Educación Continua de la Pontificia Universidad Javeriana.

** Master in Economics of the Internationalisation of Business and Finance de la Università di Roma Tor Vergata (Italia), 1999; Magíster en Economía de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, Colombia), 1996; Especialista en Relaciones Internacionales en la Academia Diplomática de San Carlos del Ministerio de Relaciones Exteriores de Colombia, 1993; Licenciado en Ciencias de la Educación con especialidad en Español e Inglés de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, 1989. Profesor investigador del Departamento de Administración de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Pontificia Universidad Javeriana, coordinador del Núcleo de Negocios Internacionales, y codirector del Grupo de Investigación *Conocimiento, innovación y Competitividad (CINNCO)*, reconocido por Colciencias. Par Académico reconocido por Colciencias. Ha presentado seminarios en diversos programas de especialización en universidades del país y en el programa de Educación Continua de la Pontificia Universidad Javeriana. Correo electrónico: jhsierra@javeriana.edu.co

La toma de decisiones y los proyectos de inversión

Existen diversos modelos de toma de decisiones. Los más populares, según A. Buckley (1998),²⁵ son el racional, el de racionalidad limitada, el político y el modelo “de la caneca de basura”. Tales modelos difieren, a veces radicalmente, en términos de sus protagonistas, fases, métodos, elementos y características, pero se puede afirmar que son válidos en contextos (empresas) y en situaciones diferentes y que incluso pueden emplearse dentro de una misma empresa alternativamente en el tiempo.²⁶

Sin embargo, el factor fundamental en este caso es la consistencia de uno de estos modelos de toma de decisiones frente a un proyecto de inversión y los objetivos que la empresa persigue con tal proyecto. Si se asume que un proyecto de inversión es importante para la empresa y que, por ende, exige cierta programación, es decir, forma parte de la estrategia corporativa y no se trata de una acción emprendida a partir de la regla empírica de prueba y error, resulta coherente la búsqueda de unos criterios normativos que se ubiquen en la base del proceso decisorio, aun cuando tales criterios puedan relajarse durante la fase de implementación de la estrategia.

Dicho de otra manera, si bien se da por sentado que un proyecto de inversión coincide objetivamente con la búsqueda de llevar al máximo el valor presente de la empresa, es posible que, dada la incertidumbre que normalmente existe en torno a una inversión:

²⁵ Buckley (1998) describe las principales características de cada uno en la introducción de su obra (pp. 19-27).

²⁶ Buckley (1998) y otros autores por él citados sugieren, por ejemplo, que el modelo racional se ajusta mejor a las decisiones rutinarias, mientras el modelo de racionalidad limitada es más adecuado para las decisiones no programadas y más complejas. Además, las organizaciones (empresas) pueden encontrarse en situaciones radicalmente diferentes en diferentes momentos en el tiempo: desde situaciones problemáticas y ambiguas para la toma de decisiones (donde se ajusta

“... La firma no apunte a la solución perfecta, sino que busque un objetivo ligeramente inferior a la utilidad o al valor presente máximos [*a satisficing solution*]. Es decir, que se conforme con un resultado satisfactorio que llene en parte las expectativas de quienes tienen intereses en juego en la empresa. En tal contexto, aunque los criterios normativos pueden ser adecuados, los jugadores que hacen parte de la empresa aceptan complacidos una solución inferior al óptimo normativo”. (Buckley, 1998; 27)

Los proyectos de inversión de una empresa involucran la toma de ciertas decisiones respaldadas por unos procesos y unas herramientas específicas. La primera decisión tiene que ver con la realización del proyecto mismo. En caso de que la respuesta sea positiva, es necesario emprender unos acciones que le permitan a la empresa formular la estrategia adecuada. Por último, hay que decidir sobre los tiempos de implementación de tal estrategia, ya que la empresa puede manejar, al menos, tres opciones: retardar, abandonar y prolongar el proyecto.

De hecho, las opciones estratégicas, es decir, las oportunidades futuras engendradas por las inversiones presentes usualmente no son consideradas en los procesos de delimitación (*framing*) y estructuración de los problemas de decisión en las organizaciones. En este contexto, las decisiones de presupuestación de capital adquieren un carácter fundamental en las estrategias organizacionales, como la internacionalización de una empresa, y es posible y deseable abordarlas desde la perspectiva de las opciones reales por las razones expuestas más adelante.

mejor el modelo “de la caneca de basura”) hasta situaciones de conflicto interno debido a la defensa

Los proyectos de inversión desde la perspectiva de las opciones reales (OR)

Para empezar, una opción real (OR) consiste en *el derecho mas no la obligación de emprender una acción*, como postergar, expandir, contratar o abandonar, a un costo predeterminado —que se denomina *costo de ejercicio*— y durante un período determinado —que es la vida de la opción—. Las OR involucran seis variables fundamentales, aunque no se descarta que se presenten más para el análisis:

- El valor del activo riesgoso subyacente, es decir, el valor del proyecto, en nuestro caso es el valor presente de los flujos de caja esperados del proyecto de inversión.
- El precio de ejercicio, o sea, la cantidad de dinero que se invierte para ejercer la opción (en el caso de las opciones de compra) o que se recibe (en el caso de una opción de venta) y que, en nuestro caso, son los costos sumergidos.
- El tiempo de expiración de la opción, cuya prolongación hace aumentar el valor de la opción misma, que no es más que el tiempo de espera durante el cual la oportunidad de inversión en el proyecto es válida.
- La desviación estándar del valor del activo riesgoso subyacente. El valor de la opción aumenta con el riesgo del activo subyacente, ya que el valor pagado por la opción de compra depende del exceso del precio del activo sobre el precio de ejercicio, y la probabilidad de tal evento se incrementa al aumentar la volatilidad del activo subyacente. En nuestro caso se trata del riesgo que incumbe sobre el proyecto de inversión.

oportunista de intereses particulares contrapuestos (donde se opera según el modelo político).

- La tasa de interés libre de riesgo sobre la vida de la opción, cuyo incremento hace que aumente el valor de la opción. En nuestro caso, asimilable al retorno de un título libre de riesgo con un período de madurez equivalente a la duración de la opción.
- Los dividendos que se pueden llegar a pagar por el subyacente, es decir, los flujos de caja entrantes o salientes durante la vida, o sea, los costos de preservar la opción del proyecto de inversión o bien los flujos de caja perdidos cuando un competidor toma la delantera en el ejercicio de la opción (si no existe un derecho monopolístico sobre ésta).

Aquí vale la pena examinar una propuesta específica relacionada con el riesgo y la aplicabilidad misma de las OR. En efecto, Amram y Kulatilaka sugieren que las OR son “un subconjunto de las opciones estratégicas en las que la decisión de ejercicio [de la opción] está fuertemente determinada por el riesgo valorado a precios de mercado (*market-priced risk*)” (2000; 10), es decir, por un riesgo que se pueda capturar en el valor de un título comercial. Ello implica que hay riesgos que no se pueden capturar en las fluctuaciones de los precios de tales títulos de valor, los cuales se conocen como riesgos privados (*private risk*).

¿Cuál es la diferencia? Los activos que exhiben un riesgo valorado a precios de mercado están asociados con un conjunto de oportunidades relativamente más amplio —en comparación con los activos sujetos a riesgos privados— que permiten adquirir, reducir o volver a evaluar el riesgo mediante una posición en títulos de valor comerciales. Dicho de otra forma, las OR son viables cuando el riesgo del subyacente puede ser valorado en términos del mercado. Cuando el riesgo es privado, el análisis de opciones reales (AOR) no ofrece alternativas novedosas distintas de las que pueden brindar otros enfoques.

¿Qué tipos de opciones reales existen?

La taxonomía de las OR incluye:

- Opciones de compra (*call*): opción de retardar el inicio de un proyecto (*Deferral*), opción de expandir un proyecto (*option to expand*) y opción de prolongar la vida de un proyecto (*option to extend*).
- Opciones de venta (*put*): opción de abandonar un proyecto (*option to abandon*) y opción de vender una fracción de un proyecto (*option to contract or scale back*).

Algunos conceptos de las opciones financieras resultan más complejos de adaptar a las oportunidades de inversión en los mercados reales. Las *switching options* son portafolios de opciones estadounidenses de compra y venta (las opciones que se pueden ejercer en cualquier momento se denominan *opciones americanas*, mientras las que se pueden ejercer solamente en la fecha de vencimiento se denominan *opciones europeas*), que le permiten al propietario intercambiar (*switch*) entre dos modos de operación pagando unos costos fijos. También existen opciones sobre opciones (como los proyectos de inversión por fases) y se denominan *opciones compuestas* (*compound options*). Por último, cuando las opciones resultan afectadas por múltiples fuentes de incertidumbre, se habla de *rainbow options*. En realidad, muchas de las aplicaciones exigen la creación de modelos de opciones *rainbow* compuestas, debido a la complejidad de los proyectos reales.

En el caso de las opciones tanto de compra como de venta, según el caso, el beneficio de la opción es la diferencia entre el valor del activo subyacente y el precio de ejercicio. Si el primero es mayor que el segundo, es decir, si hay un beneficio inmediato, se dice que la opción es del tipo *in-the-money*; pero si el precio del subyacente es menor que el precio de ejercicio de la opción, esto es, no hay beneficio inmediato, se trata de una opción *out-of-the-money*. En caso de que el precio del subyacente iguale al precio de ejercicio de la opción, la posición se declara *at-the-money* (Copeland y Antikarov, 2001). Existen otras

clasificaciones que incluyen algunas variaciones respecto a la presente, como la presentada por Trigeorgis (1996; 10-14).

Desde esta perspectiva, las opciones de retardar, abandonar y prolongar en el tiempo un proyecto (sin excluir la posibilidad de expandir o vender fracciones del mismo) son de obligatoria consideración antes de la ejecución de las estrategias de internacionalización de las actividades de las empresas y durante este proceso. En efecto, la incertidumbre que suele caracterizar a este tipo de proyectos y que se debe a las condiciones variables del entorno se enfrenta mejor cuando se tiene más de una opción como alternativa, a diferencia de la evaluación de proyectos, que arroja resultados simplemente en términos de SÍ/NO.

El mecanismo básico de las OR: tres ejemplos

Tales y las prensas de olivas

El ejemplo más antiguo de que se tiene noticia en relación con el uso de los contratos de opciones proviene de la antigüedad clásica. Veamos si podemos identificar las variables en este caso. Según Aristóteles, Tales, el filósofo sofista que vivió en la isla mediterránea de Mileto, leía las hojas de té y en una ocasión interpretó los resultados de su lectura como la predicción de una abundantísima cosecha de olivas para el año que corría. Así que Tales tomó los ahorros de toda su vida, que por cierto no eran muchos, y se fue a negociar con los propietarios de las prensas de olivas para hacerse a los derechos de alquilar las prensas al precio usual durante la época de la cosecha, a cambio de sus ahorros. Al final, la cosecha excedió efectivamente todas las expectativas y cuando los cultivadores de olivas corrieron a las prensas para extraer el aceite, Tales los estaba esperando. En efecto, nuestro filósofo pagó a los dueños de las prensas el monto usual del alquiler, según el contrato que habían hecho, y cobró a los productores el precio de mercado —mucho más alto— por el uso de las prensas que tenían una gran demanda, debido a las características de la cosecha. Así fue como Tales se hizo a una gran fortuna y probó definitivamente la sabiduría de los sofistas.

¿Cuáles son las variables que permiten analizar este caso según el análisis de las OR?²⁷ Si identificó correctamente los elementos del problema, ha hecho su ingreso al mundo de las OR con una buena probabilidad de éxito. Veamos qué tan afinadas están sus habilidades.

¿El banco o el marranito?

Usted puede comprarse una alcancía y ahorrar cien pesos, con la garantía de que al final del año obtendrá \$100,5 con toda seguridad. La oferta vale por un año. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la tasa de interés de captación de los bancos está en el 10% en el momento de comprar la alcancía. Según usted, ¿cuánto vale la alternativa de la alcancía?

¡Aseguradores asegurados!

A finales de la década de los sesenta, las tasas de interés eran muy bajas y se habían mantenido así por un período prolongado. Las compañías de seguros de vida de los Estados Unidos, en una cláusula que incorporaba las políticas vigentes, garantizaban a los propietarios de las pólizas el derecho de tomar préstamos contra el valor en efectivo de la póliza a una tasa de interés fija, digamos un 9%, durante el período de vigencia de la póliza. Las bajas tasas de interés, aproximadamente del 3% o 4%, daban a la cláusula mencionada un valor casi nulo. Sin embargo, la vida de la opción era bastante prolongada para algunos tenedores de pólizas. Por ejemplo, ¿qué valor podría haber tenido una opción a cincuenta años sobre las tasa de interés para un asegurado de 22 años con una expectativa de vida de cincuenta años? Piénsese, por ejemplo, en que las tasas de interés de los bonos del Tesoro alcanzaron los 18 puntos a comienzos de los años ochenta. En efecto, millones de asegurados ejercieron la opción y prácticamente llevaron a la bancarrota a varias empresas aseguradoras. ¿Puede identificar usted los mecanismos del juego?

²⁷ Veá las respuestas en el Apéndice 2.

¿Cuándo es propicio usar las opciones reales?

El enfoque del valor de una opción como método y herramienta para la toma de decisiones sobre la asignación de recursos, y en el caso de los proyectos de internacionalización particularmente, tiene una relevancia indiscutible ya que, como lo afirman Copeland y Antikarov:

“Las opciones reales adquieren una importancia inigualable cuando concurren tres factores. Cuando el grado de incertidumbre es alto y cuando los gerentes tienen la flexibilidad necesaria para responder a la incertidumbre [...] El valor de las opciones reales respecto al valor presente neto (VPN) es alto cuando el VPN es cercano a cero. Cuando se toman decisiones difíciles —es decir, cuando el VPN es cercano a cero— el valor adicional de la flexibilidad hace la gran diferencia”. (2001; 13-15)

Entonces se puede decir, genéricamente, que el método del VPN es un caso especial de las OR que se usa cuando no se considera la incertidumbre en el proceso de toma de decisiones y cuyo resultado es simplemente una decisión de viabilidad o inviabilidad (*go/no go decision*).²⁸ Ésta es la principal diferencia entre estos dos métodos de evaluación de los proyectos de internacionalización de las empresas: mientras el VPN indica simplemente si el proyecto es económicamente viable o no en un momento discreto del horizonte temporal, el uso de las OR proporciona alternativas flexibles que no exigen la realización inmediata o la cancelación del proyecto como únicas respuestas.

Adicionalmente, el tipo de flexibilidad más importante generado por las OR tiene que ver con lo que Leslie y Michaels (1997) llaman la flexibilidad proactiva, que ofrece un retorno mayor, pues tiene que ver con la posibilidad de incrementar el valor de la opción una vez adquirida. Este tipo de flexibilidad se basa fundamentalmente en el uso que puede

²⁸ Véase Copeland y Antikarov (2001), capítulo 3, para una explicación detallada.

hacer el propietario o controlante del proyecto de las palancas que controlan el valor de la opción (incrementar el valor presente de los flujos de caja entrantes esperados, reducir el valor presente de flujos operativos salientes de caja, aumentar la incertidumbre de los flujos de caja esperados, prolongar la duración de la oportunidad, disminuir el valor perdido ejerciendo la opción de espera e incrementar la tasa de interés libre de riesgo) mediante una serie de acciones específicas en un contexto competitivo y de incertidumbre.²⁹

Dado que tanto la incertidumbre como la flexibilidad necesaria para responder a la primera, en grado variable, son elementos presentes en todos los proyectos de inversión de las empresas, es evidente la utilidad que este enfoque de toma de decisiones puede brindar a las empresas empeñadas en proyectos de este tipo.

Sin embargo, para que una empresa pueda hacer uso de una OR, es necesario que tal empresa ‘posea’ la opción e identifique la oportunidad de explotarla. En este punto la propiedad y el control de los activos adquieren importancia, ya que ellos confieren a la empresa el derecho de ejercer las distintas opciones. En palabras de Buckley, “... la directa posesión de la operación del activo y del mercadeo de su producción le permite a la empresa identificar mejor las oportunidades de utilizar el activo de diversas maneras, es decir, cosechar los beneficios de las opciones reales futuras” (1998, p. 151).

Además, la irreversibilidad del proyecto de internacionalización está directamente relacionada con el ejercicio de la opción *ceteris paribus*. Entre mayor sea el grado de irreversibilidad, mayor será la virtud de posponer el proyecto en condiciones de

²⁹ Un análisis de las restricciones internas y externas que operan sobre las posibilidades de manipulación de las ‘palancas’ de las OR da lugar a una taxonomía particular que incluye tres categorías: opciones de alta prioridad, de prioridad media y de baja prioridad. Estas categorías se basan en la sensibilidad de las palancas en relación con el potencial operador: la administración de la empresa propietaria del proyecto, los competidores o ninguno de ellos (Leslie y Michaels, 1997).

incertidumbre. Para poder aprovechar al máximo la flexibilidad de la opción, la empresa necesita información lo menos sesgada posible.

De esta manera, se adopta la hipótesis de que la propiedad y la operación efectivas de los activos conceden a la empresa una mayor oportunidad de identificar sus opciones respecto a modalidades diversas que impliquen la exteriorización de dichas funciones. Esta hipótesis es, además, plenamente coherente con las relaciones que Buckley (1998) establece entre control de las operaciones-compromiso de recursos-profundidad de la información.

Ahora bien, ¿cómo funciona el mecanismo de decisión sobre los proyectos de inversión en estas condiciones? En condiciones de incertidumbre existe un determinado grado de irreversibilidad en los proyectos de inversión, por ejemplo, si se trata de un proyecto de internacionalización de las actividades de la empresa, debido a factores como el desconocimiento de los mercados extranjeros, de los canales de distribución, de las características de los clientes y de la regulación. Eso, sin contar con los costos de adaptación y otros que se verifican luego de haber decidido implementar la estrategia de realización del proyecto. Además, las empresas enfrentan también un costo de oportunidad irrecuperable asociado con la redistribución de los recursos internos en función de la nueva actividad o por la adquisición de recursos nuevos, especialmente personas calificadas. A lo anterior se suman los mayores costos relativos de la financiación externa, cuando existen restricciones financieras internas en la empresa; sin embargo, hay condiciones particulares que pueden atenuar la magnitud y el impacto de estos factores sobre las empresas.

Cuadro 1
Determinantes del grado de irreversibilidad de un proyecto de inversión

$C_S = g$ (costo del proyecto,³⁰ restricción crediticia (*lemon costs*),³¹ grado de dilución de la propiedad (costos de coordinación), grado de separación propiedad-control (costos de agencia), grado de compromiso directo (costos fijos mayores o menores), dimensión (costos de coordinación), reasignación de recursos (costos de oportunidad internos), estrategia autónoma o cooperativa (costos de oportunidad o de coordinación), disponibilidad de información, características de la competencia, características del mercado y del producto)

Fuente: Adaptado de Sierra (2003).

Además, existen indicios empíricos de que las empresas tienen la tendencia a comprometer sus fondos en las inversiones más temprano que tarde, aunque exista la posibilidad de diferir tal compromiso en el tiempo (Kester, 1984). Ello se debe a que una opción de tipo monopolístico es más valiosa que una compartida, porque los competidores pueden replicar la inversión y provocar una reducción de la rentabilidad del proyecto. Este temor impulsa a la empresa a ejercer la opción antes de su madurez (fecha de vencimiento), siempre y cuando el valor sacrificado al ejercer la opción anticipadamente sea menor que el costo de diferirla. Este comportamiento es usual cuando concurren cuatro elementos: las

³⁰ En caso de no disponibilidad o insuficiencia de fondos internos para financiar un proyecto, las empresas prefieren, en segundo lugar, recurrir al mercado del crédito bancario y sólo en última instancia a nuevas participaciones de capital. Las pymes, en general, no aceptan nuevas participaciones de capital por *temor a perder el control o a incurrir en costos de coordinación*. Esta “jerarquía de las fuentes de financiación” se debe a la asimetría informativa y al riesgo moral implicados en la valoración de los proyectos de inversión y ha sido formulada teóricamente (Stiglitz y Weiss, 1981; Myers y Majluf, 1984) y comprobada empíricamente (Weigand, 1999; Saltari y Travaglini, 2001, y Bagella, Becchetti y Caggese, 2001).

³¹ Se hace referencia al mayor costo que se debe pagar cuando se financia un proyecto de inversión con fondos externos, que son necesariamente más costosos que los fondos propios. En efecto, Becchetti y Sierra (2001a) señalan puntualmente que “Diversos estudios empíricos muestran que las estimaciones hechas con sub-grupos de empresas pequeñas revelan evidencia de la existencia de restricciones crediticias, mientras que otras estimas hechas con sub-grupos de grandes empresas no revelan evidencias en tal sentido (Fazzari, Hubbard y Petersen, 1988; Hoshi, Kashyap y Sharfstein, 1991; Devereux y Schiantarelli, 1990; Becchetti y Paganetto, 2001; Schiantarelli y Georgoutsos, 1990, y Bond y Meghir, 1994)” (Traducción propia).

opciones son compartidas, el VPN es alto, el riesgo y el tipo de interés son bajos y hay una fuerte competencia en el sector.

Un caso para contextualizar

Piense en una empresa de exploración y explotación minera que debe tomar una decisión. La empresa posee una concesión de explotación de una mina de plata válida hasta el final del próximo período. Ahora bien, se ha calculado que la mina contiene aún dos millones de onzas troy del mineral que pueden ser extraídas durante el próximo año si existe un precio suficientemente atractivo.

Se tiene un precio de ¢205 por onza, precio en alza pues hace poco tiempo el precio era de ¢180 por onza, y el mejor estimativo del precio para el próximo año es de ¢200 por onza con costos variables de ¢205, lo cual genera un retorno y un beneficio de ¢20 por onza, dado que los costos fijos son cero para el caso. La reapertura de la mina significa asumir un costo por una vez de \$450.000. Con una tasa de descuento del 12% anual para el proyecto, se puede calcular un flujo de caja que implicaría una decisión negativa (*no go*).

Sin embargo, falta algo en el análisis. En efecto, no están presentes las opciones que se tienen de explotar la mina si el precio es suficientemente alto o de no hacerlo si el precio es muy bajo. Asumamos que el precio de ¢200 por onza es el punto medio de dos estimativos extremos (de ¢250 por onza y ¢150 por onza) que tienen un factor probabilístico del 50% asociado con cada uno. Dado que los costos variables de extracción son de ¢180 por onza, resulta evidente que ninguna empresa que busque un beneficio se embarcará en el proyecto si el precio de mercado es de ¢150 por onza, pero si el precio aumenta a ¢250 sí tendrá interés en hacerlo.

Tabla 1
Proyecciones de la mina de plata

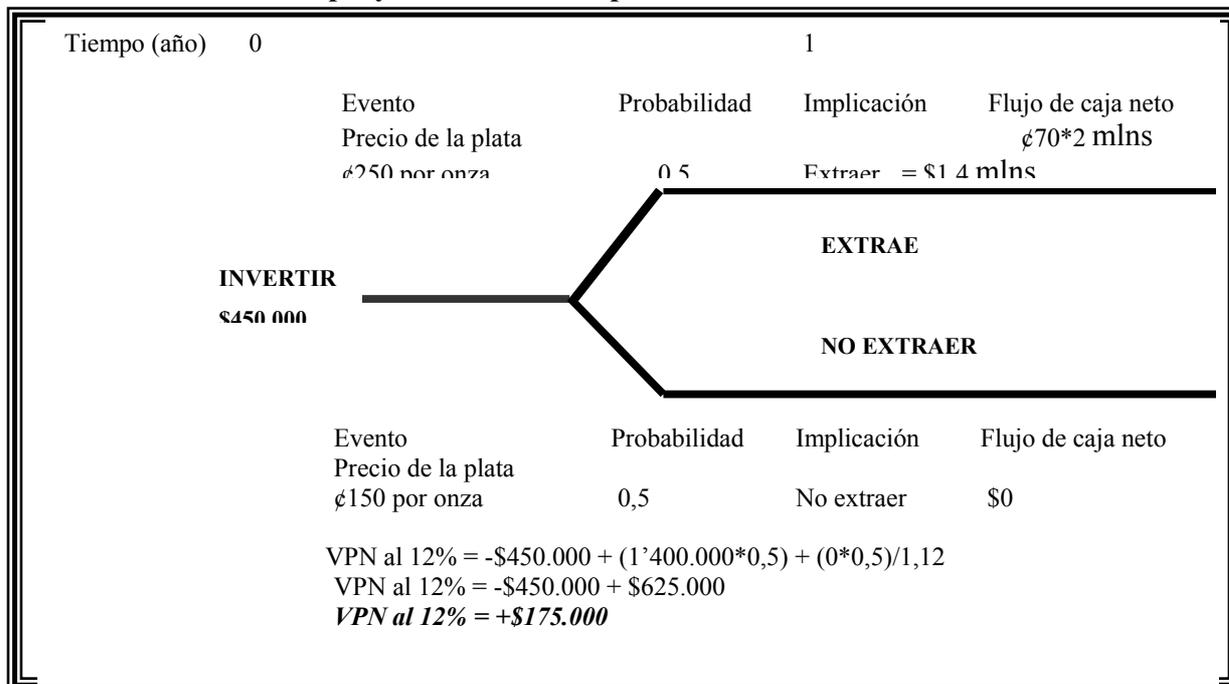
Variables	Año 0	Año 1
Costos de reapertura	-\$450,000	...
Retorno-venta de plata	...	+\$400,000
Factor de descuento 12%	1	0.89
Valor presente	-\$450,000	-\$356,000
Valor presente neto	-\$94,000	...

Fuente: adaptado de Copeland y Antikarov (2001).

Si se incluye la posibilidad de no seguir adelante con la extracción, el proyecto tendrá un VPN positivo, que se basa en el análisis del valor monetario esperado, al multiplicar los flujos de caja anticipados por su probabilidad asociada antes de descontarlos. Así, el VPN esperado será de \$175.000.

La diferencia entre el VPN de la Tabla 1 y del Esquema 1 radica en la consideración, en el segundo caso, de la opción de no extraer el mineral si el precio de mercado no permite obtener un beneficio. La diferencia radical que se encuentra en la base de las dos formas de ver el proyecto para tomar la decisión adecuada tiene fundamento en la capacidad para cambiar la dirección táctica en respuesta a la aparición de nueva información, y es esa capacidad la que crea incrementos significativos de valor al considerar un proyecto. Por lo tanto, se debe dar el peso debido a la flexibilidad desde la misma fase de gestación del proyecto.

Esquema 1
Árbol de proyecciones con la opción de no extraer mineral



Fuente: adaptado de Copeland y Antikarov (2001).

El desarrollo de medicamentos ¿Un caso para las OR?

Amram y Kulatilaka (2000) exponen un caso muy interesante. El proceso de desarrollo de medicamentos nuevos en la industria farmacéutica puede ser un caso perfecto para ver la aplicabilidad de las OR; sin embargo, existen dos características importantes que son específicas de la industria y que afectan la estructura decisional e impiden el uso del AOR. La primera tiene que ver con la asignación de los derechos de decisión (quién ejerce la opción de continuar). En efecto, los elementos exógenos, como la autorización de las agencias de control gubernamental (INVIMA en Colombia, FDA en Estados Unidos), constituyen un riesgo externo que no se puede manejar internamente.

La segunda característica específica de este caso es que no existe la posibilidad de abandono, porque el proceso de I+D en esta industria es continuo. Además, la continuidad no depende únicamente ni principalmente de los factores económicos. Por otro lado, en relación con la incertidumbre que afecta el desarrollo de nuevos fármacos, hay tres razones que impiden la aplicación del AOR:

- No existe un activo subyacente comercial o un portafolio de activos comerciales que permita establecer el valor del proyecto razonablemente bien (el ‘precio’ del medicamento es aquel que se fija cuando empieza a venderse y, además, existe una fuerte correlación entre ventas y costos de publicidad y mercadeo, para no hablar del papel ‘distorsivo’ de los sistemas de salud),
- Una gran parte del riesgo privado no se resuelve hasta inmediatamente antes del lanzamiento del producto, por lo cual las decisiones precedentes de continuar o no están fuertemente condicionadas por el riesgo privado (por ejemplo, los textos autorizados en el empaque, la seguridad, la eficacia, la dosificación, la formulación y los efectos colaterales del fármaco constituyen riesgos privados que afectan significativamente el valor del proyecto),
- Las preguntas más importantes del proyecto están centradas en el valor de la información para las distintas fases del desarrollo (a partir de la fase III no hay opciones significativas, sino vías terminales), área en la que las OR no añaden algún valor diferente del que ofrecen otros enfoques.

Tabla 2
Las cuatro fases del desarrollo de medicamentos

	Fase I	Fase II	Fase III	Aplicación nueva droga
Años	1	1,5	3	1
Costo (millones \$)	15	30	200	7
Probabilidades de éxito	75%	50%	65%	65%
Preguntas clave	¿El compuesto es seguro en personas sanas? ¿Cuál es la condición objetivo?	¿El compuesto es efectivo para la condición objetivo? ¿Es seguro? ¿Cuál es la dosis correcta?	¿Es el compuesto seguro y efectivo para grupos grandes que se encuentran en la condición objetivo?	¿Los reguladores piensan que el fármaco es seguro? ¿Cuál será el texto que se endosará?

Fuente: adaptado de Amram y Kulatilaka (2000).

¿Cuál es la contribución del AOR al valor de la empresa?

Dadas las consideraciones anteriores, es evidente el aporte del AOR al valor de la empresa. En efecto, éste viene dado por el valor actual de los flujos de caja futuros proyectados para las operaciones existentes —más el valor presente de la desgravación fiscal debida al costo de la deuda, si es el caso— más *el valor de las opciones implícitas* en las operaciones de la empresa (flexibilidad en la operación, en I+D, en las inversiones internacionales, etc.) y el valor de las opciones de compra y venta que pueden haberse acumulado como resultado de la financiación del negocio —que surgen con el transcurrir del tiempo, por ejemplo, en las obligaciones con capacidad de amortización anticipada debido a las variaciones de los tipos de interés, de cambio o al precio de las acciones—.

Dicho de otra forma, el valor de la empresa, visto desde la perspectiva del AOR, se ensancha más allá de la simple perspectiva de un índice de rentabilidad esperada contraverificada e incluye la capacidad de tomar decisiones informadas sobre la mejor forma de aumentar tal valor teniendo en cuenta la incertidumbre que afecta dicho proceso.

Valor de la empresa = VP de las operaciones actuales + VP de la desgravación fiscal +/- VP de las opciones sobre la financiación de la empresa + VP de las opciones en I+D, operaciones internacionales, flexibilidad operativa...

Tabla 3
Los proyectos considerados desde la perspectiva de las opciones

Inversión	Flexibilidad para crear valor	
	Hacia arriba	Hacia abajo
Opción en el mercado de valores	Adquirir acciones al precio de ejercicio o vender la opción por el valor intrínseco más el valor incrementado en el tiempo.	La opción expira o se vende por su valor en el tiempo.
Opción en el mercado de divisas	Adquirir divisas al precio de ejercicio o vender la opción por el valor intrínseco más el valor incrementado en el tiempo.	La opción expira o se vende por su valor en el tiempo.
Investigación y desarrollo	Oportunidad de emprender proyecto comercial.	Abandonar o, tal vez, vender los derechos de I+D (preferible a vender por su valor en el tiempo).
Exploración de minas y petróleo	Oportunidad de extraer petróleo o minerales.	Abandonar, extraer posteriormente o vender las reservas.
Exploración o inversión anticipada en mercados nuevos y mercados internacionales	Oportunidad de aumentar localmente.	Abandonar, alquilar o vender (otra vez, preferible a vender por su valor en el tiempo).

Fuente: elaboración propia

La fórmula de Black y Scholes para las opciones reales

$$C = S N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2)$$

donde

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Donde:

S: es el valor del activo subyacente

X: es el precio de ejercicio

r: es la tasa de interés libre de riesgo compuesta de manera continua

T: es el número de períodos a la expiración de la opción (tiempo de maduración)

σ^2 : es la varianza anualizada del retorno sobre el activo compuesto de manera continua

$N(d_1)$ y $N(d_2)$: son las probabilidades normales acumuladas de las respectivas variables unitarias normales d_1 y d_2 .

Como se está valorando una opción de compra (*call*), y de acuerdo con el teorema de la paridad entre opciones de compra y de venta (*put-call parity theorem*),³² una opción de venta sobre el mismo subyacente, que tiene los mismos períodos de maduración y precio de ejercicio, tendrá un precio equivalente a:

$$P = C - S + X e^{-rT}$$

³² Véase Benninga (2000), capítulo 13.

Ahora, sustituyendo C en esta ecuación y despejando algebraicamente, se obtiene la fórmula de Black y Scholes correspondiente al precio de la opción de compra, directamente:

$$P = X e^{-rT} N(-d_2) - S N(-d_1)$$

El modelo de Black y Scholes se basa en siete supuestos que limitan su uso en el análisis de OR:

- La opción es de tipo europeo (se ejerce sólo cuando alcanza la madurez).
- Sólo hay una fuente de incertidumbre y, por ende, se descarta el uso de las *rainbow options* (por ejemplo, se asume que la tasa de interés es constante).
- La opción es contingente respecto a un único activo subyacente riesgoso, por ende, se descarta el uso de opciones compuestas.
- El activo no paga dividendos.
- El precio de mercado corriente y el proceso estocástico que el subyacente sigue son conocidos (observables).
- La varianza del retorno sobre el subyacente es constante en el tiempo.
- El precio de ejercicio es constante y conocido.

¿Qué significa todo esto? Fundamentalmente que, cuando se analiza un problema desde la perspectiva del AOR, es necesario relajar al menos uno de los supuestos del modelo estándar de Black y Scholes. En efecto, no es difícil comprobar que muchas veces se puede pensar en las opciones americanas como alternativa a las europeas (diferentes horizontes temporales), pero además las fuentes de incertidumbre son múltiples, muchos proyectos pagan dividendos, a veces los precios y sus procesos aleatorios no son observables y la varianza del retorno es volátil. Estos son factores que no se pueden pasar por alto cuando se hace AOR.

Tabla 4

La diferencia entre las opciones financieras y las opciones reales

Opciones financieras (OF)	Opciones reales (OR)
Las OF se hacen sobre títulos que circulan en el mercado	Las OR se hacen sobre activos no disponibles en el mercado
El precio del activo es observable	El precio del activo no es observable
Las OF son, en su mayoría, <i>side bets</i> , es decir, no son emitidas por las empresas cuyas acciones son contingentes, sino por agentes independientes	Las OR son creadas por los administradores de las empresas que controlan los activos objeto de la opción
El agente que emite la opción no influye sobre las acciones (en términos de decisiones realizadas) de la empresa, ni sobre el valor de sus activos (acciones)	La administración de la empresa propietaria del activo dispone de éste a voluntad (derechos residuales de control)
El riesgo es completamente exógeno; la incertidumbre sobre la tasa de retorno del activo no puede ser manipulada por los agentes que compran/venden las OF	Las acciones de la empresa que posee la OR pueden afectar las acciones de la competencia y modificar la incertidumbre asociada a la OR (propiedad monopolística o no del derecho a realizar la inversión)

Fuente: Elaboración propia

El principio de separabilidad y las opciones reales

Un principio fundamental para la teoría de la toma de decisiones, especialmente en relación con los proyectos de inversión, es este principio, que indica que los accionistas de una empresa coinciden unánimemente —sin importar sus preferencias temporales y sin necesidad de votación, ni del establecimiento de reglas complicadas— en que la regla que la gerencia debe seguir en su nombre (el de los accionistas) consiste en realizar inversiones hasta que el retorno marginal sobre el último peso invertido sea mayor o igual al costo de oportunidad del capital determinado por el mercado. Es decir, la regla de maximización de la utilidad en la inversión se puede separar de cualquier información referida a las funciones de utilidad individuales. Este principio garantiza que la gerencia realice su trabajo, que es el de incrementar la riqueza de los accionistas, siempre que no existan problemas de agencia. Este principio se aplica tanto a la regla del valor presente neto (VPN) como a las opciones reales.

Diferencia entre el valor presente neto y las opciones reales

Tanto el VPN como las OR toman en cuenta todos los flujos de caja que se verifican durante la vida total del proyecto, descuentan dichos flujos para traerlos a valor presente y emplean el concepto de *costo de oportunidad del capital* a tasas del mercado. La diferencia fundamental entre los dos enfoques tiene que ver con la presencia de la flexibilidad en la toma de decisiones.

El VPN no incorpora la incertidumbre sobre los flujos de caja, porque utiliza solamente información disponible en el momento de tomar la decisión, ya que es necesario establecer un compromiso (*precommitting*) inmediato con la decisión de emprender o no el proyecto (*go/no go decisión*). Según esta regla, el proyecto se acepta en $t=0$ si y sólo si la expectativa en el período cero es que $E_0V_T > X$.

$$\text{regla VPN : MAX(en } t = 0)[0, E_0V_T - X]$$

Las OR implican una perspectiva diferente. Un proyecto se emprende en el futuro si y sólo si $V_T > X$:

$$\text{regla OR : MAX(en } t = T)[0, V_T - X]$$

En términos matemáticos, la ecuación anterior significa tomar el máximo de un conjunto de alternativas posibles que son mutuamente excluyentes. Una opción de compra (retardo, expansión o prolongación), en cambio, es una expectativa de máximos y no un máximo de expectativas. Los dos enfoques serán exactamente iguales en ausencia de incertidumbre, pues el valor futuro verificado (V_T) será igual a la expectativa actual del valor futuro (E_0V_T).

Comparación de la lógica subyacente a los dos enfoques: un breve ejemplo

Considérese el caso de la empresa FREALEX SC, cuyo gerente, precisamente usted, debe decidir hoy si invierte en un proyecto o espera (*opción de retardo*) para hacerlo a final del año.³³ Los datos básicos del proyecto se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro 2
Datos del proyecto que se va a valorar

- Costo inicial del proyecto = \$1.600
- Valor de salvamento = 0 (irreversibilidad total).
- La depreciación anual del proyecto se compensa con una inversión de reemplazo por el mismo monto (flujos de caja de nivel perpetuo).
- El nivel de precios del producto del proyecto es \$200 en la actualidad.
- Existe una probabilidad del 50% (esto es, 50-50) de que el producto suba a \$300 o baje a \$100 al final del año. En cualquier caso, este cambio es permanente y, por ende, el nivel de precios esperado en el largo plazo es también de \$200.
- La primera unidad se vende al comienzo del primer año de operaciones.
- El costo del capital es de 10%.

Usando la fórmula del VPN, se calculan los flujos de caja esperados descontados al costo del capital y netos del monto de la inversión inicial:

$$\text{VPN} = 0 = -I + \sum_{t=1}^N \frac{E(FCL_t)}{(1 + R_f)^t}$$

es decir,

$$\text{VPN} = -1,600 + \sum_{t=0}^{\infty} \frac{200}{(1.1)^t} = -1,600 + 2,200 = 600$$

³³ Adaptado de Dixit & Pindyck (1994).

donde los flujos de caja esperados se basan en la posibilidad 50-50 de que el precio suba permanentemente a \$300 o baje permanentemente a \$100. De acuerdo con lo dicho, la regla del VPN implica en este caso una decisión aprobatoria (*go decisión*), puesto que el valor esperado es positivo. Sin embargo, existe una alternativa no considerada por el análisis anterior: la opción de retardar el proyecto para realizar la inversión al final del año.

Ahora, veamos cuál es el valor de la alternativa de esperar (*opción de retardo*),³⁴ asumiendo que el riesgo es el mismo y que aún se puede descontar el flujo de caja al 10%:

$$\begin{aligned} \text{VPN} &= 0.5 \text{ MAX} \left[\frac{-1,600}{1.1} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{300}{(1.1)^t}, 0 \right] + 0.5 \text{ MAX} \left[\frac{-1,600}{1.1} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{100}{(1.1)^t}, 0 \right] \\ \text{VPN} &= 0.5 \text{ MAX} \left[\frac{-1600 + 3,300}{1.1}, 0 \right] + 0.5 \text{ MAX} \left[\frac{-1600 + 1,100}{1.1}, 0 \right] \\ \text{VPN} &= 0.5 \left[\frac{1,700}{1.1} \right] + 0.5 [0] = \frac{850}{1.1} = 773 \end{aligned}$$

El concepto clave es que si el precio cae a \$100, el valor presente del flujo de caja será de \$1.100, por lo cual la decisión es NO INVERTIR. Por otra parte, si el precio sube hasta \$300, el valor presente del flujo de caja será de \$3.300, lo que nos indica que vale la pena hacer uso de la opción de esperar (retardar la inversión).

La razón es que, ponderada por una probabilidad del 50% y descontada al 10%, esta decisión vale \$773 en la actualidad. Ésos son los datos sobre los que se basa la decisión de retardar la inversión. El valor de la opción de retardo es la diferencia entre las dos alternativas: \$773-\$600=\$173.

³⁴ Las probabilidades objetivas se calculan haciendo la sustitución de los datos conocidos en la fórmula general: $V_o = puV_u + (1-p)dV_d / (1+r_f)$ y haciendo el despeje algebraico para p .

Si la volatilidad del precio aumenta, pero el valor esperado es estable y se asume que el aumento de la volatilidad no está correlacionado con el mercado (supongamos una posibilidad 50-50 de que el precio suba a \$400 o baje a \$0), de modo que la tasa de descuento no se modifica, el VPN no cambia porque el precio esperado continúa siendo \$200. Lo que sí aumenta es el valor de la opción de retardo. ¿Por qué? Intuitivamente, porque se puede ganar más esperando a ver cómo se resuelve la incertidumbre sobre el precio. Veamos:

$$\begin{aligned} \text{VPN} &= 0.5 \text{ MAX} \left[\frac{-1,600}{1.1} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{400}{(1.1)^t}, 0 \right] + 0.5 \text{ MAX} \left[\frac{-1,600}{1.1} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{0}{(1.1)^t}, 0 \right] \\ \text{VPN} &= 0.5 \text{ MAX} \left[\frac{-1600 + 4,400}{1.1}, 0 \right] + 0.5 \text{ MAX} \left[\frac{-1600 + 0}{1.1}, 0 \right] \\ \text{VPN} &= 0.5 \text{ MAX} [2,545.45, 0] + 0.5 [-1,454.55, 0] = 0.5 [2,545.45] = 1,272.73 \end{aligned}$$

Ahora, el valor de la opción de retardo es la diferencia entre las dos alternativas: \$1.271,73-\$600=\$673, aproximadamente. Dicho de otra forma, el valor de esperar para decidir sobre la inversión ha aumentado junto con la volatilidad del resultado.

Tres métodos de valoración de proyectos para la toma de decisiones: el valor presente neto, el análisis mediante árboles de decisión y el análisis de opciones reales

Examinemos ahora una breve comparación entre los dos métodos de valoración de proyectos más comunes —VPN y análisis mediante árboles de decisión (AAD)— y la alternativa del AOR. Considérese una opción de retardo simple con los siguientes datos:

Cuadro 3
Datos del proyecto que se va a valorar

- Periodicidad anual.
- Costo del proyecto durante el período siguiente al actual = \$115 millones con certidumbre absoluta.
- Existe una probabilidad del 50% (esto es, 50-50) de que el flujo de caja sea de \$170 millones o de \$65 millones —flujo de caja (FC) incierto—.
- La tasa libre de riesgo es de 10%.
- La alternativa cuando se establece el compromiso consiste en esperar hasta el final del período para decidir. Este derecho cuesta $\$C_0$

Valor presente neto

La pregunta inicial es ¿cómo calcular el VPN del proyecto? Primero es necesario encontrar una tasa de descuento ajustada al riesgo (*risk-adjusted discount rate*) que se pueda usar para descontar el flujo de caja esperado al costo medio ponderado del capital (WACC, en inglés). Normalmente se usa el CAPM (modelo de fijación de precios de activos de capital)³⁵ y se establecen unos betas en una sola empresa que, se asume, tienen el mismo riesgo que el proyecto que se va a valorar.³⁶

³⁵ Vale la pena recordar que este modelo se basa en una serie de supuestos que no se verifican en la realidad: la eficiencia de los mercados, la perfección del mercado de la información, costos de transacción inexistentes, ausencia de restricciones sobre la inversión, tasa impositiva cero, dimensión individual de los inversionistas tal que ninguno puede afectar el precio de mercado de los títulos por sí mismo.

³⁶ Según el CAPM, el beta (medida del riesgo no sistemático, es decir, del riesgo diversificable o evitable) entre una empresa y el portafolio de mercado se define como la covarianza entre la tasa de

De este modo, si se tiene una empresa que no tiene capital de deuda, el VPN se calcula como:

$$VPN = \frac{E(\text{FCF})}{1 + R_f + [E(R_m) - R_f] \beta_j}$$

o bien, en términos simplificados:

$$VPN = \frac{E(\text{FCF})}{1 + \text{tasa ajustada al riesgo}}$$

Asumamos por simplicidad, entonces, que se ha localizado un *título gemelo* que tiene un flujo de caja perfectamente correlacionado con el flujo de caja del proyecto que se va a evaluar (por lo tanto, tienen el mismo beta³⁷), cuyo precio de mercado es de \$20 por unidad. El retorno del título gemelo equivale exactamente a la quinta parte del retorno de nuestro proyecto, lo que significa que están perfectamente correlacionados.

Tabla 5
Flujos de caja del proyecto y del título gemelo

Flujos	Proyecto que se va a valorar	Título gemelo
Flujo al alza	\$170	\$34
Flujo a la baja	\$ 65	\$13

retorno de la compañía y del mercado, dividida por la varianza del retorno del mercado:

$$\beta_j = \frac{\text{COV}(R_j, R_m)}{\text{VAR}(R_m)}$$

³⁷ Recuérdese que un beta igual a uno implica que el título tiene el mismo riesgo no sistemático que el mercado en su conjunto, mientras que beta mayor que uno indica que el riesgo no sistemático del título es mayor que el del mercado y viceversa para beta menor que uno. Estudios estadísticos indican que la tenencia de cantidades paritarias de alrededor de veinte títulos seleccionados al azar

Utilicemos los datos que poseemos para calcular la tasa de descuento ajustada al riesgo (k), así:

$$V_0 = \frac{q(V_u) + (1-q)(V_d)}{1+k}$$

$$20 = \frac{0.5(\$34) + 0.5(13)}{1+k}$$

$$k = 17.5\%$$

En la ecuación q y $(1-q)$ son probabilidades objetivas de obtener las volatilidades al alza y a la baja, respectivamente. Ahora podemos calcular el VP de nuestro proyecto usando k , porque el proyecto y el título gemelo tienen el mismo riesgo:

$$VP = \frac{0.5(\$170) + 0.5(\$65)}{1.175} = \$100$$

Éste es el denominado método de los *flujos de caja descontados con ajuste al riesgo* (FCDAR). Por otra parte, el VPN resta del costo total de la inversión, al final del período, el valor presente. Como el costo cierto al final del período será de \$115, lo podemos descontar a la tasa libre de riesgo (8%): $\$115/1,08 = \$106,48$.

Por ende, *el VPN del proyecto será (VPN=VP-I): $\$100 - 106,48 = -6,48$* . Ello indica claramente que el proyecto se rechaza (*no go decision*). Introduzcamos, antes de proseguir, un nuevo concepto clave que hay que tener siempre presente. Se llama la *regla del precio único* y consiste en que para evitar la obtención de beneficios mediante el arbitraje, dos

elimina casi todo el riesgo no sistemático del portafolio y que, típicamente, el riesgo no sistemático explica un 70% del riesgo total de un título (Buckley, 1998).

activos que tienen exactamente los mismos rendimientos en cada estado de la naturaleza son perfectos sustitutos y deben, por lo tanto, tener exactamente el mismo precio (valor).

Ahora, veamos una segunda forma de resolver el problema de la valoración de nuestro proyecto del Cuadro 3. Consiste en crear un portafolio de títulos cuyos valores proporcionan exactamente los mismos rendimientos que nuestro proyecto (aplicabilidad de la regla del precio único). Conformemos un portafolio con m unidades del título gemelo que habíamos encontrado y B bonos para replicar los retornos de nuestro proyecto. El portafolio producirá:

- En el estado al alza (*up state*): $m(\$34) + B(1 + r_f) = 170$
- En el estado a la baja (*down state*): $m(\$13) + B(1 + r_f) = 65$

Si se resuelven las dos incógnitas a partir de cualquiera de las ecuaciones, se obtiene la solución: $m=5$ unidades del título gemelo y $B=0$ bonos (pues nuestro *benchmark* es el título gemelo, no los bonos); por ende, el valor presente del portafolio (equivalente al VPN del proyecto hallado por el método anterior) es:

$$m(\$20) + B(1 + r_f) = 5(\$20) + 0 = \$100$$

La interpretación es la siguiente: puesto que el título gemelo está perfectamente correlacionado con el proyecto y su retorno es exactamente un quinto del retorno del proyecto, entonces el valor del proyecto debe ser cinco veces el valor del título gemelo. Este método se conoce como el *enfoque del portafolio replicante* (EPR) y se ajusta a la regla del precio único.

Análisis mediante árboles de decisión

Veamos ahora cómo se realiza el procedimiento de AAD. Este método se ha usado para tratar de incorporar el valor de la flexibilidad. ¿Cómo funciona cuando se trata de dos

alternativas excluyentes: invertir en el momento o esperar hasta el final del período para comprometer los recursos? Este método permite posponer la decisión de inversión hasta el final del periodo, cuando el costo inicial cierto del proyecto será \$115, de acuerdo con el conocimiento del estado de naturaleza.

Tabla 6
Datos de FC de las dos alternativas excluyentes

Flujos	FC compromiso inmediato	Costo inversión pospuesta	FC netos	Opción de Retardo
Flujo al alza	\$170	\$115	\$55	MAX[\$55, 0]
Flujo a la baja	65	115	-50	MAX[-50, 0]

El VPN de la decisión de posponer el proyecto se estima descontando el flujo de caja esperado, dado el derecho de retardo, al costo medio ponderado del capital:

$$\text{VPN} = \frac{0.5(\$55) + 0.5(0)}{1 + 0.175} = \frac{\$27.5}{1.175} = \$23.40$$

Así, el valor neto del proyecto se ha incrementado de -4,54 a 23,40 millones con la posibilidad de posponerlo. Eso implica que el valor de la opción de retardo, según el AAD, es de \$23,4 - (-6,48) = 29,88 millones. A primera vista, el AAD presentado parece un buen enfoque; sin embargo, no es así porque viola la *ley del precio único*. En efecto, la tasa de descuento ajustada al riesgo del 17,5% es adecuada para probabilidades pares (50-50) de los flujos \$170 o \$65 y para patrones de flujo de caja perfectamente correlacionados con ellos (*e. g.*, múltiplos constantes). Dado que los flujos de caja de la opción de retardo no están perfectamente correlacionados con los flujos de caja netos del proyecto (55, -50), es necesario usar un enfoque diferente. La alternativa que nos queda para valorar los flujos de caja de la opción de retardo es usar el EPR.

Análisis de opciones reales (AOR)

Veamos cómo se usa el EPR en el AOR. Inicialmente, se conforma un portafolio de m unidades del título gemelo (precio unitario \$20) y B pesos de bonos libres de riesgo (valor presente unitario \$1). Los retornos del portafolio replicante (véase Tabla 5) deben ser los mismos de la opción de retardo:

$$\text{PR en estado al alza: } m(\$34) + B(1 + r_f) = \$55$$

$$\text{PR en estado a la baja: } m(\$13) + B(1 + r_f) = \$0$$

En el estado al alza, cada una de las m unidades del activo riesgoso subyacente (esto es, el título gemelo) paga \$34 y las tenencias de B bonos libres de riesgo pagan un interés del 8%. En el estado a la baja, las m unidades del título gemelo pagan \$13 y las B unidades de bonos libres de riesgo, la misma tasa de interés del 8%.

Al resolver las dos incógnitas, se obtiene $m=2,62$ unidades del título gemelo y $B=-\$31,53$ bonos. Esto significa que se obtienen mediante préstamo \$31,53 (a la tasa libre de riesgo del 8%). Para verificar los resultados, se reemplazan los valores hallados en las ecuaciones anteriores:

$$\text{PR en estado al alza: } 2.62(\$34) - \$31.53(1.08) = \$89.08 - \$34.05 = \$55.00$$

$$\text{PR en estado a la baja: } 2.62(\$13) - 31.53(1.08) = \$34.06 - \$34.05 = \$0$$

Los resultados, con una pequeñísima aproximación, corresponden a los retornos del proyecto y permiten verificar la conformidad con la ley del precio único. El valor presente del portafolio replicante (VP del PR) será:

$$\text{VP del PR: } m(\$20) - B(\$1) = 2.62(\$20) - \$31.53(1) = \$20.87$$

El valor de la flexibilidad involucrada en el retardo de la inversión es igual a la diferencia entre el valor del compromiso inmediato con el proyecto (-\$6,48 millones) y el valor que incorpora la flexibilidad de retardar el proyecto (\$20,87 millones). Es decir, *el valor del retardo es \$27,35 millones*. Si se hubiera utilizado la tasa de descuento ajustada al riesgo apropiada en el AAD, el resultado habría sido idéntico. Efectivamente, la tasa adecuada se calcula como:

$$\text{VP} = \$20.87 = \frac{0.5(\$55) + 0.5(\$0)}{1 + k}$$

$$k = 31.9\%$$

El problema con el AAD es que éste asume una tasa de descuento constante a lo largo del árbol de decisión, cuando el riesgo de los flujos de caja resultantes se modifica de acuerdo con la posición en el árbol. *El uso del EPR, en cambio, nos garantiza la valoración de la flexibilidad involucrada en el retardo de la inversión inicial en el proyecto*. En efecto, como se puede observar, la opción de retardo le permite a quien toma la decisión de inversión evitar los resultados negativos del estado a la baja. Los PR para la opción son:

$$\text{PR en estado al alza: } m(\$34) + B(1 + r_f) = \$0$$

$$\text{PR en estado a la baja: } m(\$13) + B(1 + r_f) = \$50$$

Si se resuelven las últimas ecuaciones para hallar el valor de las dos incógnitas, se obtiene $m = -2,38$ y $B = \$74,93$. Se reemplaza, luego, para hallar el valor del PR y el valor de la opción:

$$\text{VP de la opción: } m(\$20) - B(\$1) = -2.38(\$20) - \$74.93(1) = \$27.34$$

Es decir, el mismo valor del retardo hallado anteriormente. Ésta es una demostración de que el valor de mercado de la flexibilidad se puede hallar comparando el valor del proyecto con flexibilidad y sin ella o valorando la opción de flexibilidad directamente a partir de los flujos de caja diferenciales que dicha opción genera.

Tabla 7
Retornos comparados del proyecto y de la acción

Estado de naturaleza	Retornos del proyecto CON flexibilidad	Retornos del proyecto SIN flexibilidad	Retornos de la opción
Flujo al alza	MAX[\$170-\$115, 0]=\$55	MAX[\$170-\$115, 0]= \$55	\$ 0
Flujo a la baja	MAX[\$ 65-\$115, 0]=\$ 0	MAX[\$ 65-\$115, 0]=-\$50	\$50

El funcionamiento del EPR

El portafolio replicante consta de m unidades del título gemelo y B unidades del bono libre de riesgo. Si C_u es el retorno de la opción en el estado al alza; C_d , el retorno en el estado a la baja; V_u , el valor del título gemelo subyacente en el estado al alza, y V_d , su valor en el estado a la baja, cuando se resuelve para el número de unidades del título gemelo (m) en el portafolio replicante, este título resulta ser el cociente del retorno incremental de la opción en relación con el cambio del valor del título gemelo, es decir, una razón de cobertura (*hedge ratio*). Veamos:

$$\begin{array}{r}
 mV_u + B(1 + r_f) = C_u \\
 - [mV_d + B(1 + r_f) = C_d] \\
 \hline
 m = \frac{C_u - C_d}{V_u - V_d} = \frac{\text{Retorno incremental de la opción}}{\text{Cambio del valor del título gemelo}}
 \end{array}$$

Por lo tanto, la razón de cobertura multiplicada por el valor del activo riesgoso subyacente (esto es, el título gemelo) menos el valor la opción de compra genera un rendimiento libre de riesgo (B_0).

$$\begin{array}{l} mV_0 - B_0 = C_0 \\ mV_0 - C_0 = B_0 \end{array}$$

Si se tienen m unidades del título gemelo y su valor aumenta, las ganancias de capital serán compensadas exactamente por las pérdidas de capital en la posición corta creada por la suscripción de una opción de compra.

El problema de los títulos gemelos

Existe un problema con el uso de los títulos gemelos: resulta casi imposible encontrar un título cuyos retornos en todos los estados de naturaleza durante la vida del proyecto estén perfectamente correlacionados con los retornos del proyecto. En las primeras aplicaciones del AOR se usaban los precios de los *commodities* como activo riesgoso subyacente asumiendo, con cierto grado de arbitrariedad, que la volatilidad del proyecto subyacente sin flexibilidad era igual a la volatilidad del valor de una mina de oro que involucra el derecho a posponer su apertura. Pero, claro, la volatilidad del oro no es la misma de una mina de oro.

¿Cuál es la solución más adecuada? Usar el valor presente del proyecto mismo, sin flexibilidad, como activo subyacente, es decir, en vez del título gemelo. La razón es sencilla: ¿qué puede estar más correlacionado con el proyecto que el proyecto mismo? Así, pues, se hace un supuesto de partida: el valor presente de los flujos de caja del proyecto sin flexibilidad (esto es, el VPN tradicional) es la mejor estimación no sesgada del valor de mercado del proyecto si éste fuera un activo transable. Ésta se denomina la *condición del activo transable* (CAT) (en inglés, *marketed asset disclaimer –MAD–*).

Usando la CAT, los retornos del título gemelo son iguales a los del proyecto mismo (\$170 en estado al alza y \$65 a la baja), como se ve en la Tabla 5, y el valor presente del proyecto es \$100. El PR, entonces, será:

$$\text{PR en estado al alza: } m(\$170) + B(1+r_f) = \$55$$

$$\text{PR en estado a la baja: } m(\$65) + B(1 + r_f) = \$ 0$$

Se resuelve para obtener el valor de las dos incógnitas y se obtiene: $m=0,524$ y $B=-\$31,54$. Por ende, el valor presente del PR es igual al VP del proyecto con flexibilidad:

$$\text{VP proyecto con flexibilidad: } m(\$100) - B(\$1) = 0.524(\$100) - \$31.54(1) = \$20.86$$

De esta manera comprobamos que los retornos del proyecto son los mismos que habíamos obtenido con el método del título gemelo, y que permitían verificar la ley del precio único. Ello significa que se puede usar el supuesto de la CAT como base de valoración de las opciones reales sobre cualquier activo real, cuyo VPN tradicional pueda ser estimado sin recurso a la flexibilidad.

El supuesto principal detrás del uso del VPN sin flexibilidad para proceder al AOR es que la comparabilidad es verificable, pues la distribución de las tasas de retorno de los títulos cuyo valor se estima está suficientemente correlacionada con la del proyecto como para ser usada con confianza.

Comparación de la lógica subyacente al AOR y al PR

La idea detrás del PR es encontrar el número de unidades del activo riesgoso subyacente (V_0) más algunos bonos (B_0), de forma tal que el portafolio tenga exactamente el mismo retorno en cada estado de naturaleza, tal como la opción. Dado que los precios de mercado de los componentes individuales son conocidos, el valor de la opción de compra (*call*) es exactamente equivalente al valor del PR.

$$mV_0 - B_0 = C_0$$

Por otra parte, en la fórmula de Black y Scholes, $N(d_1)$ es el número de unidades del subyacente necesarias para conformar un portafolio equivalente y el segundo término es el número de bonos cuyo retorno a la madurez es de \$1. Para explicar el segundo término más detalladamente es necesario indicar que $N(d_2)$ es la probabilidad de que la opción termine *in the money* (esto es, el precio de la acción mayor que el precio de ejercicio) y Xe^{-rT} es el precio de ejercicio a la madurez descontado a la tasa libre de riesgo durante T unidades de tiempo.

$$S_0N(d_1) - Xe^{-rT}N(d_2) = C_0$$

Así pues, la idea que subyace a los dos enfoques es la misma.

El uso del portafolio de cobertura

Una extensión natural del uso del portafolio replicante es el denominado portafolio de cobertura (*hedge portfolio*), inmune al riesgo, que constituye una herramienta muy útil para valorar opciones de manera directa. El portafolio de cobertura está conformado por una participación del subyacente y una posición corta de m unidades de la opción que se está valorando (una *call*, en este caso):

$$uV_0 - mC_u = dV_0 - mC_d$$

De forma tal que si el precio del subyacente cae, el valor de la opción de compra lo sigue; sin embargo, como se tiene una posición corta en la opción de compra, el valor de la riqueza total aumenta. A partir de este portafolio³⁸ se puede calcular la razón de cubrimiento (*hedge ratio*) así:

³⁸ En este caso se calculan las probabilidades neutras al riesgo (*risk-neutral probabilities*), adecuadas para trabajar con una tasa de descuento similar, de la siguiente manera: $[(1+r_f)-d]/(u-d) + [u-(1+r_f)]/(u-d) = (u-d/u-d) = 1$. Éstas se denominan también probabilidades ajustadas al riesgo o probabilidades de cobertura.

$$m = \frac{(u-d)V_0}{C_u - C_d}$$

Valoración de opciones simples

Un primer paso en la valoración de opciones simples es fijar la metodología para modelar el proceso estocástico que sigue el activo subyacente. Primero, hay que establecer si el subyacente sigue un proceso multiplicativo o geométrico o uno aditivo o aritmético.

Los procesos multiplicativos empiezan con un valor inicial y luego evolucionan hacia arriba o hacia abajo, de acuerdo con un factor de incremento $u > 1$ o de decremento $d < 1$. Normalmente se asume que $u = 1/d$, aunque no es estrictamente necesario. Si el subyacente es una acción común, la distribución *log* normal (asimétrica y sin valores en la cola izquierda), tal como se ve en los gráficos 1a y 1b, es una buena aproximación de su distribución de probabilidad, porque los precios de las acciones no pueden ser negativos debido a la condición de responsabilidad limitada en la propiedad accionaria.

Si hay razones para creer que el valor del proyecto puede ser negativo, el valor del subyacente se modela mejor mediante un proceso aditivo. Este proceso tiene una tasa de incremento de los valores menor y una tasa de decremento de éstos mayor que las respectivas tasas de los procesos multiplicativos. La distribución de probabilidad es de tipo normal, es decir, simétrica y con valores en la cola izquierda que van hasta menos infinito (gráficos 2a y 2b).

Tanto los procesos multiplicativos como los aditivos son recombinantes, es decir, las ramificaciones retornan a los mismos puntos: en cada período par (t_2, t_4, t_6, \dots) el punto central es exactamente \$100 (el valor inicial). Las complicaciones surgen cuando el

subyacente paga dividendos (genera flujos de caja del proyecto a los propietarios); por eso para preservar la propiedad recombinante de los árboles de eventos que describen la evolución del precio del subyacente en el tiempo, se asume en general que los dividendos pagados son proporcionales al valor en los árboles multiplicativos y que son constantes y aditivos en los árboles aditivos. Las distribuciones de probabilidad continúan siendo las mismas antes descritas y el resultado final lógico, por demás, es que los valores al final de cada ramificación son más bajos que los valores en los casos en los que no hay política de dividendos (gráficos 3a y 3b).

Véase a continuación un sencillo ejemplo numérico que ilustra claramente los conceptos mencionados en relación con la metodología del proceso estocástico que se va a modelar.

Tabla 8
Datos del proyecto que se va a valorar

Proceso estocástico multiplicativo	Proceso estocástico aditivo
Tiempo a la madurez: cuatro subperíodos Costo inicial del proyecto $V_0 = \$100$ $u = 1$ $d = 1/u = 0,90909$ $p = 0,5$ $q = 1-p = 0,5$	Tiempo a la madurez: cuatro subperíodos Costo inicial del proyecto $V_0 = \$100$ $u = 10\%$ de V $d = -10\%$ de V $p = 0,5$ $q = 1-p = 0,5$

Gráfico 1a
Proceso estocástico multiplicativo

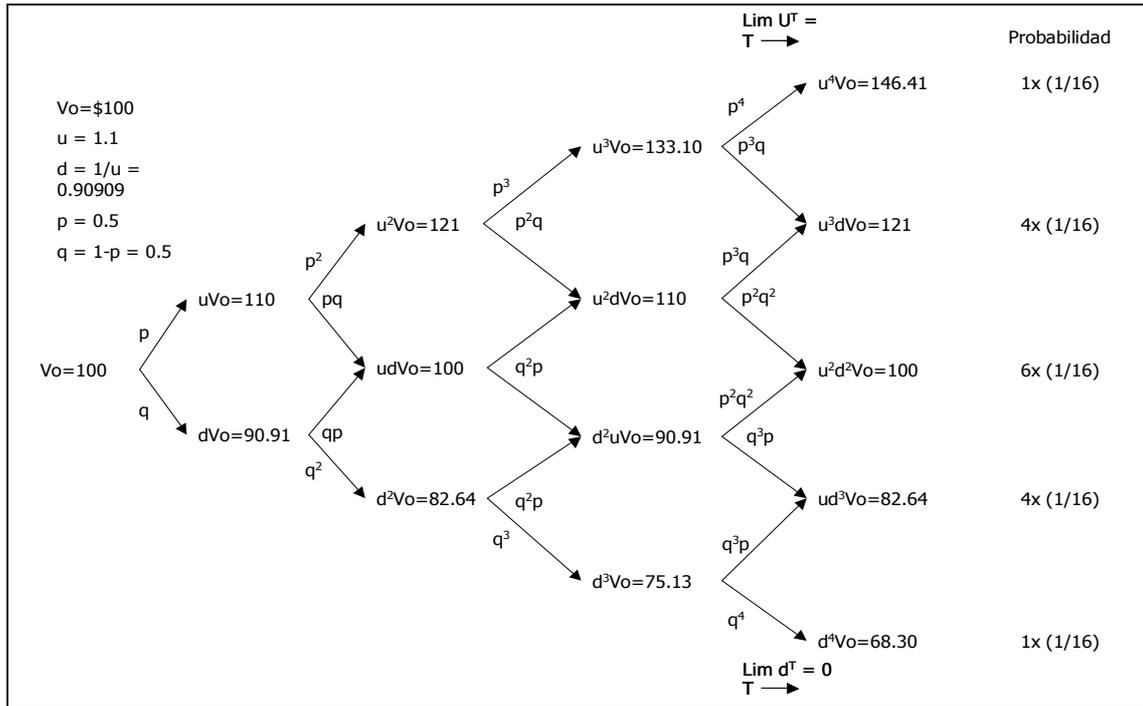


Gráfico 1b
Distribución log-normal

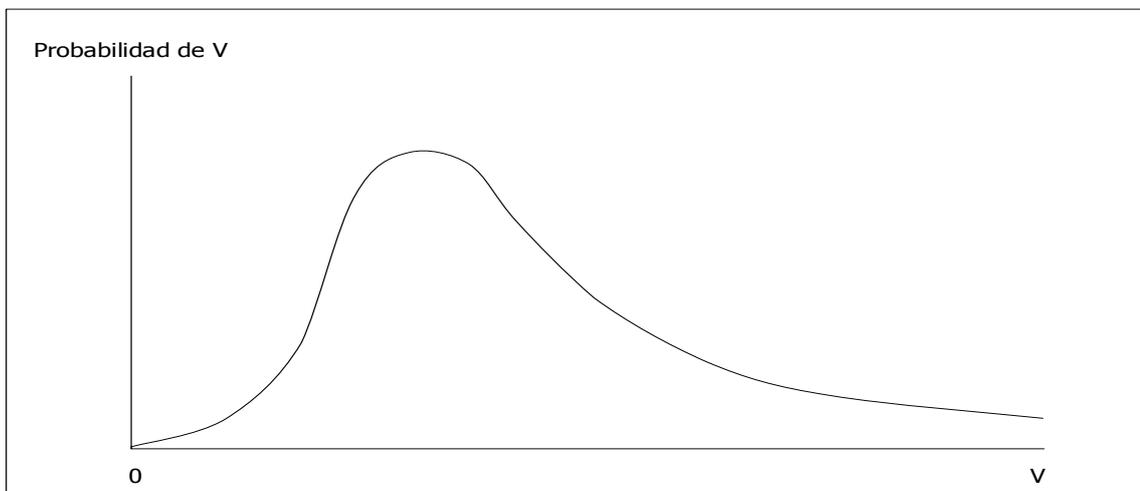


Gráfico 2a
Proceso estocástico aditivo

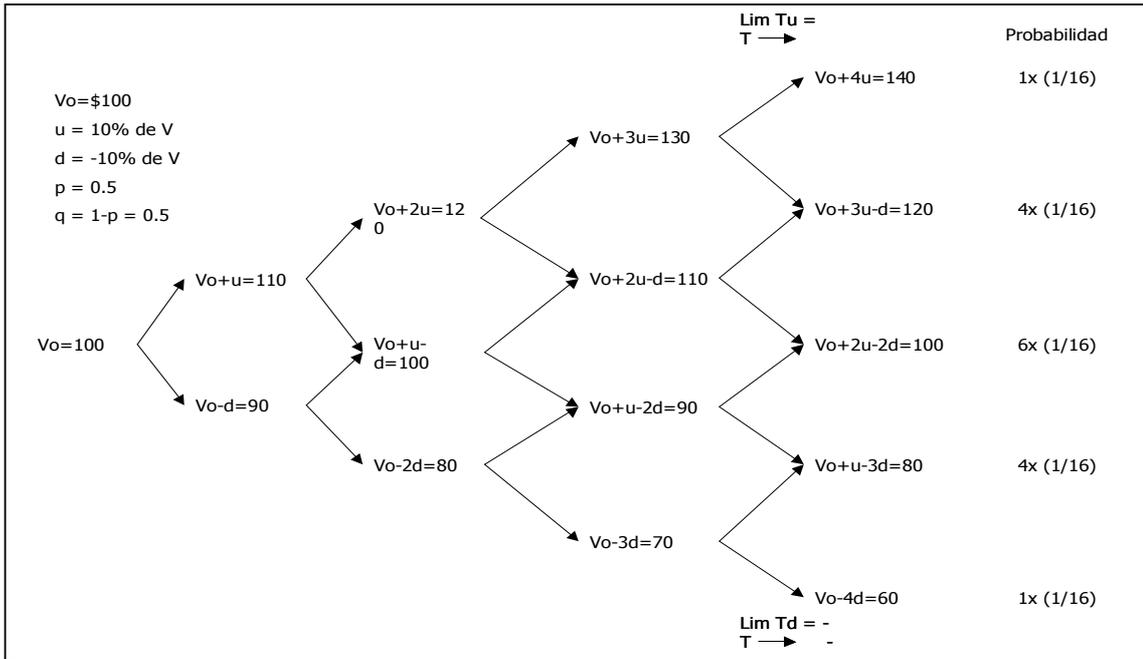


Gráfico 2b
Distribución normal

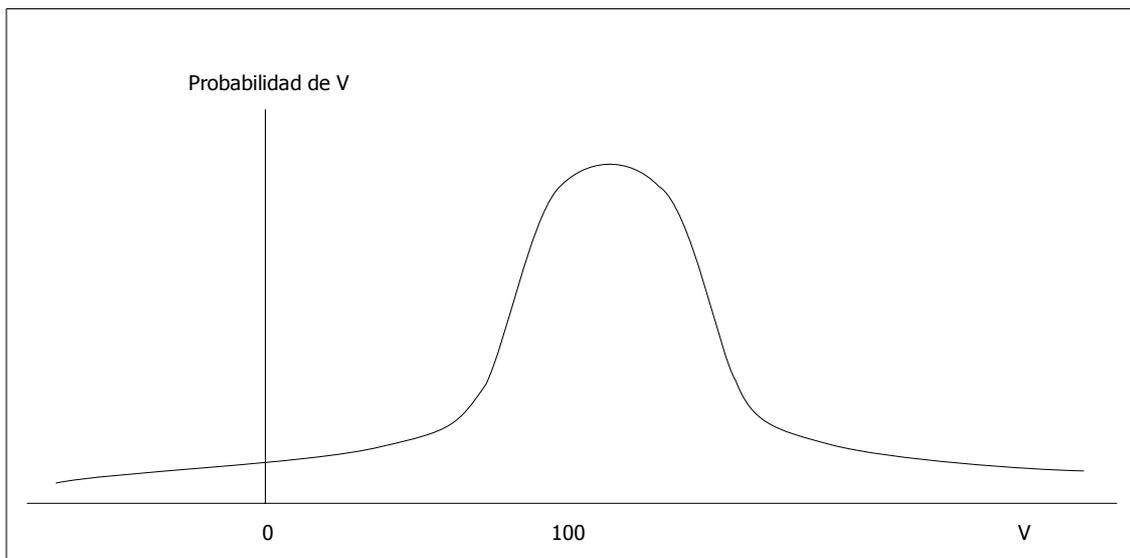


Gráfico 3a
Árbol de valores con dividendos (1)

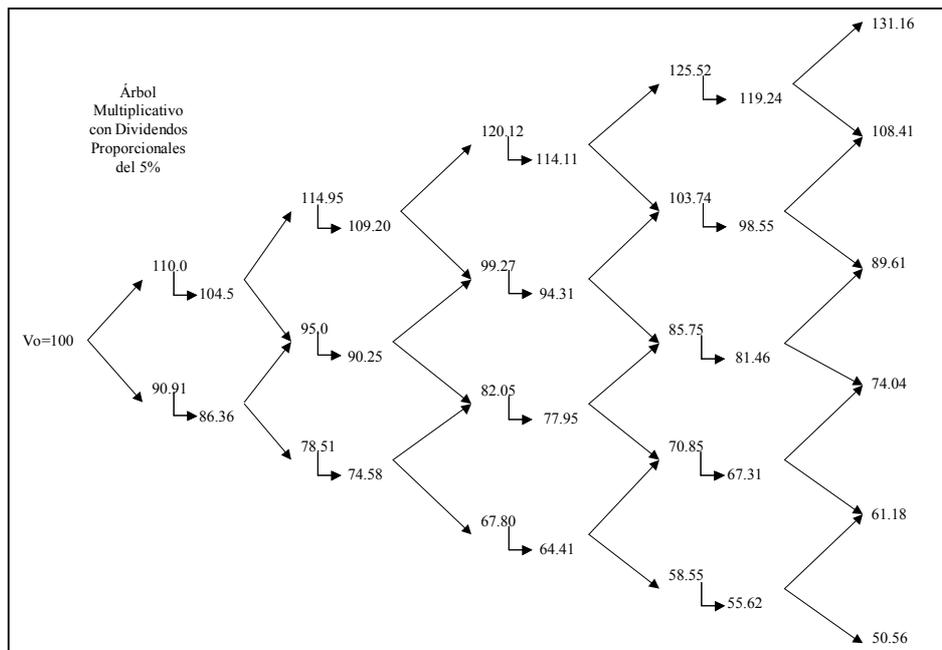
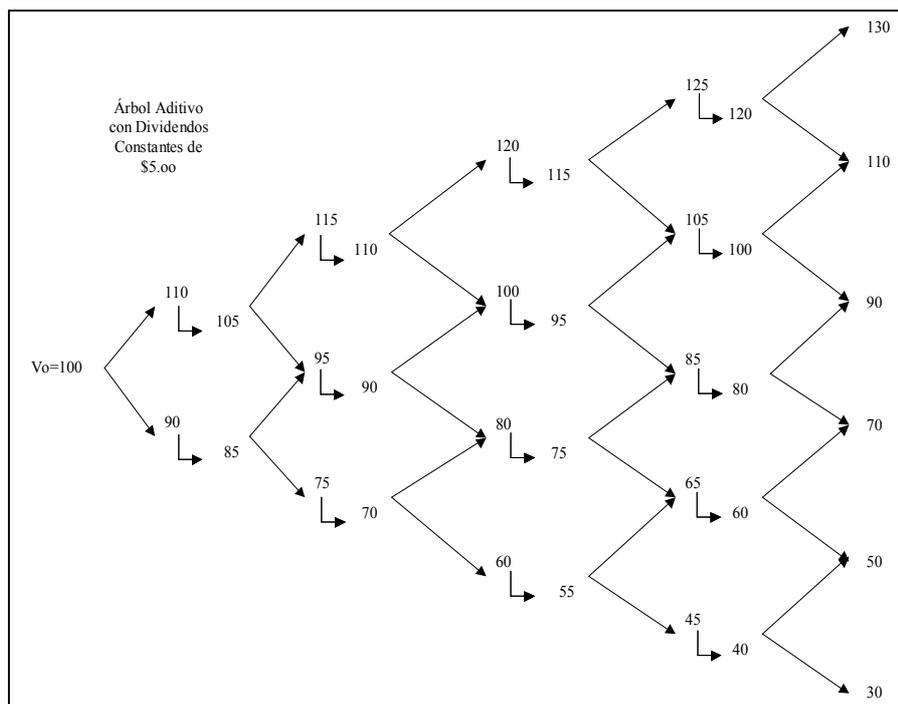


Gráfico 3b
Árbol de valores con dividendos (2)



APÉNDICE 1

Un modelo de decisión de internacionalización mediante exportaciones basado en el valor de la opción de retardo (*CALL OPTION*)*

Se asume que la demanda de los productos de una empresa en los mercados extranjeros es aleatoria y sigue un movimiento browniano geométrico: $dD_t = \beta D_t dt + \sigma D_t dB_D$ donde β es el coeficiente del *trend* temporal, σ es la varianza del proceso y dB es el incremento de un proceso de Wiener con la siguiente distribución: $E[dB] = 0$ y $Var[dB] = dt$. Consecuentemente, la utilidad generada por un proceso de internacionalización se puede describir como: $d\Pi_t = \beta \Pi_t dt + \sigma \Pi_t dB_D$ y el valor del proyecto será: $dV_t = \beta V_t dt + \sigma V_t dB_D$.

Por supuesto, se asume que el proyecto de internacionalización no es completamente reversible o que existen unos costos sumergidos irrecuperables, incluso desde las modalidades más sencillas, como las exportaciones. El grado de irreversibilidad del proyecto se puede, entonces, medir en función de los costos fijos fundamentales en que incurre una empresa que emprende un proyecto de internacionalización. Considérese el siguiente caso:

$$C = C_I(1 - q_{NI})q_A(1 + \omega(L_{tot})) + (1 - q_A)C_I(1 - q_{NI}) + C_O(1 - q_{NI})\frac{L_I}{L_{tot}} + p_F PW * SOCPERS$$

Donde L_{TOT} es la dimensión de la empresa representada por el número total de empleados; C_I , el costo específico de la inversión en el proyecto de internacionalización, y q_{NI} , el grado de integración de la empresa en una red productiva. Como *proxy* de la integración se usa la participación del producto elaborado por subcontratación en el producto total de la empresa. $\omega(L_{TOT})$ representa los *lemon costs* que asume la empresa al

* Tomado y adaptado de Becchetti y Sierra (2001a).

emplear financiación externa, donde $\omega'(\cdot) > 0$ y $\omega''(\cdot) < 0$, ya que los *lemon costs* son una función convexa de la dimensión de la empresa.³⁹ Se asume que dichos *lemon costs* son el precio de una parte de los costos totales de inversión y que tal parte es proporcional a la participación del grupo de control en el capital de la empresa. C_o es el costo de oportunidad generado por la desviación de una parte de la fuerza laboral (L_I , que representa una cantidad fija) hacia el proyecto de inversión de exportación. C_o debería ser igual a la productividad total del trabajo.

Otra parte de los costos sumergidos equivale al producto del aumento marginal de la probabilidad de quiebra de la empresa que ha decidido internacionalizarse (p_F) por el patrimonio personal de los miembros del grupo de control (PW), si la empresa es una sociedad de personas con responsabilidad ilimitada ($SOCPERS$ es una *dummy* que toma el valor de uno en el caso de las sociedades de personas en las que la responsabilidad asumida es ilimitada).

Si se asume que el grupo de control de la empresa posee una porción q_A del proyecto, tal grupo tendrá derecho a una parte proporcional q_A de los dividendos del proyecto. De acuerdo con Dixit y Pindyck (1994), la ecuación que representa el valor crítico del proyecto que define la *optimalidad* de la inversión del grupo de control es:

$$\bar{V} = \frac{\lambda [Cq_{IC} + FC_0(IC)]}{\lambda - 1}$$

Donde:

$$\lambda_1 = \frac{1}{2} - (r - \delta q_{IC}) / \sigma^2 + \sqrt{\left((r - \delta q_{IC}) / \sigma^2 - \frac{1}{2} \right)^2 + 2r / \sigma^2} > 1$$

es la raíz positiva de la siguiente ecuación cuadrática

³⁹ Diversos estudios empíricos (Fazzari, Hubbard y Petersen, 1988; Hoshi, Kashyap y Sharfstein, 1991; Devereux y Schiantarelli, 1990; Becchetti y Paganetto, 2001; Schiantarelli y Georgoutsos, 1990, y Bond y Meghir, 1994) demuestran que estimaciones hechas con grupos de pequeñas empresas proporcionan evidencia clara sobre las restricciones crediticias existentes, mientras que no sucede lo mismo en los ejercicios hechos con empresas grandes.

$$Q = \frac{1}{2} \sigma^2 \lambda (\lambda - 1) + (r - \delta q_{IC}) \lambda - r = 0$$

donde δ es el flujo de dividendos esperados del proyecto; r , la tasa real de descuento,⁴⁰ y $FC_0(IC)$, el costo de oportunidad fijo para cada accionista de control que evalúa el proyecto.

Para evaluar el impacto de q_{IC} sobre λ se debe considerar que:

$$\frac{\partial Q}{\partial \lambda} \frac{\partial \lambda_1}{\partial q_{IC}} + \frac{\partial Q}{\partial q_{IC}} = 0.$$

Dado que $\frac{\partial Q}{\partial \lambda} > 0$ en λ_1 y $\frac{\partial Q}{\partial q_{IC}} = -\delta \lambda < 0$,

Entonces,

$$\frac{\partial \lambda_1}{\partial q_{IC}} = \frac{\delta}{\sigma^2} + \frac{1}{2} \left\{ \left((r - \delta q_{IC}) / \sigma^2 - \frac{1}{2} \right)^2 + 2r / \sigma^2 \right\}^{-\frac{1}{2}} 2 \left((r - \delta q_{IC}) / \sigma^2 - \frac{1}{2} \right) \left(-\frac{\delta}{\sigma^2} \right)$$

debe ser positiva y el valor de la opción de espera debe ser menor entre más alta sea la participación del primer accionista. El efecto de un aumento de la dimensión de la empresa sobre el valor de umbral es negativo como lo describe la ecuación siguiente:

$$\frac{\partial \bar{V}}{\partial L_{TOT}} = \frac{\lambda q_{IC}}{\lambda - 1} \left[q_A (1 - q_{NI}) C_I \omega'(L_{tot}) - C_O \frac{L_I}{(L_{tot})^2} \right] < 0,$$

Mientras el efecto de un aumento en la dimensión de la empresa sobre el valor crítico es decreciente a medida que aumenta el tamaño de la empresa, ya que:

$$\frac{\partial^2 \bar{V}}{\partial L_{TOT}^2} = \frac{\lambda q_{IC}}{\lambda - 1} \left[q_A (1 - q_{NI}) C_I \omega''(L_{tot}) + 2C_O \frac{L_I}{(L_{tot})^3} \right]$$

⁴⁰ Se asume que δ es positivo e igual a $r - \beta$ para que la espera no sea infinita.

Ello se debe a que un incremento del tamaño de la empresa reduce el costo de oportunidad interno y los *lemon costs* de la financiación externa. La siguiente ecuación ilustra el efecto de un cambio en la estructura de propiedad (porcentaje perteneciente al grupo de control) sobre el valor de umbral:

$$\frac{\partial \bar{V}}{\partial q_{IC}} = \frac{\partial \bar{V}}{\partial \lambda} \frac{\partial \lambda}{\partial q_{IC}} C + \frac{\lambda}{\lambda - 1} \frac{\partial C}{\partial q_{IC}} + \frac{\lambda}{\lambda - 1} C$$

El efecto sobre el primero y el tercer términos es positivo, aunque el tercer impacto es atenuado parcialmente por un aumento de la participación en los dividendos esperados en un monto de la misma proporción, si se asumiera que los costos fijos de la valoración hecha por cada accionista de control son cero.

El efecto final y el segundo efecto (aumento de los *lemon costs*) son ambiguos pues, por un lado, un aumento de la cuota de utilidad esperada reduce el valor de la opción de espera y, por otro, un aumento de la participación de fondos de financiación externos aumenta los *lemon costs*.

El efecto negativo de los *lemon costs* prevalece en las empresas de dimensiones reducidas. En el caso de las empresas grandes, prevalece el efecto positivo del aumento de la participación en la utilidad esperada. Ello se expresa mediante la siguiente derivada cruzada:

$$\frac{\partial^2 \bar{V}}{\partial q_{IC} \partial L_{TOT}} = \frac{\partial \bar{V}}{\partial \lambda} \frac{\partial \lambda}{\partial q_{IC}} \frac{\partial C}{\partial L_{TOT}} + \frac{\lambda}{\lambda - 1} \frac{\partial^2 C}{\partial q_{IC} \partial L_{TOT}} + \frac{\lambda}{\lambda - 1} \frac{\partial C}{\partial L_{TOT}} \quad (1)$$

donde

$$\frac{\partial C}{\partial L_{TOT}} = q_A (1 - q_{NI}) C_I \omega'(L_{tot}) - C_O \frac{L_I}{(L_{tot})^2} < 0 \quad (2)$$

En efecto, el primer y el tercer términos son negativos. La magnitud del primero depende del tamaño de C , ya que C disminuye a medida que el tamaño aumenta y el término negativo se reduce. Entonces es probable que prevalezca el término positivo a medida que aumenta la dimensión de la empresa y que la concentración de la propiedad

empiece a ejercer un efecto positivo sobre la decisión de realizar la inversión en el proyecto de internacionalización.

APÉNDICE 2

Tales y las Prensas de Olivas

¿Cuáles son las variables que permiten analizar este caso según el análisis de las opciones reales? Veamos:

- El activo subyacente es el valor del alquiler de las presas.
- La fuente de incertidumbre es la variabilidad de la cosecha de olivas, aunque la variable que realmente interesa es la desviación estándar del valor del alquiler de las presas derivada de la demanda que se presente y que es una función de la cosecha (cantidad).
- El precio de ejercicio es el canon usual de arrendamiento que había sido acordado en el contrato.
- La tasa libre de riesgo es una tasa de mercado observable, se presume.
- El tiempo de madurez de la opción es el período comprendido entre el establecimiento del contrato y el momento de la cosecha.

El valor de la opción es el monto de dinero que Tales les pagó a los propietarios de las presas, es decir, los ahorros que había acumulado durante su vida.

Referencias Bibliográficas

- Amram, M. y Kulatilaka, N. (2000), “Strategy and Shareholder Value Creation. The Real Options Frontier”, en *Journal of Applied Corporate Finance*, vol. 13, No. 2.
- Bagella, M.; Becchetti, L. y Caggese, C. (2001), “Finance, Investment and Innovation. A Three-Pillar Approach Based on a priori Identification, Direct Relevance and Econometric Estimation”, en *Research in Economics*, vol. 55, No. 2.
- Becchetti, Leonardo y Paganetto, Luigi (2001), “The Determinants of Suboptimal Technological Development in the System Company-Component Producers relationship”, en *International Journal of Industrial Organization*, vol. 19, No. 9.
- Becchetti, Leonardo y Sierra, Jaime (2001a), “Struttura proprietaria e acceso ai mercati esteri delle piccole e medie imprese italiane”, en Quintieri, B. (a cura di), *Le imprese esportatrici italiane: caratteristiche, performance e internazionalizzazione*, Bologna, Il Mulino.
- _____ (2001b). *Finance, Investment and Innovation. Empirical and Theoretical Challenges*, The Netherlands, EIFC Consortium Working Paper, Institute for New Technologies of the United Nations University. Disponible en: <http://www.intech.unu.edu/publications/eifc-tf-papers/eifc02-9.pdf>
- Bodie, et al. (2000), *Investments*, s. l., McGraw Hill.
- Bond, S. y Meghir, C. (1994), “Dynamic Investment Models and the Firm’s Financial Policy”, en *Review of Economic Studies*, No. 61.
- Buckley, Adrian (1998), *International investment. Value creation and appraisal*, Copenhagen, Handelshojskolens Forlag.
- Copeland, T. y Antikarov, V. (2001), *Real Options*, New York, TEXERE LLC.
- Devereaux, M. y Schiantarelli F. (1989), “Investment, Financial Factors, and Cash Flow. Evidence from UK Panel Data”, en *NBER Working Paper*, No. 3116.
- Dixit, A. y Pindyck, R. (1994), *Investment under Uncertainty*, Princeton, Princeton University Press.
- Fazzari, S. M.; Hubbard, G. R., y Petersen, B.C. (1988), “Financing Constraints and Corporate Investment”, en *Brookings Papers on Economic Activity*, s. d.

- Hoshi, T.; Kashyap, A., y Scharfstein, D. (1991), “Corporate Structure, Liquidity and Investment. evidence from Japanese Industrial Groups”, en *Quarterly Journal of Economics*, No. 90.
- Leslie, Keith J. y Michaels, Max P. (1997), “The Real Power of Real Options”, en *The McKinsey Quarterly*, No. 3, September.
- Mintz, S. L. (1999), “Getting Real”, en CFO, *The Magazine for Senior Financial Executives*, November.
- Myers, S. C. y Majluf, N. S. (1984), “Corporate Financing Decisions when firms Have Investment Information that Investment do Not”, en *Journal of Financial Economics*, No. 13.
- Saltari, E. y Travaglini, G. (2001), “Financial Constraints and Investment Decisions”, en *Scottish Journal of Political Economy*, vol. 48, No. 3.
- Schiantarelli, F. y Georgoutsos, D. (1990), “Monopolistic Competition and the Q Theory of Investment”, en *European Economic Review*, No. 34.
- Short, E. (1994), “Ownership, Control, Financial Structure and the Performance of Firms”, en *Journal of Economic Surveys*, No. 8.
- Sierra, J. (2003), “La propiedad y el control en las decisiones de internacionalización de las empresas”, en *Cuadernos de Administración*, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Pontificia Universidad Javeriana, vol. 16, No. 26, julio-diciembre.
- Trigeorgis, L. (1996), *Real Options*, Cambridge, MIT Press.
- Weigand, J. (1999), “Innovation, Investment and Corporate Finance”, en Mueller, D.; Haid, A., y Weigand, J. (edits.), *Competition, Efficiency, and Welfare. Essays in Honor of Manfred Neumann*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.