

Aplicaciones de la teoría de las opciones reales a la toma de decisiones en la industria del petróleo y del gas

Por **Santiago Fidalgo**
Repsol YPF



Introducción

Este trabajo tiene el propósito de sintetizar y describir las aplicaciones prácticas que la teoría de las opciones reales posee como herramienta de valuación en las decisiones empresariales.

Las herramientas clásicas de evaluación de proyectos, es decir, Valor Actual Neto (VAN) o Tasa Interna de Retorno (TIR), se encuentran limitadas en situaciones dentro de las cuales la flexibilidad es una cuestión esencial en el emprendimiento.

Cuando se analiza un flujo de fondos descontado, se da por sentado que ese es el que sucederá desde el principio hasta el final, sin que su evolución pueda ser alterada por la voluntad de los participantes en el proyecto. Inclusive si se definen escenarios múltiples o se utilizan árboles de decisión con diferentes probabilidades, se asume que una vez definidos estos escenarios no podrán ser alterados.

Pero esto no es lo que sucede en la realidad. Gran cantidad de proyectos tienen derivaciones sumamente importantes que adquirirán valor en determinados estados de naturaleza y solamente en estos casos serán tenidas en cuenta. Las oportunidades de crecimiento, la posibilidad de esperar y ver, o la de deshacerse de un activo que destruye valor se encuadran en esa categoría.

La “nueva economía” ha contribuido a la necesidad de indagar en estas cuestiones. Pocos de los nuevos proyectos de Internet pueden considerarse de VAN positivo según el enfoque tradicional. En cambio, muchos de ellos abren la puerta a mercados inexplorados y en esas oportunidades reside su creación de valor.

Frecuentemente las gerencias se han visto ante el dilema de proyectos de VAN negativo, los que, sin embargo, eran muy difíciles de rechazar ante la evidencia de que el hacerlo privaría a sus empresas de oportunidades futuras. Ante la falta de una herramienta analítica que justificase el proyecto, en muchos casos estos han sido aceptados debido a “razones estratégicas”.

El enfoque de las opciones reales viene a atender estos temas y por medio de su analogía con las opciones financieras busca proveer una medida del valor de la flexibilidad en las decisiones empresariales.

El trabajo, en primer lugar, establece la analogía, definiendo las opciones reales como un modo de pensar cuando la empresa debe afrontar decisiones que hacen a sus oportunidades futuras. En la segunda sección, se presenta un caso práctico de valuación por opciones reales y se analizan ciertas características y diferencias con las opciones financieras. Finalmente, se estudia el mercado de primas de control empresario como una opción real sobre las decisiones de las empresas, cuyo valor puede apreciarse empíricamente.

Las opciones reales como una forma de entender las “razones estratégicas”

Nos encontramos frente a una situación de este tipo: Petrol, uno de los principales productores de gas argentinos, se encuentra evaluando la posibilidad de invertir en

un contrato de adquisición de capacidad de transporte hacia Brasil, con las siguientes características:

Costo: \$ 70 millones
Capacidad adquirida: 50 Bcf por año
Tarifa de transporte: \$ 0,4 / Bcf

El contrato tiene validez por cinco años. A la fecha de cada finalización quinquenal, el contrato prevé una opción para su renovación por otro término similar.

La tasa de corte de la empresa para este tipo de proyectos es del 25 % anual.

Evaluando el proyecto según la metodología tradicional de VAN resulta:

Año	0	1	2	3	4	5
Inversión	-70					
Ingresos	-70	20	20	20	20	20
Van 25%	-16					

De esta manera, el proyecto sería rechazado.

Sin embargo, dentro de la discusión del proyecto, uno de los gerentes observa que existen razones estratégicas para tenerlo en cuenta. En particular, se estima que si el mercado brasileño alcanza cierto grado de madurez, al tercer año sería posible obtener un contrato de provisión de gas con distribuidoras de ese país de las siguientes características:

Provisión de gas: 50 Bcf por año
Precio de venta del gas: \$ 1 / 1000 cf
Ingresos anuales: \$ 50 millones
Costos anuales: \$ 20 millones
Inversión necesaria para poner en marcha este contrato: \$40 millones
Duración: 10 años desde la puesta en marcha

Si Petrol no cuenta en ese momento con la capacidad de transporte necesaria para hacer llegar el gas, es altamente probable que uno de sus competidores consiga el contrato, lo que le ocasionará la pérdida de una fuente de ingresos altamente rentable. Ante este argumento parece difícil rechazar la compra de capacidad de transporte, que previamente parecía un mal negocio.

Sin embargo, otro de los gerentes aclara que tampoco es seguro que el mercado brasileño crezca lo suficiente como para poder absorber un contrato de 50 Bcf. En otra hipótesis alternativa, el contrato llega a tan solo 10 Bcf. Los costos fijos hacen que el costo anual sea de \$ 8 millones. La inversión inicial permanece en \$ 40 millones. Entonces, no solamente la rentabilidad de la compra de capacidad de transporte no mejora, sino que se incurre en mayores pérdidas.

¿Qué hacer ante la disyuntiva? Es aquí donde aparece la utilidad de pensar en forma de opciones reales.

Las opciones reales nacieron como una analogía de las opciones financieras, sólo que en este caso el activo subyacente, en lugar de ser un activo financiero, es un proyecto.

En una opción financiera de compra (*call*), sobre acciones por ejemplo, la adquisición de la prima (C) representa un derecho de adquirir a un cierto precio de ejercicio (K)

un activo subyacente (S), en una fecha determinada (T) en el caso de una opción europea o hasta una fecha determinada en el de una opción americana.

Los determinantes del precio de una opción financiera, según la literatura tradicional, son los siguientes:

	Call	Put
Precio Activo Subyacente	+	-
Precio Ejercicio	-	+
Volatilidad	+	+
Tasa de interés libre de riesgo	+	-
Tiempo hasta la Expiración	+	+

Luego veremos brevemente la justificación de la influencia de estas variables.

Volviendo al dilema que afronta Petrol, reflexionemos sobre cómo puede transitarse desde las opciones financieras a las opciones reales.

La totalidad del proyecto de compra de capacidad de transporte (VAN) puede verse como un *call* que permitiría, dentro de un término de tres años, a un precio de ejercicio igual a la inversión inicial de \$ 40 millones, capturar al activo subyacente igual al contrato para abastecer a Brasil.

Según la siguiente tabla:

Opción financiera	Opción real	Petrol
Precio activo subyacente	VAN flujo esperado	VAN contrato venta de gas
Precio Ejercicio	Inversión	\$ 40 millones
Volatilidad	Volatilidad	Rango 50-10 Bcf por año
Tasa de interés libre de riesgo	Tasa de préstamos y colocaciones de corto plazo	Tasa a la que puede prestar y colocar en el corto plazo
Tiempo hasta la Expiración	Tiempo hasta que la oportunidad de inversión desaparezca	3 años
Prima	Prima: inversión en el proyecto que crea la opción real	VAN Proyecto capacidad de transporte: \$16 millones

Por medio de esta tabla la gerencia de Petrol puede analizar más racionalmente su inversión en capacidad de transporte, que así vista no es otra cosa que la prima, para posteriormente poder tener acceso a otro proyecto mucho mayor. Este *call* se comportará respecto de las demás variables de la misma manera que lo que indique la teoría de las opciones financieras.

De este modo, tendrá más valor si el VAN esperado del contrato de venta de gas sube, por ejemplo, por mejores expectativas del precio del gas. En cambio, si el precio de ejercicio, es decir la inversión inicial necesaria para implementar al contrato aumenta, el *call* tendrá un menor valor.

El valor de la prima tiene relación directa con la volatilidad del rendimiento del activo subyacente, representada en este caso por el rango de posible demanda futura del gas entre 50 y 10 Bcf. Esto es así porque como no tengo la obligación de ejercer la opción (firmar el contrato), sino solamente la posibilidad de hacerlo, puedo aguardar a los valores más elevados del rango y recién allí hacerla efectiva.

También se incrementará el valor de la capacidad de trans-

porte adquirida con la tasa de interés de corto plazo a la que es posible tomar y prestar en el mercado, y con el tiempo que resta hasta la fecha en la cual el contrato debe acordarse.

Como se ve en todo este razonamiento, las opciones reales son ante todo una manera de ver los proyectos donde existe la flexibilidad en las decisiones, que nos permite apreciar con más claridad por qué proyectos como el de Petrol pueden ser convenientes.

Existen tres tipos básicos de opciones reales: de crecimiento (la de Petrol es un ejemplo), de espera y de abandono. Todos ellos toman prestado el instrumental de las opciones financieras y lo aplican al análisis de proyecto.

Las opciones de espera se dan cuando es posible diferir el inicio de un proyecto hasta el momento en el cual la gerencia estime más conveniente. Petrol puede adquirir una opción de crecimiento con la compra de capacidad de transporte, pero si a su vez tuviese una opción de espera para decidir cuándo celebra su contrato de venta de gas, podría aprovechar su situación aun cuando en tres años el mercado brasileño no fuese suficientemente maduro. En ese caso, la prima (inversión en capacidad) sería de mayor valor.

Las opciones de abandono pueden asimilarse a un *put*. En nuestro caso, podría darse si Petrol, de no verificarse un crecimiento en el mercado brasileño en el tercer año que justificase el contrato, pudiese vender a un precio fijo su capacidad de transporte a un tercero.

Es fundamental recalcar que el aspecto "cualitativo" del análisis mediante opciones reales no debe ser subestimado. Razonar debidamente cuál será la influencia de cada variable sobre un determinado proyecto puede ser a veces más importante que su evaluación numérica, que en todo caso depende de valores como la volatilidad, que deben ser estimados y cuya variación guarda una gran sensibilidad con los resultados de la valuación.

Las opciones reales como una metodología de evaluación de proyectos

¿Cómo ir desde la visión general de las oportunidades empresarias como opciones hasta una metodología que permita aplicarlas a casos prácticos de evaluación de proyectos? Nuevamente, comencemos por ver qué sucede con las opciones financieras.

Supongamos el caso de una acción (S) cuyo valor en el

período t es \$ 100. En el período t+1, dependiendo de los estados de naturaleza, este valor puede ser de \$ 150 o de \$ 50. ¿Cuál es el valor de un *call* que puede ejercerse en t+1, con precio de ejercicio (K) de \$ 90?



Como el tenedor de la opción no está obligado a ejercerla, su flujo de fondos nunca será negativo a la fecha de ejercicio. Entonces este estará dado por: $\text{Max}(S_{t+1} - K, 0)$. En el caso que seguimos, será en el estado de naturaleza $S_{+,} = 150 - 90 = 60$ y en $S_{-} = 0$.

Para estimar el valor del *call* en t recordemos que existe otra manera de obtener idénticos flujos de fondos en t+1. Si los flujos de fondos son iguales, el valor inicial de la prima también lo será.

La forma de replicar los flujos de fondos del *call* consiste en comprar n acciones S a la fecha t, financiándose con un bono (B) o préstamo (se asume en general que se puede tomar prestado o prestar a la tasa de corto plazo libre de riesgo), tales que luego de devolver el préstamo resulten los flujos $S_{+}=60$ y $S_{-}=0$ en t+1.

St+1	$\frac{t+1S_{+}}{150}$	$\frac{t+1S_{-}}{50}$
B	$\frac{-50}{100}$	$\frac{-50}{0}$
Call ('C')	60	0

En t+1:

$$S_{t+1} - B = 100 / 60 * C$$

En t:

$$S_t - B / (1+r) = 100 / 60 * C, \text{ si } r = 10 \%$$

$$C = 100 - 50 / (1,1) * 60/100 = 32,7$$

Hemos hallado al valor del *call* en base a las variables: precio de la acción en t (activo subyacente), el rango de posibles precios en t+1 (volatilidad), el precio de ejercicio K y la tasa libre de riesgo r.

Obsérvese que en la fórmula no intervienen las expectativas medidas como las probabilidades sobre los precios de la acción en el futuro ni tampoco la tasa de descuento de la empresa a la que pertenece la acción, ya que la prima se obtiene por una fórmula de arbitraje. Esto es sumamente conveniente por dos razones:

- Al no intervenir las expectativas acerca de las probabilidades de los diversos estados de naturaleza, se tiene un valor único para cualquier participante del mercado.
- Se trabaja con una tasa de descuento única. Si quisiéramos descontar el flujo de fondos con el costo de capital que tenga en cuenta el riesgo de la opción nos encon-

triaríamos ante una tarea imposible, puesto que este riesgo se modifica continuamente, ya sea por movimientos en el precio de la acción o por el mero transcurso del tiempo (pensar en las diferencias de riesgo de una opción *in the money* o *out of the money*, o con vencimiento lejano o próximo).

Teniendo en cuenta que, por definirse sobre la base de arbitraje, la tasa de descuento relevante es aquella a la cual el inversor puede tomar y prestar en el corto plazo (en este caso, tasa libre de riesgo, y en todos los casos, tasa libre de riesgo "del mercado accionario"), podemos desarrollar un método alternativo de estimación del valor de una opción.

Para ello debemos buscar cuáles son las ponderaciones de los valores en los estados de naturaleza (cuasiprobabilidades, p y 1-p) según las cuales se obtendría una rentabilidad igual a tasa libre de riesgo de la tenencia de la acción. Se modifica la distribución de las variaciones de la acción para adaptarla a un mundo libre de riesgo.

En nuestro ejemplo:

$$r = p(S_{+} / S_t - 1) + (1-p)(S_{-} / S_t - 1)$$

$$10 \% = p(50 \%) + (1-p)(-50 \%)$$

$$p = 0,6$$

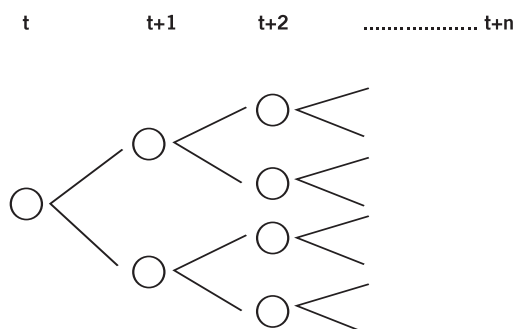
El valor futuro del *call* en t+1 es igual a:

$$C_{t+1} = 0,6 * 60 + 0,9 * (0) = 36$$

Y el valor del *call* en t es:

$$C = 36 / 1,1 = 32,7 \text{ (es decir, el mismo valor que hemos obtenido anteriormente)}$$

De esta manera, puede obtenerse el valor de un *call* o de un *put* descontando el flujo de fondos correspondiente. El modelo que hemos visto de solamente un período, aunque puede parecer muy simple, se adapta perfectamente a la forma general. A medida que se agregan períodos de tiempo, o que se fraccionan más éstos para darle mayor realismo a la variación de los estados de naturaleza, deben agregarse nodos. En cada uno de ellos se obtiene el valor de la opción, hasta obtener el precio de la prima en el momento t inicial.



A medida que incorporamos mayores divisiones entre los períodos, n va tendiendo a infinito, y se pasa de tiempo discreto a tiempo continuo. En efecto, la conocida fórmula de Black and Scholes estima el valor de las primas de

esta manera pero considerando tiempo continuo, junto con una distribución normal de los estados de naturaleza.

A pesar de contar con esta herramienta, es fundamental recordar la manera binomial de cálculo del valor de las opciones, especialmente útil cuando se trabaja con opciones reales y se quiere detallar cada estado de naturaleza.

La analogía entre opciones reales y financieras está preparada para ser trasladada desde el plano cualitativo al cuantitativo, aunque con algunas aclaraciones. La estimación del valor de una opción se ha hecho partiendo del arbitraje entre una opción y la compra financiada del activo subyacente, de modo que los flujos de fondos finales fueran idénticos. Pero para aplicar idéntico método a una opción real deben darse las siguientes características:

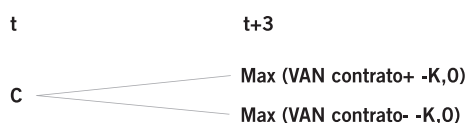
- Que pueda adquirirse el activo subyacente u otro activo real o financiero cuyos flujos de fondos estén perfectamente correlacionados con él.
- Que la tasa de interés que se use para descontar los flujos sea aquella a la cual efectivamente el tomador de la acción pueda prestar y colocar dentro del plazo de referencia. En las opciones financieras, que grandes fondos que determinan el precio de la opción puedan tomar y prestar en el corto plazo a la tasa libre de riesgo es un supuesto bastante realista, pero no es así en el caso de las opciones reales. Ante mercados imperfectos de capitales, la tasa de interés será diferente para distintos agentes y por lo tanto el valor de la opción también lo será. La tasa de interés es “libre de riesgo” en el sentido de “libre de riesgo del mercado accionario” solamente, pero no libre de riesgo crediticio.

La estimación del valor de una opción real es mucho más “artesanal” que en el caso de su pariente financiera, y conocer la fórmula final no nos asegura nada sin comprender los pasos intermedios.

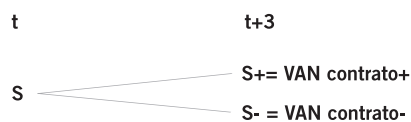
Volvamos al dilema de Petrol acerca de si invertir o no en la compra de capacidad de transporte hacia Brasil.

En primer lugar, deberemos suponer que es posible adquirir hoy el contrato de suministro (el activo subyacente), a un precio igual a su VAN descontado a su costo del equity (suponemos que este es 25 % anual). De lo contrario, no tendría sentido valorar la opción por este método.

Los flujos de fondos de esa opción son los siguientes:



Mientras que los del activo subyacente son:



Probabilidad S+ (q) = 0,5

Costo equity = 25 %

Con lo que el valor de S en t será igual a:

$$S = VAN \ 25 \% [q (S+) + (1-q) (S-)]$$

$$S = [0,5 * 110 + 0,5 * 7] / (1,25)^3$$

$$S = 29,95$$

A fin de estimar el valor del call C en t debemos regresar al mundo libre de riesgo accionario y estimar ahora las cuasiprobabilidades p y (1-p):

$$r = p [(S+/S)^{1/3} - 1] + (1-p) [(S-/S)^{1/3} - 1]$$

$$\text{Si } r = 15 \%$$

$$15 = p * 54 + (1-p) * -38$$

$$p = 0,58$$

y el valor de C resulta ser

$$C = [0,58 * (110-40) + 0,42 * (0)] / (1,15)^3 = 26,7$$

Es mayor que el VAN negativo que resultaría de adquirir la capacidad de transporte. Por ende, es ventajoso comprar esta capacidad, ya que la prima de la opción real asociada más que compensa los costos.

El ejemplo de Petrol corresponde a la valoración de una opción de crecimiento en la cual se identificaron los posibles estados de naturaleza. Si, en cambio, lo que se conoce es su volatilidad a lo largo del tiempo, estaríamos frente a un problema de tiempo continuo y deberíamos utilizar la fórmula de Black and Scholes.

Aquí surge nuevamente el tema de la “artesanalidad” de la valuación mediante opciones reales. Las situaciones que se pueden prestar a este análisis son diversas, y en cada una de ellas se deberá ver cuál es el modelo más adecuado para su desarrollo.

Por ejemplo, podemos estar evaluando una central térmica eléctrica. Allí la opción real estará dada por la posibilidad de generar electricidad con un precio de ejercicio igual al costo operativo y un valor del activo subyacente igual al precio de la electricidad en el mercado.

Pero también la situación puede ser la de un club de fútbol que estudia la compra del contrato de un jugador muy joven (con un valor del activo subyacente bajo y alta volatilidad) o de otro más experimentado (con un valor del activo subyacente alto y baja volatilidad).

Otros ejemplos (de ninguna manera taxativos) son los siguientes:

- La exploración de hidrocarburos o minerales, con precio del activo subyacente igual al del mineral, precio de ejercicio igual a la inversión de desarrollo del yacimiento y una cierta volatilidad dada tanto por las características geológicas como por la cotización del mineral en cuestión.
- Los proyectos de portales de internet, como se ha mencionado, o de desarrollo de drogas farmacéuticas.
- La adquisición de tierras con miras a un desarrollo inmobiliario en caso de cambiar las condiciones de la zona (si se construyen vías de comunicación, mejoran los caminos, la seguridad, la capacidad adquisitiva, etc.).
- El endeudamiento con hipotecas, con dos opciones incluidas: no pagar y dejar el inmueble, o precancelar.

En todos estos ejemplos, así como en los que pudiesen presentarse, deberá estudiarse el modelo más conveniente y realizar la valuación de esa manera.

La compra de opciones reales en el mercado: el caso de las primas de control

Una importante limitación para el estudio empírico de las opciones reales es el hecho de que muy pocas de ellas poseen un mercado fluido y observable, con lo cual puede estimarse su valor, pero luego no es posible constatar si ese valor coincide con el reconocido por los agentes económicos.

Una excepción a esta "iliquidez" de las opciones reales se da en el mercado de primas de control empresarial, esto es, en el precio pagado por paquetes accionarios que otorgan el control de empresas, por encima del valor de esa misma empresa en la bolsa para los accionistas minoritarios. Pratt, Reilly y Scheihs citan primas de entre 20 y 40 % en transacciones dentro de Estados Unidos durante las décadas de 1980 y 1990. El valor de esa prima de control sigue en forma directa a los derechos que otorga la mayoría adquirida, es decir, a decisiones tales como nuevas inversiones de crecimiento, apalancamiento financiero, fusiones empresarias, mantenimiento o discontinuación de los negocios o disolución de la sociedad y liquidación de sus activos.

Como esta capacidad de decisión es la única diferencia entre las acciones para los mayoritarios o para el accionista minoritario, es lógico pensar que la prima de control no es sino su precio. Y este precio, observable en el mercado, constituye la prima de las opciones adquiridas por los nuevos mayoritarios, ya sea de crecimiento, de abandono o de espera, o varias opciones en su conjunto.

Las diversas fusiones y adquisiciones empresarias que han existido en la Argentina durante la década del 90 mostraron también pagos de primas por encima del valor de la cotización de las empresas adquiridas en el mercado.

Ya en el año 2000 se pueden observar en el mercado argentino canjes de acciones, ofrecidos por los grupos de control de seis empresas cotizantes en la Bolsa de Buenos Aires (dos financieras, tres energéticas, una de telecomunicaciones) a fin de hacerse con posiciones de los accionistas minoritarios. El porcentaje de aceptación varió entre 66 % y 98 %, pero en cinco casos superó el 86 % y en cuatro el 91 %. Si bien el temor a la pérdida de liquidez pudo haber favorecido la elevada aceptación por parte de los minoritarios, los grupos de control, permitiéndoles salir de esa situación de iliquidez, de alguna manera les transfirieron valor y por lo tanto pagaron un precio por contar con un mayor control sobre el capital. Esta diferencia de valor entre mayoritarios y minoritarios también puede interpretarse como una opción real.

Históricamente entonces surge el hecho de primas de control. Descartando errores sistemáticos, nuevamente la justificación va por opciones reales.

Los pasos para la evaluación de un proyecto que contiene opciones reales

De acuerdo con lo visto, los pasos a seguir en la evaluación de los proyectos serían los siguientes:

- Analizar si las opciones reales son un componente importante del proyecto. Si no lo son, analizarlo según la

metodología tradicional. Debe extremarse el cuidado de no justificar malas inversiones con "dudosas" opciones reales.

- Si contiene opciones reales, estudiar "cualitativamente" la sensibilidad del proyecto a las distintas variables.
- Construir el modelo apropiado para el proyecto.
- Valorar tanto los flujos de fondos antes de opciones como a las opciones reales del proyecto.
- En función de los resultados obtenidos, tomar la decisión que cree mayor valor. ■

Bibliografía

- Beliossi, G., *Option Pricing of an Oil Company*, 1996.
- Black, F. y Scholes, M., *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*, The Journal of Political Economy, vol. 81, n° 3, mayo/junio 1973, 637-654.
- Breadley, R. y Myers, S., *Principles of Corporate Finance*, 1981, 494-534.
- Cox, J., Ross, S., Rubinstein, M., *Option Pricing: A Simplified Approach*, Journal of Financial Economics, vol. 7, 1979, 229-263.
- Dapena Fernández, J., *A Note on Valuation of Companies with Growth Opportunities*, 2000.
- Dapena Fernández, J., *Flexibilidad, Activos Estratégicos y Valuación por Opciones Reales*, 2001.
- Dapena Fernández, J., *Sobre la Propiedad de las Opciones Reales y los Activos que las Originan*, 2001.
- Fernández, P., *Valoración de Empresas*, 1999, cap. 26, Valoración de empresas a partir de la teoría de opciones, 507-534.
- Fink, R., *Reality Checks for Real Options*, CFO Magazine, sep. 13/2001.
- Flatto, J., *Using Real Options in Project Evaluation*, 2001.
- Kellogg, D. y Charnes, J., *Real Options Valuation for a Biotechnology Company*, Financial Analyst Journal, vol. 56, n° 3, mayo/junio 2000, 76-87.
- Kolb, R., *Futures, Options & Swaps*, 1994.
- Lambrecht, B., *The Timing and Terms of Merger, Stock Offers and Cash Offers*, 2001.
- Newton, D., Paxson, D., Howell, S., Mustafa, C., Stark, A., *Real Options: Principles and Practice*, 2001.
- Pratt, S., Reilly, R., Schweihs, R., *Valuing a Business: The Analysis and Appraisal of Closely Held Companies*, 1995, cap. 14, "Minority Discounts, Control Premiums and Other Discounts and Premiums", 298-330.
- Schwartz, E. y Moon, M., *Rational Pricing of Internet Companies*, Financial Analyst Journal, vol. 56, n° 3, mayo/junio 2000, 62-75.
- Trigeorgis, L., *Real Options*, 1996.