

VALORACIÓN AMBIENTAL POR MEDIO DE OPCIONES REAIS

JUAN PIÑEIRO CHOUZA* / JACOBO FEÁS VÁZQUEZ**

*Departamento de Economía Financeira e Contabilidade
Facultade de Ciencias Económicas e Empresariais
Universidade de Santiago de Compostela
** E.U. de Relacións Laborais de Lugo
Universidade de Santiago de Compostela

Recibido: 14 outubro 1999

Aceptado: 16 decembro 1999

Resumo: Trala Segunda Guerra Mundial, os países occidentais comezaron a tomar conciencia das repercusións que os seus proxectos de desenvolvemento e industrialización tiñan sobre o medio. O rápido crecemento industrial obviara, a principios de século, os efectos que podería producir sobre as próximas xeracións. O obxecto desta análise será a consideración dunha ferramenta de xestión, como complemento das existentes e non como substituto, que nos proporcione un método de valoración global en termos económicos deses efectos, tendo en conta que tanto a repercusión do tempo como a magnitude dos efectos son incertos.

Palabras clave: Medio ambiente / Opcións reais / Valor actual neto / Toma de decisións.

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT THROUGH REAL OPTIONS

Summary: After World War II, western countries began to be aware of the repercussions their development and industrial projects have on the environment. The fast industrial growth had not taken into account, at the beginning of the century, the effects it could have on future generations. The aim of this analysis will be the consideration of a management tool, complementary to not substitute for the existing ones, that will provide a global assessment method in economic terms of such effects, taking into account that both the repercussion of time and the magnitude of the effects are uncertain.

Keywords: Environment / Real options / Present net value / Decision-making.

INTRODUCCIÓN

Trala Segunda Guerra Mundial, os países occidentais comezaron a tomar conciencia das repercusións que os seus proxectos de desenvolvemento e industrialización tiñan sobre o medio natural. O rápido crecemento industrial obviara, a principios de século, os efectos que podería producir sobre as próximas xeracións.

É no 1972 cando a preocupación en materia de medio natural comeza a da-los seus froitos. Da Conferencia de Estocolmo celebrada ese ano xorde a "Declaración sobre o medio humano". A partir deste momento, comézase a recoñecer que o crecemento económico non é un fin nel mesmo.

A raíz da conferencia desenvólvese o concepto de "xestión ambiental" na empresa, establecéndose políticas e compromisos sectoriais de mellora ambiental; durante os anos 80 lévanse a cabo as primeiras medidas de tipo correctivo e os efec-

tos sobre o contorno comezan a regularse a través dunha normativa ambiental. Xa nos anos 90, lévanse a cabo medidas preventivas e de certificación que inclúen o deseño de sistemas que anticipan e minimizan os efectos que se poidan derivar sobre o medio natural. O concepto de desenvolvemento sostible comeza ter maior vixencia dentro do mundo económico.

Na actualidade a constatación dos efectos que o desenvolvemento económico produciu sobre o medio propiciou un maior interese e unha maior preocupación social en materia ambiental. Esta crecente preocupación levou ós países máis industrializados, e polo tanto ós que máis están contribuíndo á degradación do medio, a levar a cabo accións co obxecto de mitigar ou cando menos suaviza-los efectos que o desenvolvemento económico produce. A conferencias sobre a terra de Brasil e o cumio de Kioto e a creación de organismos internacionais que tratan de buscar unha integración menos traumática do desenvolvemento industrial son un claro exemplo desa preocupación. A maior presión social e as posibles responsabilidades legais levaron a adoptar, de maneira cada vez máis frecuente, a implantación de mecanismos e ferramentas de xestión ambiental e a tomar en consideración os efectos derivados dos proxectos de desenvolvemento.

Na maioría dos países desenvolvidos, o esforzo administrativo pode verse plasmado por medio da elaboración dunha gran cantidade de normativas en materia de medio natural e no establecemento de mecanismos de avaliación de impacto ambiental para aqueles proxectos cunha implantación que se estimou que puidera ter certa relevancia sobre o medio. Este esforzo seguiu vías distintas en diferentes países:

- Os EE.UU. adoptaron unha postura lexislativa na que os procedementos de avaliación ambiental convértese en leis e son obrigados polos tribunais.
- Canadá adoptou unha postura política na que se desenvolven e incorporan sistemas dentro da maquinaria administrativa do Goberno.
- A UE optou por unha postura intermedia entrámbalas dúas, acollendo principios de avaliación ambiental dentro dos procedementos de planificación aceptados.

Un dos problemas que xorde á hora de analiza-las repercusións que eses proxectos teñen sobre o contorno actual e futuro é precisamente a valoración deses efectos. Certamente resulta complicado establecer unha estrutura de prezos sobre bens para os que non existe un mercado no que poidan facer interacción oferta e demanda, máis aínda cando nese prezo deberíamos incorpora-lo efecto incerto que tería sobre elementos futuros tales como as próximas xeracións.

O obxecto desta análise non será a identificación e enumeración dos efectos sobre o medio derivados da realización de proxectos de desenvolvemento e industriais, xa que ese labor correspóndelles, en maior medida, ós técnicos na materia (enxeñeiros, biólogos, químicos, físicos, etc.). Esta determinación, non exenta de

dificultades, semella ter logrado ata o momento un punto de acordo entre os diferentes especialistas na materia. O obxecto desta análise é a consideración dunha ferramenta de xestión que proporcione un método de valoración global en termos económicos deses efectos, tendo en conta que tanto a repercusión do tempo como a magnitude dos efectos son incertos.

VALORACIÓN AMBIENTAL

O punto de partida das análises ambientais, como establece Romero (1997), consiste en aceptar que a actividade económica trae consigo cambios no ambiente que, polo xeral, soen ser prexudiciais.

Para integra-los aspectos ambientais dun proxecto de investimento dentro do sistema de xestión empresarial será preciso determinar qué aspectos son relevantes e deberán terse en conta, tarefa para a que o uso das "avaliacións de impacto ambiental (AIA)" resultará, xa que logo, imprescindible.

Dende xaneiro do 90 un bo número de proxectos de desenvolvemento deben estar suxeitos á realización dunha avaliación de impacto ambiental. A AIA é un proceso de análise para identificar (relacións causa-efecto), predicir (cuantificar), valorar (interpretar) e prever (corrixir de forma preventiva) o impacto ambiental dun proxecto. A súa finalidade é contribuír á toma de decisións por parte do órgano competente da administración, aínda que de igual modo pode contribuír á toma de decisións dentro da empresa.

Este proceso administrativo ten o seu núcleo na realización dun estudio de impacto ambiental no que se deberán identificar, describir e valorar de maneira apropiada os impactos que a fase de construción e posta en marcha do proxecto produciría sobre o medio.

Baseándose no estudio de impacto ambiental, a autoridade competente de medio ambiente determina a conveniencia ou non de realiza-la actividade proxectada e, en caso afirmativo, formula as condicións que deben establecerse para asegurar unha adecuada protección do medio.

Unha vez determinados os efectos que se producen sobre o medio natural, o seguinte paso será obter unha medida monetaria dos efectos positivos ou negativos que unha persoa ou un colectivo poida experimentar co desenvolvemento dunha actividade económica que potencialmente teña unha incidencia ambiental.

Durante os últimos anos, desenvóléronse métodos e criterios en materia económica que axuden na toma de decisións en materia ambiental, como é a utilización da análise custo-beneficio (valor actual neto dos fluxos de caixa descontados) para determina-la viabilidade económica deste tipo de proxectos de investimento.

Certos autores criticaron este método por dous motivos fundamentais. En primeiro lugar, autores como Paul R. Portney e John P. Weyant (1999) fan referencia á elección da taxa de desconto normalmente empregada, e propoñen como solu-

ción utilizar unha taxa composta en función da duración dos impactos ambientais. Temos que ter en conta que o posible impacto ambiental dun proxecto pode dilatarse en centos ou incluso miles de anos. Por outro lado, autores como Dixit e Pindyck (1995), Trigeorgis (1996) e Amram e Kulatilaka (1999) alegan que o método tradicional dos fluxos de caixa descontados relega os decisores a unha actitude pasiva e na que non se ten en conta a incerteza que o futuro presenta, é dicir, supón que imos seguir un plan predeterminado sen ter en conta cómo se desenvolven os acontecementos.

Este tipo de análise limita a toma de decisións ó exercicio de dúas posibilidades: levar a cabo o proxecto, se o seu valor actual é positivo, ou non levalo a cabo en caso contrario. Pero non estamos tendo en conta que á hora de acometer un proxecto e de valora-los seus posibles efectos poden existir camiños intermedios sen recorrer ós extremos.

Calquera proxecto que poida afectar ou traer consigo un impacto ambiental pode ser realizado de varias maneiras; as posibilidades de execución e os efectos poden ser múltiples. Se o analizamos dende un punto de vista estático e pasivo estaremos obviando moita información. Debemos considerar tódalas oportunidades de execución sen limitármolos a agardar pasivamente o resultado e debemos, ó tempo, participar activamente no seu desenvolvemento, potenciando os efectos positivos e suavizando os negativos.

A valoración económica dos impactos ambientais podería ser moito máis dinámica e efectiva se puidese ser considerada como unha estratexia na que fose posible incluír non só o valor monetario do impacto ambiental, senón tamén o valor das posibles opcións á hora de levar a cabo o proxecto de investimento.

O USO DE OPCIONS REAIS NA TOMA DE DECISIONS

Moitas das oportunidades de crecemento económico teñen en común a incerteza, polo que ser capaz de aproveitar esas oportunidades require non só un exercicio de identificación de oportunidades senón tamén saber adaptar esas oportunidades ós cambios do contorno.

A valoración de opcións reais, que teñen orixes son financeiras, pode ser un bo instrumento no campo da toma de decisións estratéxicas. En ámbolos dous ámbitos, financeiro e estratéxico, perséguese o mesmo fin: obter unha maior rendibilidade dos investimentos.

Por medio de "opcións reais", unha vez identificadas as oportunidades de investimento, pódese integrar tanto a valoración como a toma de decisións estratéxicas dentro da mesma estrutura (Amram e Kulatilaka, 1999, pp. 25-29). Igual que en calquera outro tipo de proxecto de investimento, a realización dun proxecto de desenvolvemento que poida ter repercusións sobre o medio natural implica a necesi-

sidade de formular unha estratexia de actuación. Dende o momento en que a estratexia é levada a cabo, debemos ter en conta todos aqueles factores que poidan ir xurdindo co paso do tempo e que poidan afectarlle dalgún xeito ó plan deseñado.

Tradicionalmente, cando se considera levar a cabo un proxecto de investimento ou desenvolvemento que poida ter un impacto sobre o medio natural, unha vez que foron detallados eses impactos, faise unha valoración financeira para determinar se procede ou non a súa realización. É dicir, sen ter en conta unha posición estratéxica activa para poder adaptarnos con flexibilidade nun contorno cada vez máis cambiante.

Unha posible alternativa para valorar proxectos de investimento susceptibles de ter un impacto ambiental relevante, e polo tanto incluír custos e beneficios ambientais no proxecto, sería considera-lo proxecto ou plan estratéxico como unha serie de opcións. Desta maneira, teríase en conta tanto a posibilidade de dilatala toma de decisións como a incerteza sobre a situación futura. Esta alternativa situaríanos nunha posición activa á hora de afronta-lo proxecto de investimento, beneficiándonos dun maior coñecemento sobre o contorno adquirido co paso do tempo, á vez que posibilitaría levar a cabo accións correctoras. En termos financeiros unha estratexia é moito máis parecida a unha serie de opcións ca a unha serie de *cash-flows* estáticos (Luehrman, 1995).

Indicadas as vantaxes á hora da toma de decisións ó considerar unha estratexia como unha serie de opcións reais, o seguinte paso será ver cómo podemos chegar a calcula-lo valor desas opcións partindo dos fluxos netos de caixa, e cómo o uso da valoración de opcións reais pode axudarnos na toma de decisións acerca da secuencia e da coordinación dun proxecto de investimento.

DO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO Á VALORACIÓN DE OPCIONS

Realizando esta análise non se pretende substituí-lo método dos fluxos de caixa descontados; o que se busca é un complemento que permita introducir certas variables que ata agora non se tiñan en conta: o tempo e a incerteza.

Partimos da consideración tradicional do VAN dos fluxos de caixa descontados coa diferenza entre o valor do que se obtén do investimento e o necesario para levalo a cabo. É dicir,

$$VAN = VA \text{ fluxos netos de caixa} - VA \text{ investimento necesario}$$

Levaremos a cabo un proxecto cando o VAN sexa maior que cero.

Da mesma forma podemos considera-lo VAN como un cociente:

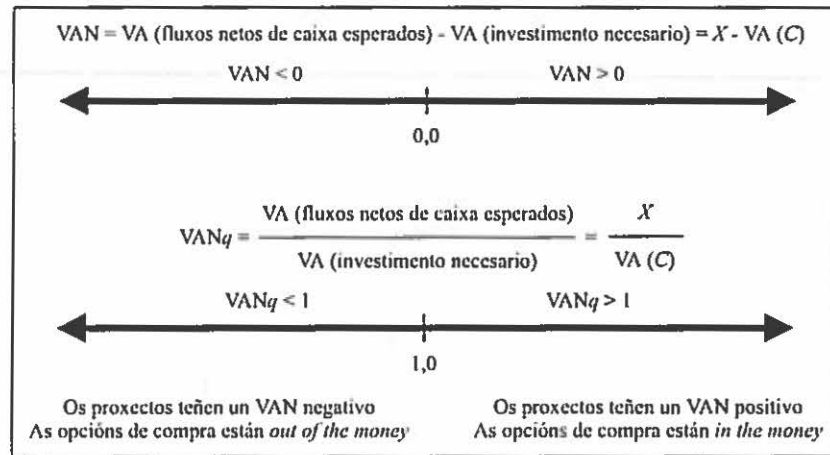
$$VANq = VA \text{ fluxos netos de caixa} / VA \text{ investimento necesario}$$

levando a cabo os proxectos cando o VANq sexa maior ca 1.

Estas premisas poderían ser utilizadas para decidir cando exercer unha opción de compra. Unha opción de compra será exercitada cando o prezo do activo subxacente sexa maior có prezo de exercicio e diremos que está *in the money*. Poderíamos enlazar ámbolos dous conceptos considerando que o prezo do activo subxacente X é o VA dos fluxos netos de caixa, e o prezo de exercicio como o VA do investimento requerido. Polo tanto, para unha opción de compra (gráfica 1):

$$VAN = X / VA (C)$$

Gráfica 1



Cando unha decisión non pode ser demorada, tanto a opción de compra coma o proxecto de investimento poden ser valorados seguindo os métodos e as regras do fluxo de caixa descontado. Pero cando aquela pode ser delongada no tempo, o investimento é como unha opción que aínda non expirou e na que habería que ter en conta a incerteza do proxecto representado pola varianza, a outra variable que necesitabamos para a valoración de opcións (gráfica 2).

Se multiplicámo-la varianza polo tempo que queda ata que o proxecto non poida ser adiado, teríamo-la varianza acumulada que representaría canto poden variar as cousas antes de que o tempo se acabe e a decisión poida ser tomada. Desta maneira, co $VANq$ e a varianza acumulada poderíamos valora-lo proxecto como unha opción de compra europea.

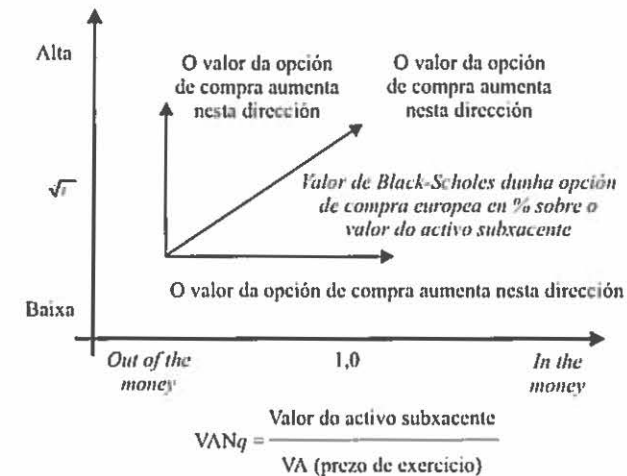
A fórmula de Black e Scholes para calcula-lo prezo teórico dunha opción de compra europea é como segue:

$$W(X, t) = XN(d_1) - [Ce]^{-r(t^*-t)} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln(X/C) + \left(r + \frac{1}{2}V^2\right)(t^*-t)}{V\sqrt{t^*-t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(X/C) - \left(r + \frac{1}{2}V^2\right)(t^*-t)}{V\sqrt{t^*-t}}$$

Gráfica 2

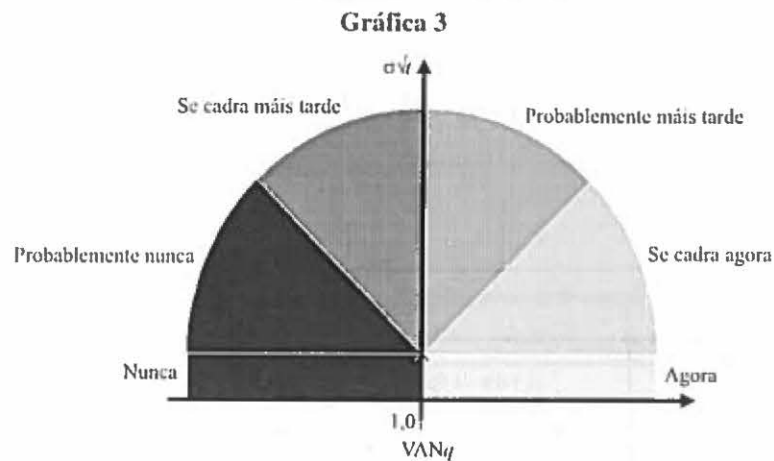


sendo W o valor da opción de compra; t a data de hoxe; X o prezo da acción; C o prezo do exercicio; r o tipo de xuro; t^* a data de vencemento; V a desviación estimada do rendemento; e N a función normal de densidade acumulativa.

Neste caso, estaríamos ante a situación máis sinxela calculando o valor da opción dun proxecto de investimento de maneira illada. Pero á hora de acometer un proxecto de investimento, non cabe dúbida de que a estratexia que hai que seguir non deixa de ser unha serie de opcións relacionadas que poden ser levadas a cabo ó mesmo tempo ou de maneira secuencial. Esta interdependencia é a que realmente causa o carácter estratéxico das opcións e necesita unha análise máis complexa que examinaremos máis adiante.

Partindo deste escenario básico, podemos facer unha representación gráfica do espacio de opcións usando o que sabemos sobre o $VANq$, a volatilidade e o VAN convencional. Desta maneira, obteremos unha gráfica na que van existir seis re-

xións diferenciadas, cada unha das cales contén un tipo distinto de opción e á cal lle corresponde unha acción directiva específica (gráfica 3).



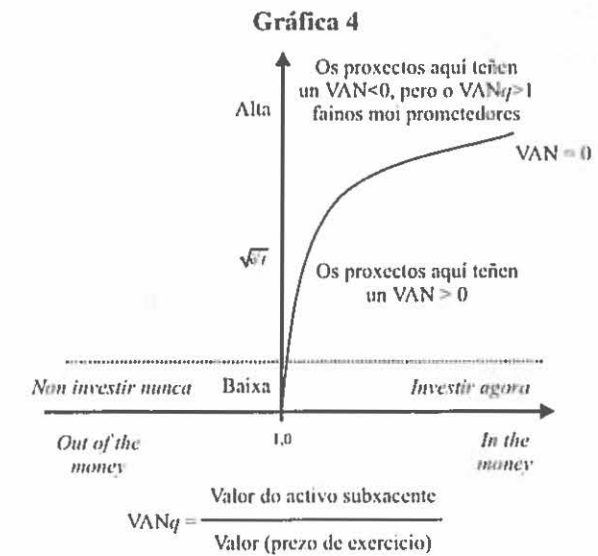
Estas seis rexións diferenciadas dan lugar a seis posibles alternativas en contraposición coa análise tradicional do VAN, onde as dúas únicas posibles accións son investir ou non investir. No espazo de opcións representado na gráfica, ademais do VAN tradicional, tívose en conta a incerteza e o tempo.

Afondando un pouco máis na gráfica e falando de opcións, dicimos que unha opción esta *out of the money* cando custa máis levala a cabo có que valen os bens. O prezo do exercicio C é maior có valor subxacente X , polo que (gráfica 4):

$$VAN = X - C < 0$$

Nesta gráfica podemos ver que a curva reflicte aqueles valores das opcións para os que o VAN é cero, separando as opcións que están *out of the money* ($VAN < 0$) das que están *in the money* ($VAN > 0$). Para os puntos por debaixo da curva no diagrama o VAN é positivo, e para os que están por riba o VAN é negativo.

No caso das opcións que teñen un VAN positivo, é dicir, as que están *in the money* ($VAN > 0$), debemos analizar cando é o momento máis adecuado para levalas a cabo. Exercitar de maneira inmediata esas opcións pode dar lugar a que a empresa perda as vantaxes derivadas do aprazamento, polo que a decisión sobre o momento óptimo para investir requiriría en cada caso unha comparación entre investir agora ou ben apraza-lo investimento e mante-lo o proxecto coma unha opción.



DA ANÁLISE ESTÁTICA Á ANÁLISE DINÁMICA

Unha vez establecida esta estrutura e as posibles situacións dentro do espazo de opcións, imos demostrar cómo o paso do tempo e a volatilidade inflúen na posición das opcións.

En principio, o máis normal é que as opcións tendan a moverse cara a abaixo e á esquerda no espazo de opcións ó longo do tempo. Cara a abaixo porque a volatilidade diminúe a medida que o tempo se vai acabando, e cara á esquerda porque, como o valor actual, o $VANq$ diminúe a medida que o fai o tempo, se o resto das variables permanecen constantes.

Pero, ¿de que depende que o movemento das opcións se realice desta maneira e non doutra? Dependerá, por un lado, do azar ou da boa sorte, pois estamos ante un contorno incerto. Pero, por outro lado, tamén dependerá en gran medida dunha boa dirección estratéxica, máis afeita a incidir nos investimentos, nos gastos e nos custos de capital ca noutros aspectos como a volatilidade e o tempo de vencemento.

O paso do tempo e unha actitude estratéxicamente activa por parte dos directivos podería levar a cabo a realización de certas accións que incrementasen o valor ou reducisen os custos, o cal movería a opción cara á dereita na nosa gráfica. Un exemplo diso sería levar a cabo as medidas necesarias para intentar reducir na medida do posible os custos ambientais que o proxecto considerado poida causar, ou ben fomenta-los beneficios ambientais derivados dese proxecto.

É obvio que unha actitude estratéxica neste sentido mellora o valor das opcións do proxecto, teñamos en conta ou non a estrutura de opcións reais e a representa-

ción gráfica proposta. Pero, do que no cabe dúbida, é que desta maneira podemos incorporar-lo valor das opcións a través do VAN q dun modo visual e cuantitativo. Así, ó observa-lo cambio na posición da opción podemos ver se o seu valor aumentou ou diminuíu ou se se moveu a unha zona distinta da gráfica.

Pero hai máis consideracións que cómpre ter en conta. Por exemplo, se se determina que existe un maior impacto ambiental, e polo tanto maiores custos ambientais, isto implicaría un risco maior polo que diminuiría o valor do proxecto (debido á necesidade de desconta-los *cash-flow* futuros a un tipo de risco axustado máis alto) e provocaría unha diminución maior no VAN q . Sen embargo, os maiores custos representarían tamén un aparcamento operativo, o cal aumentaría a volatilidade e como consecuencia aumentaría o valor da opción.

En xeral, as decisións tomadas polos directivos poden afectar non só á medida do VAN q , senón tamén á volatilidade. Neste exemplo, os elementos da volatilidade, risco e tempo víronse afectados.

OPCIÓNS ANIÑADAS: A ESTRATEXIA DUN PROXECTO DE ENERXÍA EÓLICA

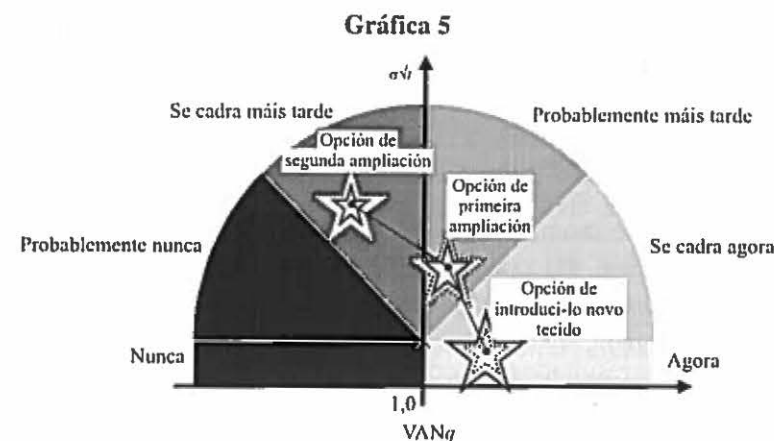
Na presente análise imos considerar que as opcións dunha carteira poden influenciarse entre elas. Isto permítenos considerar un proxecto de investimento de maneira estratéxica tendo en conta as diferentes opcións de realización. Deste modo, resáltase a necesidade dunha posición activa á hora de levar a cabo o proxecto.

Usando niños de opcións podemos representa-las relacións que existen entre as diferentes opcións, así como a secuencia temporal na que se desenvolven. Existen infinidade de exemplos ó respecto.

Unha compañía eléctrica realiza un estudio e adquire unha licenza para instalar un parque eólico. Tres anos máis tarde, logo de obte-los primeiros resultados na planta experimental, a compañía considera unha ampliación das instalacións, o cal implicaría a realización dos correspondentes investimentos para poder levala a efecto ó longo dos tres próximos anos. Se a primeira fase do proxecto ten éxito, a empresa considera desenvolve-lo mesmo tipo de parque eólico noutra zona, o cal levaría aparellada unha nova ampliación.

En resumo, a empresa adquire unha licenza inicial e con ela unha serie de oportunidades relacionadas entre si, é dicir, adquiriu unha serie de opcións aniñadas: planta experimental, amplia-lo parque eólico existente e unha terceira opción consistente en volver amplia-la produción coa instalación doutro parque nunha zona de similares características.

Xusto agora, logo de realiza-lo estudio e de obte-las licencias, está no medio da estratéxica considerando o seguinte paso e investindo na instalación da planta experimental. É dicir, é hora de exercitar ou non a seguinte opción real na cadea (gráfica 5).



Seguindo o modelo de Luehrman, podemos ver a estratexia da empresa eléctrica na gráfica anterior. Cada estrela representa unha opción cunha localización no espacio que está determinada polo seu VAN q e a volatilidade. O tamaño de cada estrela sólida está relacionado co valor subxacente do ben (X) para cada opción. A área dentro de cada estrela con puntos é proporcional ó investimento necesario (C). Polo tanto, unha estrela con puntos dentro dunha estrela sólida representa unha opción *in the money* ($X > C$). Unha estrela de puntos arredor dunha estrela sólida representa unha opción *out of the money*.

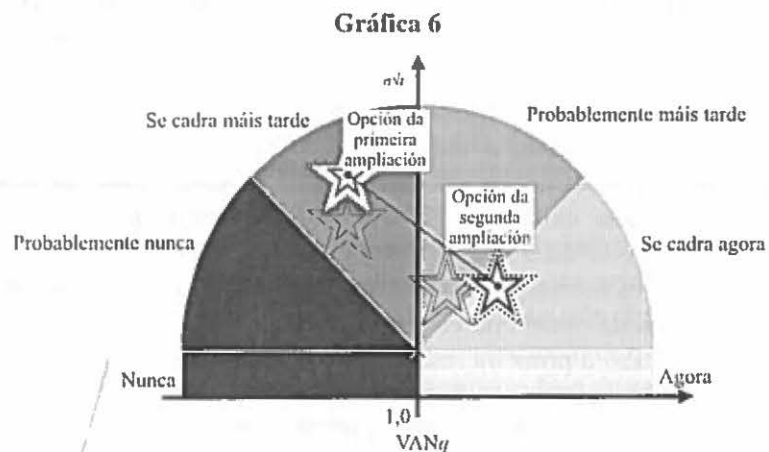
En principio, imos considerar que a estratexia se leva a cabo de maneira secuencial e que, daquela, existe unha interdependencia entre as diferentes opcións. A liña de unión entre as diferentes opcións aniñadas reflectirá a senda estratéxica que deberán segui-los decisores e a secuencia do proxecto de investimento. No noso caso, dispoñemos da opción de amplia-lo parque eólico se e só se se exercita a opción de levar a cabo a primeira instalación experimental. Desta maneira, á hora de considera-lo valor subxacente da primeira instalación, deberemos incluír tanto o *cash-flow* operativo asociado á primeira instalación coma o valor actual da opción de ampliación.

De igual modo, a opción de levar a cabo unha segunda ampliación do proxecto coa instalación dun parque eólico na mesma zona ou nunha zona de similares características só se adquire se a compañía eléctrica decide exercita-la primeira opción de expansión. Chegados a este punto, o valor total da estratexia incluíría tanto o valor da opción de levar a cabo a primeira expansión coma o valor de realizar posteriores ampliacións; en termos de opcións equivalería a dicir que a compañía eléctrica posúe unha opción de compra sobre outra opción de compra. O valor de toda a estratexia quedaría reflectido da seguinte maneira:

$$VA \left\{ \begin{array}{l} \text{instalación} \\ \text{experimental} \end{array} \right. + \text{valor opción de compra} \left(\begin{array}{l} \text{opción 1ª} \\ \text{ampliación} \end{array} \right) + \text{valor opción de compra} \left(\begin{array}{l} \text{opción 2ª} \\ \text{ampliación} \end{array} \right)$$

Na gráfica 5, que representa a estratexia da compañía eléctrica, podemos observar que a opción de crear un parque eólico experimental está *in the money* e próximo a expirar. No momento en que esta opción sexa exercida vaise producir un cambio na posición das opcións restantes. A primeira opción desaparecerá, mentres que as outras dúas, que seguirán aniñadas, comezarán a desprazarse cara á parte inferior da gráfica.

O feito de que os resultados obtidos ó exercita-la primeira opción se adapten ás expectativas de xeración eléctrica formuladas vai ser un dos factores determinantes para que, ó mesmo tempo que se produza o movemento en vertical, se produza un movemento horizontal. Pero non só iso; calquera outro factor que aumente o valor da segunda opción de expansión mellora o valor da primeira xa que, como vimos, o valor da segunda opción forma parte do valor subxacente da primeira (gráfica 6).

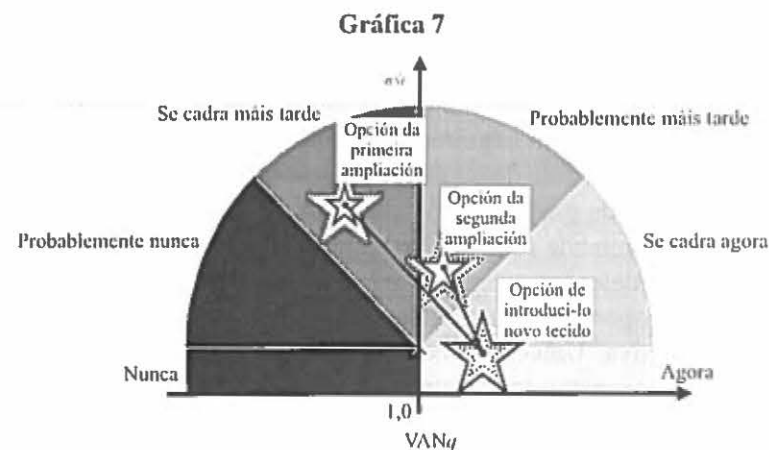


Supoñamos, por exemplo, que agora se detectou que os riscos de impacto ambiental asociados coa instalación dun parque eólico nesa zona determinada se incrementan ó constatar unha maior relevancia nun dos aspectos ambientais considerados. Vexamos cómo se reflectiría esta nova situación dentro da gráfica de opcións que se formulou. En principio, o efecto máis importante daríase na segunda opción de ampliación do parque, que se trasladaría en vertical debido a un incremento na volatilidade, polo que o valor desta segunda opción aumentaría. Pero este incremento do risco tamén afectaría á primeira opción de expansión. O $VANq$

aumentaría porque a segunda opción forma parte do valor subxacente (X) da primeira. De feito, un cambio nalgún dos valores da segunda opción debe cambiar tamén a medida do $VANq$ da primeira.

Ata agora consideramos que a estratexia de negocio se desenvolvía de maneira secuencial. Partindo deste esquema, pódense realizar múltiples variacións supoñendo, por exemplo, que a empresa estivese en condicións de levar a cabo ámbalas dúas opcións de expansión a un tempo.

No caso que aparece reflectido na gráfica 7, as opcións de ampliación e a de creación dun segundo parque non están aniñadas, polo que tampouco teñen porqué estar na mesma posición ca no caso anterior. A opción de crear un segundo parque eólico estará agora máis cara á esquerda; o valor do ben (X) representado pola súa estrela sólida é menor e a súa estrela de puntos, ou custos do investimento (C), é maior. É dicir, está máis *out of the money*, pero segue existindo unha relación directa coa opción da instalación experimental. Aínda que a opción dun segundo parque estea agora máis á esquerda e a súa estrela sólida sexa menor, non significa que non deba terse en conta, xa que tamén se move cara a arriba na gráfica como consecuencia dun aumento na súa volatilidade, aumentando, polo tanto, o seu valor. Desta maneira, poderíamos obter unha medida de cómo tería que moverse cara a arriba para compensar un movemento cara á esquerda.



Por outro lado, no presente exemplo, as opcións de ampliación e creación dun novo parque non están relacionadas directamente entre si, pois un cambio nesta última non ten porqué afectarlle á segunda; máis aínda, cada unha delas podería moverse independentemente. Sen embargo, o valor de ámbalas dúas opcións mellora directamente o valor subxacente do ben asociado á instalación experimental.

Aínda que as opcións xa no están aniñadas, están moi relacionadas. Supoñamos, por exemplo, que a ampliación do parque eólico experimental está *in the money* e é exercitada antes que a opción de crear un novo. O valor desta última veríase mellorado porque o valor subxacente asociado con este podería facer esperar unha produción con maiores marxes e, polo tanto, maior VANq para a opción dun segundo parque.

Para compara-las alternativas estratéxicas da compañía eléctrica, calculámo-lo valor da opción de levar a cabo cada estratexia. Para iso dispoñemos dunha dobre perspectiva: cuantitativamente, usando a estrutura de opcións reais, e graficamente, buscando aquela opción que estea situada máis cara á dereita e que teña unha estrela sólida maior.

Neste exemplo, partimos dunha situación simple e con poucas alternativas para un proxecto desta natureza. Considerar unha maior gama de opcións complicaría enormemente a análise, pero o uso dos ordenadores e os avances nos métodos de valoración de opcións facilitarían este labor.

CONCLUSIÓNS

A integración dos aspectos ambientais dentro dos sistemas de xestión da empresa estase a converter nunha esixencia por parte da sociedade e das administracións. Esta tarefa de integración é complexa e non está exenta de dificultades.

A subxectividade inherente á valoración de activos para os que non existe un mercado e a incerteza que o futuro presenta fan necesaria a busca de ferramentas que nos permitan realizar un seguimento activo dos proxectos de investimento desta natureza. A utilización do modelo das opcións reais, aplicado neste caso concreto á realización de proxectos nos que haxa que considerar beneficios e custos ambientais, non pretende substituí-los sistemas de valoración existentes, senón ser un complemento deles.

Este modelo proporciona unha análise dos proxectos de investimento baixo unha dobre perspectiva. Unha perspectiva financeira na que a valoración de opcións cuantifica os aspectos importantes do proxecto de investimento mellor cá técnica de fluxos de caixa descontados ó incorpora-lo tempo e a incerteza. E engade, ademais, unha perspectiva estratéxica a través dunha simple pero versátil gráfica que nos proporciona información importante tanto do valor das diferentes alternativas coma da coordinación á hora de levalas a cabo, e proporciónalles ós directivos unha ferramenta útil para a toma de decisións en termos que non son totalmente estratéxicos nin totalmente financeiros.

Evítase, desta maneira, caer na tentación de obter exclusivamente unha medida financeira exacta do valor dos proxectos que incorporasen beneficios e custos de difícil avaliación, dando unha medida pouco próxima á realidade e que actual-

mente desenvolve un papel moi importante na toma de decisións polo seu aparente grao de precisión. A gráfica proposta réstalle o protagonismo exclusivo ó aspecto financeiro concedéndolle maior importancia ó aspecto estratéxico. Se non podemos concretar con certo rigor un valor monetario, cando menos dispoñemos da información suficiente para melloralo tomando as decisións estratéxicas necesarias.

BIBLIOGRAFÍA

- AMRAM, M.; KULATILAKA, N. (1999): "Uncertainty: The New Rules for Strategy", *The Journal of Business Strategy*, vol 20, issue 3, (maio-xuño), pp. 25-29.
- AMRAM, M.; KULATILAKA, N. (1999): *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- BREALEY, R.A.; MYERS, S.C. (1998): *Fundamentos de financiación empresarial*. 5ª ed. Madrid: McGraw-Hill.
- BRENNAN, M.J.; SCHWARTZ, E.S. (1985): "Evaluating Natural Resource Investments", *Journal of Business*, 58, pp. 135-157.
- CLINCH, J.P.; CONVERY, F. (1998): "Evaluation and the Environment", en M. Mulreany [ed.]: *Evaluation: An Economic and Financial Text*. Dublín.
- CORTÁZAR, G.; SCHWARTZ, E.; SALINAS, M. (1998): "Evaluating Environmental Investments: A Real Options Approach", *Management Science*, (agosto).
- DIXIT, A.K.; PINDYCK, R.S. (1995): "The Options Approach to Capital Investment", *Harvard Business Review*, (maio-xuño), pp. 105-115.
- KIELY, G. (1999): *Ingeniería ambiental*. McGraw-Hill.
- LUEHRMAN, T.A. (1995): "Capital Projects as Real Options: An Introduction", *Harvard Business Review*, (marzo). Boston.
- PORTNEY, P.R.; WEYANT, J. (1999): "Discounting and Intergenerational Equity", *Resources for the Future*. Washington.
- ROMERO, C. (1997): *Economía de los recursos ambientales y naturales*. Madrid: Alianza.
- TRIGEORGIS, L. (1996): *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. Cambridge, MA: The MIT Press.