

Utilización del enfoque de las opciones reales en la valoración de la transformación de una finca en cítricos

David Toscano Pardo • Juan José García Machado
Universidad de Huelva

RECIBIDO: 3 de febrero de 2006

ACEPTADO: 11 de octubre de 2006

Resumen: En este artículo, aplicamos el Enfoque de las Opciones Reales (ROA) para valorar una industria de celulosa, en particular sus recursos forestales y proyectos alternativos.

Nuestra empresa posee un gran número de montes que tienen la posibilidad de ser transformados en cultivos agrícolas, y esto debería ser añadido al valor de los proyectos.

En primer lugar, calculamos los flujos de caja descontados del proyecto del cultivo de eucalipto y su probabilidad. A continuación valoramos las fuentes de incertidumbre que la empresa tiene y su capacidad para responder ante ellas. Así, hemos seleccionado como alternativa el cultivo de naranjas debido a su arraigo en la provincia onubense y a la larga experiencia que se posee. Además, se complementa la valoración con la utilización del Análisis de Series Temporales y la simulación de Monte Carlo.

Finalmente, sumamos el valor de las opciones al valor sin flexibilidad del proyecto. Así, demostramos que para muchos proyectos forestales en los cuales la flexibilidad es un importante componente (opción de transformar, abandonar el cultivo, ...), la Teoría de Valoración de Opciones proporciona una poderosa herramienta para analizar la flexibilidad y los intangibles que aparecen.

Palabras clave: Opciones reales / Simulación de Monte Carlo / Flujos libres de caja / Forestal / Cultivos de regadío / Inversión / Proceso geométrico browniano.

The Use of Real Options Approach to Value the Change Into Orange Crops

Abstract: In this paper, we apply Real Options Approach (ROA) to value a cellulose industry, in particular its forestry resources and alternative projects.

Our firm owns a great number of forests which can be transformed into irrigated crops, and this possibility gives it an important component that we should add to the project's value.

Firstly, we calculate discounted cash-flows for eucalyptus and simulate this value. Secondly, we evaluate the uncertainty and firm's ability to respond to it. Besides, we complement the valuation with Temporal Series Analysis and Monte Carlo simulation. We select the orange crops as an alternative because it's the most suitable for Huelva (Andalusia) area and people have a long experience in it.

Finally, we add the real options value to the value without flexibility. So, for many forestry projects in which flexibility (option to transform, abandon crops, ...) can be an important component of value, the Option Pricing Theory gives us a powerful tool to analyze those flexibilities and the intangibles that are involved.

Key Words: Real options / Monte Carlo simulation / Free cash flows / Irrigated crops / Investment / Geometric brownian motion.

INTRODUCCIÓN

El análisis de inversiones forestales siempre ha sido complejo debido, entre otras razones, al horizonte de planificación, a la incertidumbre incorporada en sus cash-flows y sobre todo al hecho de que en este tipo de decisiones la flexibilidad juega un papel muy importante. Si utilizamos para su valoración los criterios clásicos de evaluación y selección de inversiones basados en el descuento de flujos, no podremos tener en cuenta la posibilidad de contemplar nuevas oportunidades, y estaremos por tanto, infravalorando estos proyectos de inversión (Amram y Kulatilaka, 2000, p. 21).

El enfoque de las Opciones Reales (ROA, *Real Options Approach*), permite incorporar al valor del proyecto la capacidad de actuación, la flexibilidad y otros aspectos cualitativos que son necesarios para una correcta valoración (Trigeorgis, 1996, pp. 14-15).

Desde la idea original de Myers (1977) de aplicar la Teoría de Opciones Financieras a la valoración de activos empresariales, se han desarrollado un gran número de trabajos aplicando dicha metodología. Así, por ejemplo, en la evaluación de recursos naturales y petrolíferos, figuran Brennan y Schwartz (1985), McDonald y Siegel (1986), Bjerksund y Ekern (1990), Trigeorgis (1990), Kemma (1993) y Cortazar y Schwartz (1997); en el ámbito de investigación y desarrollo de biotecnologías y fármacos, Bowman y Moskowitz (1997), Otto (1998), Aranda y Trigeorgis (2002), Pandey (2003) y León y Piñeiro (2003), o en sectores como los de las nuevas tecnologías y mercados emergentes, Panayi y Trigeorgis (1998), Andrés, Azofra y De la Fuente (2002) y Lamothe y Otero (2003).

En el ámbito forestal, existen algunos estudios que han valorado este tipo de recursos, co-

mo son, Torzón (1999), Gjolberg y Guttormsen (2002), Insley (2002), Armstrong y Nanang (2002) y Alonso y otros (2003), en los cuáles se valora el momento óptimo de la corta del recurso maderero o la idoneidad de llevar a cabo la explotación.

En nuestro trabajo, aplicaremos el ROA al estudio del potencial agronómico de los recursos forestales de la empresa SILVASUR AGROFORESTAL perteneciente al Grupo Empresarial ENCE¹, el cual es el primer propietario europeo de bosques maderables de eucalipto y líder en Europa y segundo suministrador mundial de celulosa de eucalipto. Así, valoraremos la posibilidad que tienen los montes de la empresa de ser transformados en cultivo de cítricos o, en un caso dado, liquidar la explotación vendiendo los terrenos.

OBJETIVOS

La problemática que hemos comentado es la que marca, principalmente, nuestro interés por la valoración de inversiones a través del ROA. Por este motivo, como objetivo fundamental, nos hemos planteado el proponer un modelo, basado en el ROA, para la toma de decisiones de inversión en condiciones de incertidumbre, aplicable a las empresas de celulosa, en particular, en lo que se refiere a la gestión de su patrimonio forestal, factor clave de su ciclo productivo. Así, en primer lugar, se empezará por analizar la viabilidad económico-financiera de la empresa, a partir de sus actuales proyectos en el cultivo de eucalipto, obteniéndose el resultado en términos de probabilidad. A continuación, se valorará, a través de las técnicas tradicionales, la alternativa de inversión en otros cultivos, en especial en la naranja, comparando la rentabilidad y el riesgo con el cultivo de eucalipto, sin la consideración de la flexibilidad que se posee. Por último, se tratará de demostrar que el ROA es capaz de valorar la flexibilidad que la alternativa de inversión incorpora al cultivo de eucalipto, contrastándose además, cómo se modifica la exposición al riesgo a través de dicho enfoque. Con todo ello, se dispondría de una nueva herramienta de apoyo a la decisión que complementaría los mé-

todos tradicionales (VAN, TIR, Índice de Rentabilidad, etc.).

METODOLOGÍA

Para conseguir los objetivos planteados, hemos utilizado el método de la investigación del caso (Yin, 1994). En particular, dentro de éste, se eligió el estudio empírico, según el cual, hemos tratado de aplicar procedimientos y técnicas, que han sido desarrolladas de forma teórica para el enfoque de las opciones reales, a un caso particular. Pretendemos, por tanto, contribuir de forma inductiva a establecer un principio general aplicable a la valoración de inversiones físicas.

La metodología utilizada, como ya se ha dicho, es la de las opciones reales. Así, como exponen Copeland y Antikarov (2001, p. 5) “una opción real es el derecho, no la obligación, de ejercer una acción sobre un activo empresarial, por un tiempo determinado, para un coste llamado precio de ejercicio”. Esta posibilidad de ejercicio dota a su tenedor de una flexibilidad que adiciona valor al proyecto evaluado. No obstante, el estudio de dicha flexibilidad no es algo que sea nuevo. Así, existen diferentes técnicas que permiten su análisis entre las que podemos citar el análisis de sensibilidad, los árboles de decisión o el análisis de escenarios entre otros. ¿Dónde reside entonces la novedad del enfoque? Según Trigeorgis (1996, p. 152) éste combina las ventajas de los modelos de flujos actualizados con incertidumbre y los árboles de decisión, eliminando las deficiencias existentes en ambos enfoques.

Para la aplicación de la metodología se ha supuesto, como hipótesis, que el subyacente sigue un proceso geométrico browniano². De esta forma, su valor en un determinado momento, que denotamos por S_t , tendrá unas variaciones infinitesimales que vendrán recogidas por la siguiente expresión:

$$dS_t = \alpha S_t dt + \sigma S_t dz_t$$

siendo dS_t la variación del valor del subyacente en el intervalo infinitesimal $(t, t + dt)$; α el tanto de incremento o decremento del valor del subyacente en el intervalo infinitesimal $(t, t + dt)$;

σ la medida de la volatilidad; dz_t el movimiento intervalo infinitesimal $(t, t + dt)$ de un proceso de Wiener; y dt el intervalo infinitesimal $(t, t + dt)$.

El movimiento infinitesimal que sigue un proceso de Wiener a su vez viene definido por la siguiente expresión:

$$dz_t = \varepsilon_t \sqrt{dt}$$

donde ε_t es una variable aleatoria normal de media cero y desviación típica uno.

VALORACIÓN DEL PROYECTO A TRAVÉS DE LAS TÉCNICAS TRADICIONALES

FLUJOS GENERADOS POR EL PROYECTO DEL CULTIVO DE EUCALIPTO

Para la estimación de los flujos de caja se seleccionaron, del total de montes de la empresa, aquellos que en función de las características del suelo, la climatología y las posibilidades de riego, presentaban un mayor potencial agronómico (Almansa, 2002). De esta forma, la superficie total seleccionada fue de 3.091,24 ha, que es más que suficiente para que se puede evaluar la rentabilidad en este tipo de cultivo.

Para la estimación de los gastos de explotación propios de una finca de eucaliptos, se debe distinguir entre aquellos que se corresponden con los gastos necesarios para gestionar las plantaciones, y que se denominan *Gastos Selvícolas* (tabla 1), y aquellos otros correspondientes a la explotación del monte, y que están, por tanto, relacionados con la corta y transporte de la madera obtenida, denominados *Aprovechamientos* (tabla 2).

Tabla 1.- Costes selvícolas (€/ha)

Concepto	Cuantía
Gasto resalveo	131,77
Gasto máximo anual selvicultura intensiva	42,36
Gasto mínimo anual selvicultura intensiva	41,19
Gasto máximo anual selvicultura normal	28,18
Gasto mínimo anual selvicultura normal	18,44
Gasto máximo repoblación	1.318,70
Gasto mínimo repoblación	1.052,54

FUENTE: Elaborada a partir de datos suministrados por empresa correspondientes al año 2003.

Tabla 2.- Costes de aprovechamientos³

Concepto	Cuantía
Terrazas con producción de más de 30 m ³ /ha	5,97 €/Tm.
Terrazas con producción de menos de 30 m ³ /ha	7,07 €/Tm.
Subsolado con producción de más de 30 m ³ /ha	5,55 €/Tm.
Subsolado con producción de menos de 30 m ³ /ha	6,29 €/Tm.
Arenas con producción de más de 30 m ³ /ha	5,11 €/Tm.
Arenas con producción de menos de 30 m ³ /ha	5,55 €/Tm.
Motosierra	1,73 €/m ²
Carga directa	1,51 €/Tm.
Transporte fijo	1,64 €/Tm.
Transporte variable	0,0859×Distancia
Transporte personal	4,75 €/día
Limpieza del monte	25,72 €/ha
Cuota empresarial	4,00 €/día
Desembosque y carga t.f.	9,45 €/m ³

FUENTE: Elaborada a partir de los datos suministrados por la empresa correspondientes al año 2003.

ESTIMACIÓN DE LA TASA DE DESCUENTO

En nuestro caso, al partir de los flujos de caja libres para la empresa, usaremos el *Coste Medio Ponderado de Capital (CMPC)*⁴ por estar acorde al riesgo soportado. Así, obtendremos una media ponderada del coste de las distintas fuentes de financiación del proyecto, es decir, del coste de los capitales propios y del de los ajenos. Para el cálculo de los recursos propios, hemos tomado la tasa de rentabilidad requerida por los accionistas, calculada a través del *Modelo de Valoración de los Activos de Capital (CAPM)*⁵. Según este modelo, la rentabilidad esperada de un título es igual a la tasa de interés libre de riesgo más el producto de su coeficiente de volatilidad, indicativo del riesgo sistemático de la empresa, por la prima de riesgo del mercado⁶. Una vez calculada la beta, podemos sustituir los valores en la ecuación del CAPM, con lo que nos quedaría que el coste de los recursos propios es de un 8,85%.

En cuanto al coste de la financiación ajena, sabemos que la empresa tiene abierta una póliza de crédito a largo plazo concertada a un tipo del 6% y que utiliza en el caso de tener necesidades financieras en sus proyectos de inversión. Una vez ponderadas por la estructura financiera de la empresa cada una de estas tasas, el CMPC estimado para el descuento de los flujos libres de caja sería del 6,2%.

RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE EUCALIPTO

A continuación, una vez estimados los distintos parámetros en los apartados anteriores, va-

mos a determinar la rentabilidad del proyecto de inversión descrito, para lo cual utilizaremos los criterios tradicionales, es decir, VAN, TIR, IR y Plazo de recuperación (PR). En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para el proyecto del cultivo de eucalipto en el periodo comprendido entre los años 2003 y 2024, utilizando como tasa de descuento la obtenida anteriormente.

Tabla 3.- Rentabilidad del proyecto del cultivo de eucalipto

Tasa de descuento	Desembolsos de capital actualizados (€)	Cash-flows netos actualizados (€)	Rentabilidad
$k = 6,2\%$	32.361.052,51	38.680.059,18	VAN=6.319.006,66 €
			TIR=6,48%
			IR=19,53%
			PR=23 años

Seguidamente hemos realizado una estimación de la probabilidad de ocurrencia de los distintos resultados obtenidos para el VAN a través del método de Simulación de Monte Carlo. El nivel de certeza elegido en el proceso de simulación ha sido del 95% y se han realizado un total de 10.000 ensayos. Para la obtención de los resultados ha sido preciso partir de una serie de datos que hemos considerado variables. Así, como hipótesis de la simulación hemos introducido los siguientes parámetros:

- **Total de m^3 por hectárea:** Hemos partido de una producción media de 200 m^3 /ha pues según los datos históricos suministrados por la empresa para el volumen de madera producido por una hectárea, estos pueden oscilar en función de diversos factores (precipitaciones, temperaturas, heladas, etc.) entre 180 m^3 /ha y 220 m^3 /ha.
- **Total de gastos de silvicultura por hectárea:** Del último estudio de costes de silvicultura de la empresa, obtenido en el año 2003, hemos tomado el valor medio, dado por la cantidad de 41,78 €/ha, existiendo un rango de variación para las distintas fincas situado entre 41,19 €/ha y 42,36 €/ha.
- **Total de gastos de repoblación por hectárea:** El valor estimado por la empresa como más

probable es de 1.185,62 €/ha, y el rango de fiabilidad elegido oscila entre 1.052,54 €/ha y 1.318,70 €/ha.

- **Precio de la madera:** Aunque la empresa no tiene la posibilidad de tomar como variable de decisión el precio del m^3 de madera, no siempre es el mismo para las distintas cortas. Del total de cortas realizadas durante los tres primeros trimestres del año 2003, se observa que el precio medio a vender a fábrica para cubrir los costes de la explotación y obtener el margen estipulado por la filial es de 67,36 €/m³, oscilando entre 62,36 y 72,36 €/m³⁷

Una vez realizadas las hipótesis, llevamos a cabo la simulación con los valores expuestos, obteniéndose la rentabilidad del cultivo para una determinada probabilidad. En la figura 1 representamos la distribución de frecuencias obtenida para dicha simulación, seguida de sus estadísticos.

Figura 1.- Resultado de la simulación del VAN expresado a través de la distribución de frecuencias para la tasa de descuento CMPC

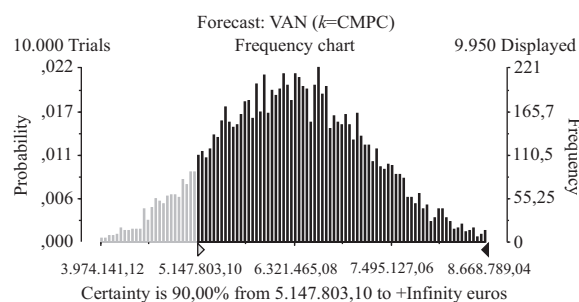


Tabla 4.- Estadísticos para la simulación del VAN tomando como tasa de descuento el CMPC

Estadístico	Valor	Estadístico	Valor
Ensayos	10.000,00	Coefi. de variación	0,14
Media	6.313.199,48	Rango mínimo	3.489.864,28
Mediana	6.301.250,89	Rango máximo	9.551.800,44
Desv. est.	909.812,22	Ancho del rango	6.061.936,16
Simetría	0,09	Error est. medio	9.098,12
Curtosis	2,70		

A continuación, hemos realizado un Análisis de Sensibilidad a través del rango de correlación con el fin de saber cómo inciden cada una de las variables seleccionadas en el modelo en el resultado final. Así, se obtuvo que las variables que más incidían eran el precio de la madera con un

68,9% de rango de correlación y los m³/ha con un 65,9%.

IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LAS OPCIONES REALES

Una vez valorado el conjunto de montes pertenecientes a la empresa, podría parecer que el valor de la plantación de eucalipto no depende en absoluto de las decisiones que tome la empresa durante los próximos años. Es decir, llevada a cabo la repoblación, la capacidad por parte de la empresa de actuar sobre el proyecto sería nula. Si esto fuese así, la dirección no contaría con ningún tipo de flexibilidad para poder alterar la rentabilidad obtenida por este proyecto y, por tanto, al ser ésta su actividad básica, sobre ninguno. Sin embargo, no sería lógico que en este tipo de terrenos, caracterizados por un alto potencial agronómico, los directivos no apreciaran la oportunidad que el sector agrario les está ofreciendo y que podría incidir directamente sobre la rentabilidad de la compañía. Así, en función de las previsiones y de la evolución de dicho sector, podrían decidir si continúan con la actividad actual o, por el contrario, optan por una diversificación. De esta forma, aparecen un conjunto de derechos que se tratarán bajo el enfoque de las opciones reales y, a los cuales, vamos a dedicar los siguientes apartados.

IDENTIFICACIÓN DE LAS OPCIONES

Al analizar el proyecto de la plantación de eucaliptos, se pudo observar que la estimación de la rentabilidad se calculó a partir de la probabilidad de ocurrencia de un conjunto de variables sobre las cuales la dirección no podía actuar. Así, por ejemplo, la empresa no tendrá control sobre unos factores externos (pluviometría, temperaturas, etc.) que pueden hacer notablemente un factor clave como es el volumen de madera de eucalipto obtenido. Estos factores de incertidumbre no aportan ninguna flexibilidad al proyecto y, como consecuencia, el valor obtenido para la rentabilidad es totalmente estático. Pero, por otro lado, la empresa sí cuenta con una capacidad de respuesta en el futuro que le podría permitir incrementar sus resultados, y que viene

relacionada con las alternativas de inversión existentes en la actualidad. En este caso, a ésta se le presentan unos factores de incertidumbre (evolución de los precios en el futuro, volúmenes negociados en los mercados, etc.) y sí cuenta con la flexibilidad de poder esperar hasta la resolución de dicha incertidumbre (p. ej., si el precio de un producto agrario tiende al alza, se podría decidir invertir en ese tipo de cultivo). Tenemos ya, de este modo, los dos factores esenciales para que exista una opción real, la incertidumbre y la flexibilidad.

Si bien es posible identificar un gran número de opciones reales para la empresa, las cuales conforman su cartera de opciones, en el caso estudiado, se optó por analizar las incluidas en las alternativas que realmente se le planteaba en el momento del estudio. Así, dados los condicionantes del tipo de explotación y, por otra parte, su ubicación geográfica, las dos alternativas más interesantes eran la posibilidad de reconvertir las plantaciones de eucaliptos en cultivos de fresas o en plantaciones de cítricos. En este trabajo nos centraremos en la segunda de ellas.

El punto de partida para la identificación de las opciones reales fueron los estudios agronómicos realizados por la empresa que, aunque desde un punto de vista técnico eran muy rigurosos, no lo eran tanto en cuanto a su planteamiento financiero. En este sentido, dichos estudios no tenían en cuenta la flexibilidad que los proyectos alternativos aportaban, impidiendo a la dirección actuar en función de la resolución de alguna de las incertidumbres. Sin embargo, sí obedecían al objetivo de la empresa de gestionar su patrimonio forestal de forma eficiente, no interesándole, por tanto, que existieran terrenos infrautilizados y con un alto coste de oportunidad.

De esta forma, para el caso analizado, se identificaron las siguientes opciones reales que describimos a continuación:

Opción de transformación con distintos costes temporales

En el momento actual, una vez llevada a cabo la repoblación de la finca de eucalipto, la empresa no tiene por qué esperar a que crezca el árbol para realizar la primera corta, sino que podrá decidir, en cualquier momento, si le interesa trans-

formar las fincas en plantaciones de naranjas. Lógicamente, la decisión estará fundamentada en la esperanza futura de percibir una rentabilidad mayor a la actual. Esta citada rentabilidad esperada es función directa de los precios alcanzados por la naranja, de modo tal, que si en el mercado los precios agrarios tienden al alza, a la empresa le interesará acometer el proyecto. Está claro pues que la variable *conductora del valor* va a ser el precio de la naranja y, por tanto, nuestro *activo subyacente* vendrá relacionado con el valor descontado de los flujos de caja libres del proyecto. Ahora bien, para poder llevar a cabo dicha reconversión la empresa deberá soportar un coste que funcionará como *precio de ejercicio*. Puede parecer, a priori, que se trata de una opción *call americana* cuyo valor del subyacente vendría expresado por el valor de los flujos descontados del proyecto elegido, y con un coste de ejercicio igual a la inversión necesaria para reconvertir la finca y comenzar la explotación agraria. Sin embargo, no se trata de una opción tan simple, pues desde el momento inicial con la repoblación de los eucaliptos, el coste de la transformación irá cambiando debido a las pérdidas ocasionadas por las inversiones realizadas, los gastos de explotación soportados y los ingresos dejados de percibir. Es decir, si la empresa ha invertido en una plantación de eucalipto, inicialmente partirá de un coste de repoblación al que, anualmente, irá añadiendo unos gastos de selvicultura que, en caso de no llevar a cabo la corta de la madera, perdería sin más. Además, hay que considerar que por llevar a cabo la transformación, dejaremos de percibir en el futuro unos ingresos por la comercialización de la madera que, en el caso de la empresa, están asegurados. Estamos, por tanto, ante una opción de compra *americana* con incrementos paulatinos en el precio de ejercicio, por lo que conforme más nos aproximemos al momento de la corta, menos interesará llevar a cabo la transformación de la finca.

Opción de transformación con barrera superior

Puede suceder que la empresa únicamente se plantee la transformación si la rentabilidad que le ofrece cambiar a este tipo de cultivo compensa

el riesgo soportado. Así, estudiaría qué rentabilidad neta viene obteniendo con sus actuales proyectos, y a partir de qué incremento de dicha rentabilidad, le compensaría transformar la finca⁸. Esta nueva rentabilidad establecida hace que, aunque el valor de los proyectos alternativos evolucione favorablemente, no se considere su acometida si no supera el citado mínimo. A tal efecto, la empresa seguirá poseyendo una opción de transformación identificada como un derecho de compra (*call*), pero que, únicamente será ejercido, si el subyacente traspasa el nivel (barrera superior) fijado por la misma.

Opción de abandono

Por último, también identificamos la opción que tiene la empresa de liquidar el proyecto debido al valor que en la actualidad tienen los terrenos. En este caso, estaríamos ante una opción de venta *americana* (*put*), en la que el subyacente sería el valor del proyecto actual y, el precio de ejercicio, el valor de liquidación del proyecto.

ESTABLECIMIENTO DE LOS INPUTS DEL MODELO

Coste de la inversión del cultivo de naranjas

Para la plantación de naranjos en una finca de eucaliptos es necesario realizar una serie de tareas previas. De este modo, se deberá comenzar por el destocoado de los eucaliptos y su eliminación, para, posteriormente, realizar una nivelación general del terreno consiguiendo dejarlo con unas pendientes limpias y homogéneas. A continuación, se llevaría a cabo un paso cruzado de subsolador consiguiendo con esto eliminar las capas profundas que pudieran impedir el crecimiento normal de las raíces.

Una vez realizadas estas tareas, se debe proceder a dar unos pases de grada para romper los terrones que hayan quedado, pasando tras lo anterior, al marqueo de lomos y a la formación de los *ridges*⁹. Seguidamente, se realizará el marqueo de plantones y la distribución de tuberías de goteo, terminando con la plantación de los árboles.

Los costes medios iniciales de las tareas mencionadas se han recogido en la tabla 5, siendo por tanto necesario, como se puede apreciar, una inversión de 10.157,10 €/ha para poder comenzar la explotación de la finca de naranjas, a la que habrá que sumar el coste de los terrenos estipulado en 9.000 €¹⁰.

Tabla 5.- Costes medios de la inversión para la implantación de naranjos en una finca de eucalipto (€/ha)

Concepto	Cuantía (€/ha)
Destoconado	360,61
Amontonado y quema	120,20
Subsolado	300,51
Movimientos de tierras	901,52
Ridges	360,61
Desagües	300,51
Instalación de riego	2.404,05
Plantación	1.502,53
Instalaciones complementarias (electricidad, cerramiento, almacén, etc.)	1.202,02
Labores auxiliares de maquinaria	300,51
Cuota participación Comunidad Regantes	2.404,05
TOTAL	10.157,10

FUENTE: Elaborada a partir de Almansa¹¹.

Costes de explotación del cultivo de naranjas¹²

Una vez preparado el terreno y plantados los frutales, surgirán una serie de gastos necesarios para la obtención de la fruta, los cuales recogemos a continuación:

- **Fertilización:** Se realizará con abonos líquidos, ya que se van a aplicar a través de fertirrigación. Las necesidades del cultivo se cubrirán, básicamente, con nitrato potásico, fosfato amónico y nitrato amónico. Además, se realizará el aporte de microelementos a la plantación a base de manganeso y zinc.
- **Tratamientos:** En ellos se incluyen todos los tratamientos contra las plagas y las enfermedades típicas del naranjo¹³.
- **Herbicidas:** Durante los dos primeros años se utilizarán herbicidas no residuales, pasando a residuales a partir del tercero.
- **Podas:** No se realizará ninguna hasta el tercer año. En el cuarto año, se reduce a eliminación de chupones y podas de formación. A partir del quinto, la poda consistirá en la eliminación de chupones, poda de formación y poda anual,

procediéndose, después de cada operación de poda, a un desbrozado.

- **Recolección:** Comienza a partir del tercer año, aumentando su coste conforme se incrementa la producción. A partir del undécimo año, la producción se estabiliza, por lo que este coste pasa a ser constante. También hay que indicar que, al realizarse la recolección manualmente, los costes de mano de obra son muy importantes.
- **Consumo de agua:** Comienza siendo, aproximadamente, 1.000 metros cúbicos por hectárea y año, para estabilizarse a partir del séptimo año en 7.261 metros cúbicos.

Un resumen del total de costes de explotación aparece recogido en la tabla 6 para los once primeros años, ya que, a partir de ese momento, al estabilizarse la producción, también lo harán los costes.

Estimación de los cobros de explotación del cultivo de naranjas

Para poder calcular los flujos de caja libres del proyecto es necesario que estimemos los ingresos para el periodo elegido. Para ello, debemos conocer la producción de naranjas a lo largo de su horizonte temporal y el precio al que se venderá el producto.

El primer concepto, es decir, el número de kilogramos producidos por una finca de naranjos, cambiará en función de la variedad, resistencia a las condiciones climáticas adversas, marco de plantación, etc. Para el tipo de montes elegidos en nuestro estudio, muy aptos para este cultivo, el factor a determinar será la distribución de las plantas. Así, el marco elegido será de 6 por 4 metros, lo que origina una densidad de 416 naranjos por hectárea. Según los estudios agrónomos suministrados por la empresa, la producción no comienza hasta el tercer año, aumentando paulatinamente hasta el undécimo, momento en el que se estabiliza. La tabla 7 recoge los kilogramos producidos en el citado periodo.

En la estimación del precio de la naranja, gracias a la existencia de datos históricos, hemos utilizado el *Análisis de Series Temporales*¹⁴, en concreto, el *Alisado exponencial doble y simple*, la *Estacionalidad aditiva y multiplicativa*, el mé-

todo de *Holt-Winters aditivo y multiplicativo*, y la *media doble y simple*. Así, se ha partido del precio de la naranja, en particular de la variedad Navelina en el mercado de Valencia y, previo estudio de su tendencia y estacionalidad, se ha determinado el proceso que mejor puede predecir los precios futuros, en concreto la *Estacionalidad aditiva*. Para éste, la raíz del error cuadrado medio (RMSE)¹⁵ fue de 0,01649, el estadístico *Durbin-Watson (D-W)*¹⁶ estuvo próximo a 2, lo que nos indica que no existía autocorrelación de primer orden, y, el estadístico *Theil's U (T-U)*¹⁷ fue de 0,877.

De esta forma, para la estacionalidad aditiva, la serie de precios seguirá el proceso de nivel (*level*):

$$L_t = \alpha \cdot (Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha) \cdot L_{t-1}$$

Asimismo, el componente estacional seguirá un proceso del tipo:

$$S_t = \gamma \cdot (Y_t - L_t) + (1 - \gamma) \cdot S_{t-s}$$

siendo la predicción para el periodo:

$$F_{t+m} = L_t + S_{t+m-s}$$

donde F_{t+m} es la predicción para el periodo m ; L_t es el nivel de la serie en el momento t ; S_{t+m-s} es el componente estacional en el momento t ; m es el

número de periodos utilizados para predecir; y s es el rango estacional.

Así, hemos estimado el precio de la Navelina en 0,36 €/kg con un intervalo de confianza del 10%, lo que nos da un precio comprendido entre 0,34 y 0,38 €/kg¹⁸.

En la figura 2 hemos representado gráficamente la evolución del precio de dicha variedad para las cuatro últimas campañas, comprendidas entre los años 1999 y 2003, y la predicción para la próxima campaña a través del modelo de estacionalidad aditiva. En este caso se han tomado 60 días como la duración media de la campaña.

Figura 2.- Predicción del precio de la navelina (€/kg)

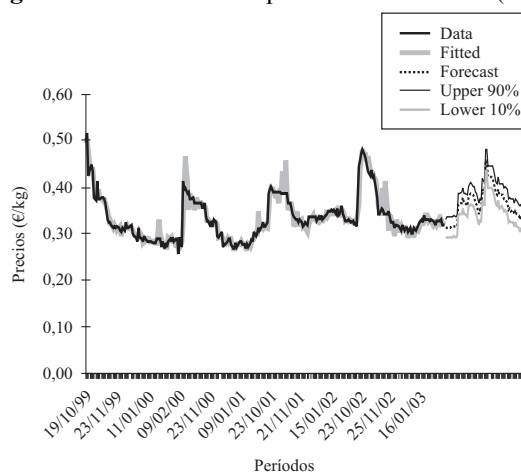


Tabla 6.- Costes de explotación del cultivo de naranja (€/ha)

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Fertilización	37	49	73	93	114	176	176	176	176	176	176
Tratamientos	135	135	330	538	1.196	1.399	1.399	1.399	1.399	1.399	1.399
Herbicidas	237	237	469	575	575	575	575	575	575	575	575
Agua	108	159	230	326	458	742	742	742	742	742	742
Recolección			42	263	525	788	1.050	1.225	1.502	1.575	1.719
Poda					259	259	259	259	259	259	259
TOTAL	517	580	1.144	1.795	3.126	3.939	4.201	4.376	4.653	4.726	4.870

FUENTE: Elaborada a partir del estudio agronómico suministrado por la empresa

Tabla 7.- Kilogramos producidos por hectárea

Años	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Producción (kg)	998	6.240	12.480	18.720	24.960	29.120	35.700	37.440	40.870

Tabla 8.- Métodos de Análisis de Series Temporales para la variedad Navelina

Métodos	Nº	RMSE	D-W	T-U	α	β	γ
Alisado exponencial doble	7	0,01881	2,029	1,017	0,869	0,112	
Alisado exponencial simple	5	0,01788	2,032	0,986	0,866		
Estacionalidad aditiva	1	0,01649	1,997	0,877	0,871		0,001
Estacionalidad multiplicativa	3	0,01667	1,893	0,851	0,883		0,001
Holt-Winters aditivo	2	0,0165	1,997	0,878	0,872	0,001	0,001
Holt-Winters multiplicativo	4	0,01777	1,901	0,901	0,899	0,001	0,001
Media móvil doble	8	0,02093	2,162	1,131			
Media móvil simple	6	0,01812	2,323	1			

FUENTE: Elaborada a partir de la tabla de datos dinámica suministrada por el software *CB Predictor v. 1.3*

Estimación de la volatilidad para el cultivo de naranjas

Para el cálculo de la volatilidad, hemos utilizado la fórmula de la *volatilidad histórica muestral corregida* propuesta por Cox y Rubinstein (1985, pp. 256 y ss.) y que exponemos seguidamente¹⁹:

$$\sigma_{\text{anual}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n \left(\ln \frac{P_t}{P_{t-1}} \right)^2} \cdot \sqrt{\frac{D}{N}}$$

donde n es el número de observaciones; D es el número de días de negociación al año; y N es el número de días de negociación en el periodo considerado por las observaciones (1 para observaciones diarias, 5 para semanales, 21 para mensuales, etc.).

Para ello, hemos utilizado los datos de la serie de precios de la variedad Navelina para el mercado de cítricos de Valencia.

Los resultados obtenidos para el cálculo de la volatilidad en el mercado de naranjas, se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 9.- Volatilidad del mercado de la naranja

Campaña	99-00 (%)	00-01 (%)	01-02 (%)	02-03 (%)	Media (%)	Máximo (%)	Mínimo (%)
Volatil. diaria	5,05	3,36	2,15	2,82	3,35	5,05	2,15
Volatil. campaña	39,13	26,03	16,64	21,85	25,91	39,13	16,64

Rentabilidad del cultivo de naranjas

Una vez obtenidos los ingresos, podemos calcular la rentabilidad del proyecto de plantación de las naranjas. Para tal fin, hemos descontado los flujos de caja libres del proyecto a la tasa calculada anteriormente, y le hemos restado la inversión necesaria para transformar una finca de eucaliptos en una plantación de naranjas.

En la tabla 10, recogemos el resumen de la valoración realizada con los criterios de rentabilidad tradicionales. Se puede observar que el proyecto presenta un VAN positivo, siendo, por tanto, su rentabilidad absoluta positiva. Además, presenta una rentabilidad relativa bruta del 12,56%, que por diferencia con la tasa de descuento estimada, da una rentabilidad neta positiva del 6,36%.

Tabla 10.- Rentabilidad del proyecto de plantación de naranjas

Tasa de descuento	Desembolsos de capital actualizados (€)	Cash-flows netos actualizados (€)	Rentabilidad
$k = 6,2\%$	65.809.121,26	162.454.995,28	VAN=96.645.874,011
			TIR=12,56%
			IR=146,86%
			PR=13 años

Al igual que hicimos para la rentabilidad del cultivo de eucalipto, hemos simulado los valores calculados para obtener la probabilidad de obtención de la rentabilidad. Como variable aleatoria, hemos tomado el precio de la naranja, ya que el resto de variables son más o menos ciertas para todos los estudios agronómicos realizados por la empresa.

En la figura 3 recogemos la representación gráfica de la distribución de frecuencias obtenida para la simulación seguida de la tabla donde aparecen sus estadísticos.

Figura 3.- Distribución de frecuencias del VAN del cultivo de naranja para la tasa CMPC

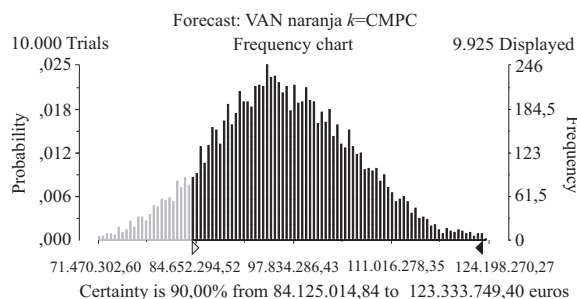


Tabla 11.- Estadísticos para la simulación del VAN del cultivo de la naranja

Estadístico	Valor	Estadístico	Valor
Ensayos	10.000	Coefi. de variación	0,10
Media	96.573.435,56	Rango mínimo	57.065.469,59
Mediana	96.200.936,56	Rango máximo	136.091.061,55
Desv. est.	9.722.803,29	Ancho del rango	79.025.591,95
Simetría	0,14	Error est. medio	97.228,03
Curtosis	3,13		

VALORACIÓN DE LA OPCIÓN REAL DE TRANSFORMACIÓN CON DISTINTOS COSTES TEMPORALES²⁰

Para calcular el valor de la opción de transformación de una finca de eucalipto en una plan-

tación de naranjas, con distintos costes a lo largo del horizonte temporal, se han utilizado los siguientes *inputs*:

- a) *Valor del activo subyacente*: Vendrá dado por los flujos de caja libres del proyecto del cultivo de naranjas descontados a la tasa CMPC.
- b) *Precio de ejercicio*: Se irá calculando, en cada uno de los momentos temporales, como la suma del coste de implantación de la naranja, el coste de oportunidad de la liquidación del proyecto y los gastos de explotación ya efectuados. Para tal fin, se irán capitalizando los desembolsos de capital y los gastos de silvicultura en cada uno de los momentos.
- c) *Volatilidad*: Se considerará la estimada en el apartado 5.2.4. para la naranja.
- d) *Tasa libre de riesgo*: Se ha utilizado el 3,7%.
- e) *Vencimiento*: Se ha elegido un horizonte temporal de 24 años²¹.

Una vez determinados los *inputs*, pasamos a valorar la opción. Así, conocemos que la empresa tiene la posibilidad de convertir el eucaliptal, previa inversión, en una finca de naranjas. De este modo, se valorará el derecho que, en el momento actual, posee de llevar a cabo la inversión a distintos costes de ejercicios para varias alternativas temporales. En nuestro caso, hemos valorado la opción de transformación durante los cinco primeros años y, posteriormente, hemos tomado intervalos de 2, 3 y 4 años. En la siguiente tabla, se recogen los resultados obtenidos para cada alternativa temporal.

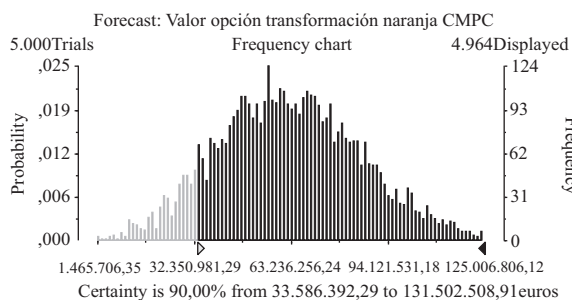
Tabla 12.- Valor de la opción de transformación (miles de €)

Intervalos temporales	Volatilidad (%)		
	$\sigma = 16,64$	$\sigma = 25,91$	$\sigma = 39,13$
Años 1, 2, 3, 4 y 5	53.661,32	65.867,05	84.864,59
Años 2, 4, 6, 8 y 10	46.872,78	63.025,02	82.397,57
Años 3, 6, 9, 12 y 15	40.904,21	54.906,28	76.498,19
Años 4, 8, 12, 15 y 20	35.396,24	49.869,88	72.200,32

En todas las alternativas analizadas, la opción de transformación tiene un valor positivo que oscila entre 35.396 y 84.864 miles de €. En la figura 4, representamos la distribución de frecuencias para los valores de la opción real de transformación, en los cinco primeros periodos, obtenidos a través del método de simulación de

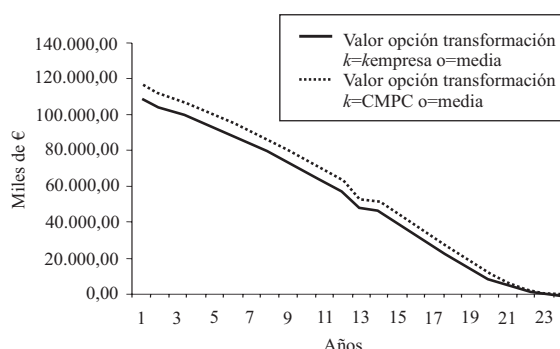
Monte Carlo, tomando el valor medio de la volatilidad estimada y la tasa de descuento CMPC. De igual forma obtuvimos el resto, si bien en aras de simplificar el trabajo no se han incluido.

Figura 4.- Distribución de frecuencias del valor de la opción de transformación en los momentos 1, 2, 3, 4 y 5 en una finca de naranjas para la volatilidad media y la tasa CMPC



En la figura 5 se representa gráficamente la evolución del valor de la opción de transformación en cultivo de naranjas a lo largo del horizonte temporal. Así, puede apreciarse como éste va descendiendo hasta llegar a ser prácticamente nulo. Esto nos estaría indicando que, si bien la empresa posee un derecho que tiene valor positivo en el momento inicial, conforme vayan transcurriendo los sucesivos periodos, este valor ira menguando hasta desaparecer. Por tanto, no existe el valor de la opción de diferir.

Figura 5.- Valor en el tiempo de la opción de transformación en una finca de naranjas



VALOR DE LA OPCIÓN BARRERA

La valoración de este tipo de opción se realizará siguiendo lo expuesto en el apartado anterior, pero se establecerá un nivel a partir del cual

se activa el derecho. Por tanto, aquellas fluctuaciones del subyacente que no traspasen la barrera no incorporarán valor al resultado final.

Para calcular el valor de la opción de transformación con barrera superior, a partir de una finca de eucalipto, se han utilizado los siguiente *inputs*:

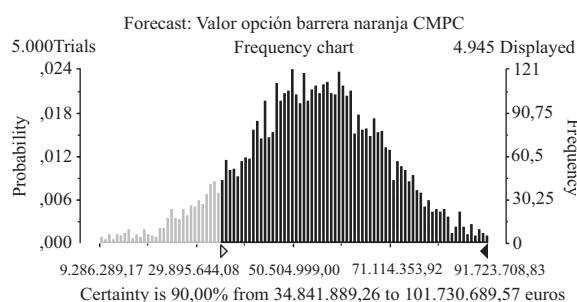
- Valor del activo subyacente*: Se tomará el valor de los flujos de caja libres de la alternativa descontados al momento inicial.
- Precio de ejercicio*: Vendrá fijado por el coste de transformación de la finca de eucalipto, incluyendo la inversión a realizar y el coste de oportunidad.
- Vencimiento*: 24 años.
- Tasa libre de riesgo*: 3,7%.
- Volatilidad*: Se ha utilizado la estimada anteriormente.
- Barrera superior*: Se ha seleccionado la establecida por la empresa como rentabilidad mínima exigida para la transformación del cultivo. Así, para la plantación de naranjas se tomará una rentabilidad neta anual del 15%²².

En la tabla 13, recogemos el valor de la opción barrera para cada una de las volatilidades seguida de la distribución de frecuencias del valor de la opción utilizando la simulación de Monte Carlo.

Tabla 13.- Valor de la opción de transformación con barrera superior (miles de €)

Plantación naranjas			
	Volatilidad (%)		
Tasa de descuento	$\sigma = 16,64$	$\sigma = 25,91$	$\sigma = 39,13$
$k = 6,2\%$	40.649,39	53.396,08	67.387,11

Figura 7.- Distribución de frecuencias del valor de la opción barrera superior en una finca de naranjas para la volatilidad media y la tasa de descuento CMPC



VALOR DE LA OPCIÓN DE ABANDONO

La valoración de esta opción presenta la dificultad de conocer cuál es el precio de venta de los terrenos que la empresa posee en propiedad. De este modo, será necesario conocer qué finca es exactamente la que se valora para, posteriormente, calcular dicho derecho. Sin embargo, al tener que hacerlo de forma global, es necesario estimar unos valores medios basándonos en la siguiente información:

- Los valores de referencia de las fincas rústicas empleadas en la actualidad por la Dirección General de Tributos de la Consejería de Economía y Hacienda a efectos fiscales.
- El Mercado oficial de Tierras: Obtenido del Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras del año 1998, elaborado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.
- El tamaño de las fincas: El precio de las mismas variará en función del número de hectáreas. Así, para fincas de gran tamaño el precio de la hectárea será menor que para las pequeñas.
- El potencial agronómico, según la empresa, de los distintos montes seleccionados.

Con el fin de realizar un estudio más flexible, hemos elegido tres valores para los precios de venta de las fincas, considerando, en todo momento, que se trata de fincas con posibilidad de regadío. Los precios elegidos fueron de 1.200, 1.500 y 2.000 euros la hectárea.

A continuación, pasamos a establecer los *inputs* que utilizaremos:

- Activo subyacente*: Vendrá dado por el VAN de la alternativa de transformación en naranjas, el cual, calculamos previamente.
- Precio de ejercicio*: Serán los distintos precios de la tierra estimados anteriormente.
- Tasa libre de riesgo*: 3,7%.
- Volatilidad*: La estimada para el cultivo de la naranja.
- Vencimiento*: 24 años.

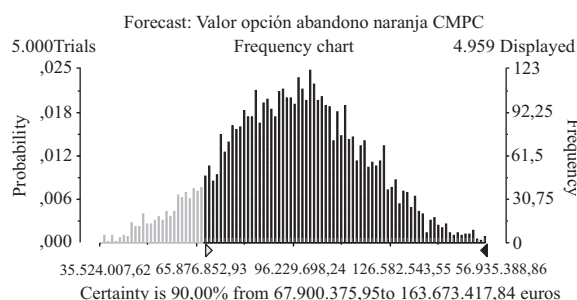
Una vez establecidos los *inputs*, y considerando que se trata de una opción de venta *americana*, obtuvimos los resultados que se recogen en la tabla 14.

Tabla 14.- Valor de la opción de abandono para la naranja (miles de €)

Precio Venta (€)	Tasa de descuento	Volatilidad (%)		
		$\sigma = 16,6$	$\sigma = 25,9$	$\sigma = 39,1$
1.500	$k = 6,2\%$	96.645,88	96.658,96	96.933,32
2.000	$k = 6,2\%$	96.645,95	96.678,18	97.139,80
2.500	$k = 6,2\%$	96.646,19	96.709,10	97.389,24

En esta tabla, figuran por columnas los resultados para cada una de las volatilidades estimadas y, por filas, los distintos precios de ejercicio que se corresponden con los posibles valores de venta.

A continuación, pasamos a calcular, la probabilidad de dicho valor con la volatilidad media, representando la distribución de frecuencias en la siguiente figura.

Figura 8.- Distribución de frecuencias del valor de la opción de abandono para la naranja utilizando la volatilidad media y la tasa CMPC

RESULTADOS

Tras realizar la valoración de las opciones reales, presentamos de forma resumida los principales resultados obtenidos, lo que nos permitirá demostrar la utilidad del ROA en el análisis de las alternativas de inversión de un proyecto forestal.

La empresa viene obteniendo con sus actuales proyectos un VAN de 6.319 miles de € lo que, en términos relativos, equivale a un 0,28% de rentabilidad neta²³. De este modo, si no tiene en cuenta la capacidad de actuación sobre el sobre el proyecto, y se limita a percibir los flujos futuros, el cultivo de eucalipto cubrirá, simplemente, los costes de explotación y generará un pequeño margen que se perderá con las demás cargas. Además, al depender el valor del citado proyecto de variables muy rígidas (precio de la madera,

metros cúbicos de madera por hectárea, gastos de silvicultura por hectárea, etc.), no existe flexibilidad alguna derivada de estos factores²⁴. Esto no significa que el proyecto no tenga riesgo, pues en la simulación del VAN se obtuvo una desviación estándar de 909 miles de € y, en la distribución de frecuencias respectiva, un valor mínimo de 5.147 miles de €²⁵. Lo que nos indica es que la posibilidad de gestionar dicho riesgo no existe.

En el momento actual, la empresa tiene identificada la oportunidad de transformar sus fincas en cultivos de naranjas. Si considera su evaluación de forma estática, siguiendo los criterios tradicionales, la empresa, en principio, la aceptaría siempre que le proporcionase una combinación rentabilidad-riesgo incremental positiva. Así, la alternativa del cultivo de naranja arrojó un VAN de 96.645 miles de €, su desviación estándar fue de 9.722 miles de €, lo que hace que el coeficiente de variación sea 0,10 (inferior al del eucalipto que es 0,14). Por tanto, sabiendo además que el VaR de la naranja es de 84.125 miles de €, la corporación tendría que decidir conociendo esta información.

Sin embargo, hasta el momento no se habría considerado la flexibilidad que la alternativa incorpora, y que permite decidir en función de la evolución de los precios de la naranja. Para ello, recogemos en la tabla 15 un resumen de la valoración de las distintas opciones, en la cual, se ha incluido la desviación estándar, el coeficiente de variación y el Valor en Riesgo de cada una de ellas²⁶.

Tabla 15.- Resultados de la valoración para la alternativa del cultivo de naranja considerando la volatilidad media

Tipo opción real	Valor de la opción real (miles €)	Desviación estándar (miles €)	Coefficiente de variación	Valor en riesgo (miles €)
Transformación	65.867	23.493	0,356	33.586
Barrera	53.396	15.353	0,287	34.841
Abandono	96.678	22.561	0,233	67.900

Así, tendríamos en primer lugar la rentabilidad, cuantificada por el valor de las distintas opciones reales, observándose que la posibilidad de liquidación del proyecto forestal tiene una cuantía superior al resto. Esto es lógico si pensamos que el patrimonio actual de la empresa tiene un alto valor de mercado, pero no hay que olvidar

que si la empresa vende los terrenos sería una decisión prácticamente irreversible²⁷. Además, también precisamos, que podemos considerar la opción barrera como un caso particular dentro de la de transformación, en la que el precio de ejercicio es superior por exigírsele una rentabilidad mínima, de ahí su menor valor.

En segundo lugar tendríamos el riesgo, medido como la desviación estándar del valor medio de la opción. De esta manera, la opción de transformación y la de abandono presenta una dispersión media parecida, indicándonos el error que podemos cometer en nuestra valoración.

En tercer lugar, aparece la proporción entre el riesgo y la rentabilidad, utilizándose para su cálculo el coeficiente de variación, el cual, permite indicar de qué forma se retribuye el riesgo soportado en cada una de las opciones.

Por último, estaría el Valor en riesgo que expresa el valor mínimo de la opción para un nivel de certeza dado (90%), indicándonos que como muy poco, el valor de la flexibilidad que incorpora el proyecto se podría cuantificar en 33.586 miles de €.

Para finalizar la presente valoración, sólo restaría calcular el valor total del proyecto del cultivo de eucalipto, que se obtendrá como la suma de su valor a través de las técnicas tradicionales (valor del proyecto sin flexibilidad) y el valor de la opción real respectiva (valor del proyecto con flexibilidad). Es decir, el valor de la flexibilidad se podría calcular como la diferencia del proyecto con y sin ésta.

Los resultados considerando los valores obtenidos para la volatilidad media, se ofrecen en la tabla 16.

Tabla 16.- Valor total del proyecto del cultivo de eucalipto (miles €)

VAN del proyecto del cultivo de eucalipto (miles €)	Opciones reales		Valor de la opción real (miles €)	Valor total del proyecto (miles €)
6.319	Naranja	Transformación	65.867	72.186
		Barrera	53.396	59.715
		Abandono	96.678	102.997

CONCLUSIONES

Como conclusión al trabajo expuesto, listamos las siguientes consideraciones que responden a los objetivos inicialmente propuestos:

1) *Aunque el proyecto del cultivo de eucalipto es viable económicamente, el rendimiento obtenido simplemente cubre los costes de explotación y genera un pequeño margen de beneficio, lo que unido a su alto riesgo, hace aconsejable un cambio en la política de inversiones en la fincas con alto potencial agronómico.*

Al analizar la viabilidad económica del cultivo este presentó un VAN positivo. Sin embargo, las cantidades obtenidas muestran que dicho valor es muy pequeño si lo comparamos con el montante invertido. Además, al realizar las simulaciones, llegamos a la conclusión de que el riesgo, medido por la desviación estándar, es lo suficientemente alto como para hacer que el proyecto se torne no rentable. No obstante, al tener que mantener un stock de seguridad de madera para la fábrica de celulosa, la solución que parece más razonable es la de plantear alternativas únicamente para aquellos montes que tengan un alto potencial agronómico, y dedicar el resto, al suministro de madera demandado por fábrica.

2) *Si bien el proyecto alternativo del cultivo de naranjas es más rentable, lleva consigo un riesgo considerable si no disponemos de la flexibilidad de la opción de invertir.*

La razón de esto hay que buscarla en el comportamiento de los precios de la naranja. Tal como vimos al determinar la volatilidad esta variabilidad de los precios, se traduce claramente en un mayor valor de la desviación típica, pudiendo fluctuar el VAN en un intervalo más amplio. Podrían plantearse como alternativas otros tipos de cultivo, cuyo coeficiente de variación fuese menor que para la naranja.

3) *El enfoque de las opciones reales nos ha permitido valorar la flexibilidad que posee el cultivo de eucaliptos al considerar la posibilidad de transformación en un cultivo de naranjas.*

El enfoque de las opciones reales, nos ha permitido demostrar, a través de la investigación del caso, cómo la flexibilidad inherente a determinados proyectos debe ser tenida en cuenta en su valoración, y cómo los resultados obtenidos condicionan, además, la toma de decisiones mediante la alteración de la jerarquía de los proyectos. Así, en función de la resolución de la incertidumbre, el decisor cuenta con una flexibilidad que debe ser valorada y adicionada al valor estático del proyecto. En particular, hemos demos-

trado, para el proyecto del cultivo de eucalipto, la existencia de una flexibilidad que incorpora mayor valor al mismo, y que hemos cuantificado a través del citado enfoque considerando la posibilidad de transformación o la de liquidación del proyecto. En concreto, el proyecto evaluado presentó un VAN, sin tener en cuenta la flexibilidad que incorporaba, de 6.319 miles de € (0,28% de rentabilidad relativa neta), por lo que, en principio, podría parecer que su rentabilidad es muy baja. Sin embargo, al sumarle el valor obtenido para las distintas opciones reales, la rentabilidad se vio afectada de manera muy positiva, corroborando nuestra hipótesis de partida.

4) *De todas las opciones reales analizadas, la que aporta mayor valor al proyecto es la de abandono, siendo ésta también la que presenta un menor coeficiente de variación.*

La opción real de abandono, tal como hemos visto en la tabla 15, es la que mayor valor incorpora, y además, su coeficiente de variación es el menor. La explicación la encontramos en el alto valor de mercado de los terrenos de la empresa, cuya venta supondría una entrada de caja muy elevada. De este modo, podemos afirmar que la explotación de las fincas cercanas a la factoría, no tiene ningún tipo de barrera de salida, es más, esta opción resulta muy ventajosa para la empresa. Por supuesto, dicha flexibilidad existe por el hecho de tener el suministro de madera asegurado con la explotación de los terrenos en Uruguay, y además, a un coste inferior al de las fincas onubenses.

5) *Mediante la aplicación del VaR, se puede cuantificar la pérdida máxima o el beneficio mínimo para el cultivo de eucaliptos, así como para la alternativa planteada del cultivo de naranjas, con sus distintas opciones reales, consiguiendo de esta forma conocer cuánto vale, como mínimo, la flexibilidad.*

A modo de colofón, si bien el proyecto del cultivo de eucalipto podemos valorarlo de forma estática a través de los criterios tradicionales, presuponiéndose, por tanto, que el decisor no puede actuar sobre dicho proyecto; las opciones reales transforman dicha valoración en algo dinámico, al añadir la flexibilidad que la alternativa del cultivo de naranjas incorpora a dicho proyecto, y permiten de esta manera, que se pueda

actuar sobre el proyecto en función de la evolución de las variables conductoras del valor.

Una vez evaluado el proyecto de inversión, no tenemos por qué esperar hasta su término para comprobar si hemos obtenido los resultados previstos. La empresa tiene la opción de poder actuar sobre su cartera de proyectos, cambiando las características iniciales y creando nuevas variables. De esta manera, el proceso de formación de la cartera de opciones de la empresa es algo dinámico, repercutiéndole las decisiones tomadas durante el horizonte temporal elegido. En nuestro caso particular, una vez realizada la repoblación, la empresa no tiene que llegar a la corta del árbol. Es más, hemos visto cómo el proyecto envuelve derechos cuyo valor supera al inicial del cultivo. Además, el ejercicio de la opción transforma la cartera de proyectos de la empresa y, por tanto, su conjunto de derechos.

NOTAS

1. Empresa Nacional de Celulosa.
2. Esto significa que los continuos cambios aleatorios en el logaritmo neperiano de los precios del subyacente siguen un proceso de Wiener (proceso Browniano), de media $(\alpha-1/2\sigma)t$ y varianza σ^2t , y que la media y la varianza del incremento relativo del precio aumenta linealmente. El proceso geométrico browniano es un caso especial del proceso browniano en el que se supone que los cambios en la variable se distribuyen como una lognormal, premisa más razonable para la evolución de activos financieros que la de normalidad. Véase, para más detalles sobre este tipo de procesos a Dixit y Pyndick (1994, capítulo 3).
3. El momento de la corta se fijó en 12 años y se obtuvo tanto de conversaciones con el encargado de la gestión patrimonial de IBERSILVA, S.A. como de diversos estudios llevados a cabo por la empresa. No obstante, podemos utilizar como referencia, en cuanto al momento óptimo a Gozález-Río y Otros (1997).
4. Para más detalle sobre la tasa apropiada para descontar los flujos de caja libres véase a Fernández (1999, p. 40).
5. Siglas de *Capital Asset Pricing Model*. Para más detalles sobre la utilización del modelo CAPM para la determinación del coste de los capitales propios véase a Damodaran (2001, cap. 3).
6. Como tasa libre de riesgo hemos tomado el tipo medio de las obligaciones a 15 años, 3,70%, ya que de este modo evitamos el riesgo de reinver-

sión (Fuente: www.mineco.es/tesoro), como rentabilidad esperada del mercado, la correspondiente al Índice General de la Bolsa de Madrid (IGBM) (Fuente: *Revista Bolsa de Madrid*) y como riesgo sistemático de las acciones hemos tomado la sensibilidad del rendimiento de la acción de ENCE al cambio en la rentabilidad del mercado, obteniéndose el valor de 0,3 (Fuente: *Revista Bolsa de Madrid*). Ahora bien, aunque IBERSILVA es una filial del Grupo ENCE, determinamos el grado de apalancamiento financiero de ambas empresas con el fin de poder homogeneizar las betas. De esta forma se obtuvo la beta apalancada de la empresa que fue de 0,3871.

7. En algunos trabajos (Insley, 2002; Alonso *et al.*, 2003) se calcula el momento óptimo de la corta del árbol, sin embargo, hay que decir que según los estudios de dasometría forestal (González-Río *et al.*, 1997) nunca es aconsejable realizarla antes de 12 años ya que, aunque el precio de la madera fuera alto en el mercado, no compensaría jamás los metros cúbicos dejados de producir. La decisión de corta se plantearía siempre posterior a los 12 años de crecimiento.
8. Equivale al concepto de rentabilidad incremental.
9. Caballones.
10. Se eligió el coste medio de las fincas en la zona.
11. Almansa Villoria, J. M. (2002): *Valoración de montes de IBERSILVA, S.A., con potencial agronómico en la provincia de Huelva*. (Estudio encargado por la empresa. Anexo 1).
12. Para su elaboración hemos seguido los trabajos de Verdier Martín (1987) y García Machado y de la Vega Jiménez (2003).
13. Básicamente, y utilizando la terminología agrícola, estas plagas y enfermedades son el minador cítrico, el ácaro rojo, los pulgones, los piojos rojos, el cotonet, la mosca blanca, el mosquito verde, la mosca de la fruta y el aguado.
14. Aunque también realizamos la estimación del precio a partir de métodos de regresión lineal simple y múltiple, los estadísticos de ajustes arrojados, unido al conocimiento de la estacionalidad, nos hizo optar por el *Análisis de Series Temporales*.
15. *Root mean square error*. Para su determinación se emplea la siguiente fórmula:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (\hat{Y}_t - Y_t)^2}{n}}$$

donde Y_t representa el valor actual de un punto para el periodo t , \hat{Y}_t el valor estimado de un punto en el periodo t , y n el número de observaciones.

16. Detecta, en qué medida, cada valor de la serie influye en el siguiente. Puede oscilar entre 0 y 4, siendo el punto medio del intervalo aquel en el que no existe autocorrelación.
17. Es una medida del error relativo. Conviene que sea lo más pequeño posible y, en todo caso, menor de 1. Se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n-1} \left(\frac{\hat{Y}_{t+1} - Y_{t+1}}{Y_t} \right)}{\sum_{t=1}^{n-1} \left(\frac{Y_{t+1} - Y_t}{Y_t} \right)}}$$

siendo \hat{Y}_{t+1} el valor estimado para el periodo $t+1$, Y_{t+1} el valor actual para el periodo $t+1$, Y_t es valor actual para el periodo t y n el número de observaciones.

18. Representa el décimo y el nonagésimo percentil.
19. Se puede observar que para corregir la estimación por el número de grados de libertad se divide por $n-1$.
20. Hemos usado el método binomial de Cox, Rox y Rubinstein (1979).
21. Equivale a dos ciclos productivos de madera de eucalipto, no siendo aconsejable realizar un nuevo resalveo ya que la producción de madera por metro cúbico disminuiría más que proporcionalmente.
22. Para el cálculo de la barrera en unidades monetarias, se multiplica la rentabilidad neta anual por el número de periodos elegidos. A continuación, multiplicamos dicho coeficiente por el coste de la inversión, obteniendo la rentabilidad deseada en términos absolutos para el montante invertido. El resultado es de 236.912 miles de €.
23. Diferencia entre la rentabilidad bruta (6,48%) y el *CMPC* (6,2%).
24. La empresa SILVASUR vende la madera a la factoría de Grupo, donde se emplea como *input* en la fabricación de pasta de papel, y su precio de venta viene fijado en función de los costes de explotación, no existiendo por tanto precio de libre mercado.
25. Este valor se corresponde con el *VaR* (*Value at risk*), para un nivel de confianza del 90%, que ha sido el utilizado en nuestro trabajo. Para más detalle sobre la determinación del *VaR*, véase, por ejemplo, a García *et al.* (2002) Aragonés y Blanco (2000) entre otros.

26. Con el fin de no extendernos en la presentación de los resultados, se muestran únicamente los valores calculados para la volatilidad media. Además, sólo hemos considerado la opción de transformación para los momentos temporales 1, 2, 3, 4 y 5, si bien, las conclusiones podrían extrapolarse sin dificultad para los demás ejercicios.
27. Hay que indicar que en la actualidad la empresa se abastece principalmente de la madera procedente de la explotación en las Pléyades (Uruguay) por tener un coste de explotación menor, y que las fincas de la provincia onubense, son susceptibles, por este motivo, de ser transformadas o incluso vendidas. Ahora bien, en la valoración no se han incluido aquellas fincas que juegan un papel de *stock de seguridad* para evitar rupturas en el suministro de madera a fábrica.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMANSA VILLORIA, J. M. (2002): *Valoración de montes de IBERSILVA, S.A., con potencial agronómico en la provincia de Huelva*. (Estudio encargado por la empresa).
- ALONSO, S.; VALLELADO, E.; HENRIQUES, J.M. (2003): "Valoración y determinación del momento óptimo de corte de una explotación forestal. Aplicación del modelo de opciones reales", *XI Foro de Finanzas*. Alicante.
- AMRAM, M.; KULATILAKA, N. (2000): *Opciones reales. Evaluación de inversiones en un mundo incierto*. Barcelona: Gestión 2000.
- ANDRÉS, A.; AZOFRA, V.; FUENTE, G. DE LA (2002): "Las opciones reales en el valor de mercado de la empresa: el caso de las empresas tecnológicas", *Estudios Financieros. Revista de Contabilidad y Tributación*, núm. 235, pp. 165-188.
- ARAGONÉS, J.R.; BLANCO, C. (2000): *Valor en riesgo: Aplicación a la gestión empresarial*. Madrid: Pirámide.
- ARANDA, C.; TRIGEORGIS, L.G. (2002): "Full Strategic Real Options Valuation in Pharmaceuticals: An Application at MedeGine", *X Foro de Finanzas*. Sevilla.
- BJERKSUND, P.; EKERN, S. (1990): "Managing Investment Opportunities Under Prices Uncertainty: From Last Chance to Wait and See Strategies", *Financial Management*, vol. 19, núm. 3, pp. 65-83.
- BOWMAN, E.H.; MOSKOWITZ, G.T. (1997): *The Use of Options Analysis in Strategic Decision Making*. (Documento de Trabajo, núm. 97-03). University of Pennsylvania, The Wharton School, Reginald H. Jones Center for Management Policy Strategy and Organization.
- BRENNAN, M.J.; SCHWARTZ, E.S. (1985) "Evaluating Natural Resource Investments", *Journal of Business*, vol. 58, núm. 2, pp. 135-157.
- COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. (2001): *Real Options: A Practitioner's Guide*. New York: Texere.
- COPELAND, T.; KOLLER, T.; MURRIN, J. (1996): *Valuation, Measuring and Managing the Value of Companies*. 2ª ed. New York: John Wiley & Sons.
- CORTAZAR, G.; SCHWARTZ, E.S. (1997): "Implementing a Real Option Model for Valuing an Undeveloped Oil Field", *International Transactions in Operational Research*, vol. 4, núm. 2, pp. 125-137.
- COX, J.C.; RUBINSTEIN, M. (1985): *Options Markets*. New Jersey: Prentice-Hall.
- COX, J.C.; ROSS, A.S.; RUBINSTEIN, M. (1979): "Option Pricing: A Simplified Approach", *Journal of Financial Economics*, vol. 7, pp. 229-263.
- DAMODARAN, A. (2001): *The Dark Side of Valuation: Valuing Old Tech, New Tech, and New Economy Companies*. London: Prentice-Hall.
- DELOITTE&TOUCHE (2003): *Memoria anual 2002 de IBERSILVA, S.A*. Huelva.
- DIXIT, A.; PYNDICK, R. (1994): *Investment Under Uncertainty*. Princeton: Princeton University Press.
- DUKU-KAAKYIRE, A.; NANANG, D.M. (2004): "Application of Real Options Theory to Forestry Investment Analysis", *Forest Policy and Economics*, vol. 6, pp. 539-552.
- FERNÁNDEZ, P. (1999): *Valoración de empresas*. Barcelona: Gestión 2000.
- FERNÁNDEZ, P. (2002): "Valoración de opciones reales: problemas y errores", *Bolsa de Madrid*, núm. 106, pp. 32-37.
- GARCÍA, J.J.; VEGA, J.J. DE LA (2003): *Estudio preliminar de un seguro de precios en el sector del fre-són*. (Documento de Trabajo). Grupo de Investigación en Administración y Modelización de Organizaciones (GIAMO) SEJ-190.
- GARCÍA J.J.; VEGA, J.J. DE LA; TOSCANO, D. (2001): "El VaR y su aplicación en la determinación del riesgo", *Estrategia Financiera*, núm. 184, pp. 20-26.
- GARCÍA MACHADO, J.J. (2001): *Opciones reales: aplicaciones de la teoría de opciones a las finanzas empresariales*. Madrid: Pirámide.
- GIOLBERG, O.; GUTTORMSEN, A.G. (2002): "Real Options in the Forest: What if Prices are Mean-Reverting?", *Forest Policy and Economics*, vol. 4, núm. 1, pp. 13-20.
- GOZÁLEZ-RÍO, F. et al. (1997): *Manual técnico de selvicultura del eucalipto*. Agrobyte. (Disponible en <http://agrobyte.lugo.usc.es>. Consultada el 30/10/03).
- INSLEY, M. (2002): "A Real Options Approach to the Valuation of a Forestry Investment", *Journal of En-*

- Environmental Economics and Management*, vol. 44, núm. 3, pp. 471-492.
- KEMMA, A. (1993): "Case Studies on Real Options", *Financial Management*, vol. 22, núm. 3, pp. 259-270.
- LAMOTHE, P.; OTERO, J. (2003): "Garantías de valor residual en la industria aeronáutica: un enfoque de valoración basado en opciones reales", *XI Foro de Finanzas*. Alicante.
- LEÓN, A.; PIÑEIRO, D. (2003): "PharmaMar: una aplicación de la teoría de opciones reales a la valoración de empresas farmacéuticas", *XI Foro de Finanzas*. Alicante.
- MCDONALD; SIEGEL (1986): "The Value of Waiting to Invest", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 101, núm. 4, pp. 707-727.
- OTTO, R.E. (1998): "Valuation of Internal Growth Opportunities: The Case of a Biotechnology Company", *The Quarterly Review of Economics and Finance*, vol. 38, núm. 3, pp. 615-633.
- PANAYI, S.; TRIGEORGIS, L.G. (1998): "Multi-Stage Real Options: The Cases of Information Technology Infrastructure and International Bank Expansion", *The Quarterly Review of Economics and Finance*, vol. 38, núm. 3, pp. 675-692.
- Revista Bolsa de Madrid* (Disponible en <http://www.bolsamadrid.es>, consultada el 05/11/2003).
- RYAN, B.; SCAPEN, R.W.; THEOBALD, M. (2002): *Research Method & Methodology in Finance & Accounting*. 2ª ed. London: Thomson.
- TRIGEORGIS, L.G. (1996): *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. Cambridge: The MIT Press.
- TRIGEORGIS, L.G. (1990): "A Real Options Application in Natural-Resource Investments", *Advances in Futures and Options Research*, vol. 4, pp. 153-164.
- VERDIER, M. (1987): *Cultivo del fresón en climas templados*. Huelva: Ediciones Agrarias.
- YIN, R.K. (1994): *Case Study Research: Design and Methods*. 2ª ed. Beverly Hills: Sage.