

DESARROLLOS RECIENTES EN MODELOS DE TURNO FINANCIERO

J. A. MILLÁN GÓMEZ & J. S. MILLÁN GÓMEZ

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS Y GESTIÓN ECONÓMICA DE LOS RECURSOS NATURALES, ETSEAL, C/ROVIRA ROURE 177. 25198. LLEIDA

RESUMEN

Uno de los problemas clásicos en la ordenación forestal es la determinación del turno óptimo, existiendo para ello diversos criterios. En este trabajo se revisan algunos desarrollos surgidos en la última década en la determinación del turno por medio de criterios financieros, que de una forma general se pueden considerar en relación al modelo de Faustmann. En particular, se analizan y amplían dos líneas; la posibilidad de utilizar programación lineal para desarrollar el modelo y ampliaciones, y la posibilidad de relajar algunas de las restricciones más fuertes de los modelos clásicos mediante técnicas de control óptimo estocástico.

P.C.: Turno óptimo, Análisis financiero, Faustmann, Programación.

SUMMARY

A long discussed problem in timber management is the optimal time for harvest. Several criteria exist to approach this problem. In this paper we evaluate several recent developments to estimate the financially optimal rotation, or, say, Faustmann-like models. We stress on two lines of research; the linear programming model and extensions, and the relaxing of the strong assumptions of classical models by means of stochastic control techniques.

K.W.: Optimal timber rotation, Financial analysis, Faustmann, Programming.

INTRODUCCION

El origen más comúnmente aceptado de los modelos financieros de valoración forestal se encuentra en el trabajo publicado en 1849 por FAUSTMANN (1995). Este autor proporciona un procedimiento de una clara utilidad práctica. Con el método propuesto se obtiene la información de valor forestal que puede ser claramente usada en todos los procedimientos que precisen de una valoración (ventas, expropiaciones, destrucción por fuegos,...) y asimismo es útil para determinar el sistema de estructura selvícola más adecuada y la duración del turno. Para una introducción a los modelos financieros de turno óptimo se pueden consultar los tratamientos de FERNÁNDEZ TOMÁS (1994) y ROMERO (1994)

Algunas aportaciones han intentado corregir lo que parece una limitación del modelo para los casos en donde no se encuentra una estructura de bosque homogénea, de forma que sea útil para valorar la existencia de árboles de diferentes edades. Una cuestión adicional en este sentido, recogida en DAVIS y JOHNSON (1987), es que los modelos de valor esperado de la tierra asumen que ésta será utilizada perpetuamente en producción maderable. Sin embargo, SAMUELSON (1976) demuestra que esta tradición forestal es la correcta desde una perspectiva económica. Más aún, no hay ninguna contradicción en concepto entre el

procedimiento de Faustmann, y la valoración de las producciones no maderables, como en HARTMANN (1976), y que se contempla en SAMUELSON (1976, p. 486): *'Or, putting the matter more accurately, I would have to say the future vector of real costs and real benefits of each alternative will have to be scrutinized in terms of a generalization of the spirit and letter of the Faustmann-Fisher calculus'*.

Algunas aportaciones recientes en el análisis de las inversiones financieras aportan nuevos elementos al problema de inversión que deben ser tratados en el marco establecido anteriormente. Hay que tener en cuenta que la principal alternativa con en cuenta generalmente un determinado proyecto de inversión es la realización del mismo proyecto en un periodo de tiempo posterior. Llevado al caso concreto que nos ocupa, en la valoración forestal debemos considerar siempre como alternativa la posibilidad de cortar en un momento posterior del tiempo, en donde se pueden encontrar alternativas más satisfactorias al uso del suelo. Hay que destacar que se trata de un derecho, de una opción, que dispone la empresa forestal, y que no va en contra del supuesto fundamental de considerar un uso perpetuo del suelo. A continuación se analizan las diferentes cuestiones comentadas anteriormente

MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL FORESTAL.

Partiendo de que desde un punto de vista teórico el turno que maximiza el valor esperado del suelo, dado por la fórmula de Fausstman, es el correcto, se ha desarrollado una adaptación del modelo lineal forestal propuesto por JOHANSSON y LÖFGREN (1985), el cual supone un enfoque más general desde un punto de vista práctico del problema de la determinación del turno óptimo. El modelo consiste en maximizar una función de valor actual neto descontado de los servicios del bosque a lo largo de un horizonte temporal discreto y finito, lo suficientemente largo como para que el término de valor residual del bosque, vía descuento, se haga tan pequeño como deseemos. Las restricciones básicas del problema definen la tecnología forestal, es decir, la relación entre el crecimiento natural de la masa forestal y el control humano mediante la aplicación de técnicas de cultivo y corta.

Los servicios del bosque considerados en la aplicación serán los madereros, pero nada impide considerar otras producciones o servicios no madereros que el bosque proporcione en cada momento del tiempo o para cada clase de edad considerada. La introducción de estos valores en el programa es sencilla, puesto que no requiere la estimación de una función temporal continua y derivable como la presentada por HARTMANN (1976), sólo el valor monetario correspondiente en cada momento del tiempo.

Las restricciones de igualdad que definen la tecnología forestal básica son:

1) Se considera la corta como un proceso de producción conjunta en el que se obtiene madera y tierra desnuda (a la madera se le asigna un precio positivo y a la tierra desnuda se le puede asignar un precio negativo, coste de la replantación). La relación se define, dada una edad máxima, n , una clase de edad mínima (tierra plantada desnuda), 0 , como que la tierra desnuda al final del periodo t es

$$x_{t0} = c_{t1} + c_{t2} + \dots + c_{tn} \quad \forall t$$

donde c_{tj} es el número de hectáreas de edad j cortadas en el periodo t y x_{tj} es el número de hectáreas de edad j existentes en el tiempo t .

La superficie de terreno ocupada por árboles de edad $i < n$ en el tiempo $t \leq T$ es igual a

$$x_{tj} = -c_{tj} + x_{t-j-1} \quad \forall t \quad j = 1, \dots, n-1$$

lo que proviene del periodo anterior menos el corte de este periodo.

Para $i = n$ se asume como finalización del proceso recursivo que los árboles que en el periodo anterior tenían edad n permanecen en esta categoría para siempre

$$x_{tn} = -c_{tn} + x_{t-1n-1} + x_{t-1n}$$

diciendo que si el crecimiento de la biomasa de un rodal homogéneo finaliza tras n periodos, cualquier crecimiento extra es compensado por la mortalidad.

Finalmente, como condición inicial, la tierra plantada desnuda y los árboles de diferentes edades cubren la dotación inicial de terreno.

$$M = x_{00} + x_{01} + \dots + x_{0n}$$

Dado un mercado de capitales perfecto, el criterio de inversión del propietario forestal es maximizar el valor presente de la corriente de renta que se deriva de la corta. Por tanto, el problema de gestión forestal se formula como

$$\max B = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n (p_{tj} c_{tj} f_j + g_{tj})$$

sujeto a la tecnología definida y a alguna condición de estado, donde f_j es la función de producción temporal de madera de una masa de edad j y g_{tj} el valor de los servicios no madereros de una masa de edad j en el tiempo t .

Si los precios netos descontados son independientes de la corta entonces la función de beneficios es lineal y las restricciones son lineales. En otras palabras, se trata de un problema de programación lineal. La estructura del problema coincide con la determinación del turno óptimo económico, considerando todos los servicios del bosque. El análisis del programa dual permite explorar la naturaleza de la solución, llegando a las mismas conclusiones cualitativas y cuantitativas del turno de Faustmann, como señalan JOHANSSON y LÖFGREN (1985).

Una gran ventaja del modelo presentado es su facilidad para incluir distintas restricciones, como pueda ser la obligatoriedad de establecer una estructura determinada de la masa forestal al cabo de un tiempo dado. DAVIS y JOHNSON (1987) definen un bosque regulado como aquél que produce un flujo constante de madera en el tiempo y exponen una serie de motivos que justifican la necesidad de la regulación. Si se analizan detenidamente, todos los motivos que se aducen para la justificación de la regulación son de carácter económico, por lo cual, si fuesen valorados e incorporados a la formulación del modelo presentado, si la regulación es económicamente deseable, la solución del programa debería reflejarlo (así como cuál es la estrategia de regulación óptima de entre todas las posibles).

Un elemento esencial a la hora de comparar diversos modelos forestales con el modelo de turno financiero óptimo es que éste siempre necesariamente proporciona el valor actual más alto por su propia definición. Cualquier restricción que se incorpore al modelo de turno financiero necesariamente ha de proporcionar un valor esperado inferior. Por ello, el análisis de modelos forestales de turno financiero óptimo no ha de dirigirse a la consideración de lo que establecen las alternativas de regulación comúnmente utilizada, por más que estas sean las consideradas más adecuadas bajo criterios correctos de ordenación, sino a la consideración de las variables relevantes en la práctica desde la perspectiva de la inversión. Esto último incluye la consideración de determinadas prácticas selvícolas que los modelos financieros no suelen incluir en las funciones de crecimiento, y que de manera cualitativa se tratan en HEAPS (1981) y en JOHANSON y LÖFGREN (1985, cap. 5).

A pesar de existir limitaciones en la valoración de todos los servicios que proporciona el bosque, es posible extraer alguna información si se comparan las soluciones que se obtienen maximizando el valor del bosque sin imponer regulación con las que se obtienen si imponemos la restricción de un flujo continuo del valor de los servicios identificados (en principio la madera) a partir de un determinado momento del tiempo. El coste de la regulación, medido por la diferencia en el valor esperado del suelo, entre uno y otro caso es lo que habría que comparar con los beneficios, no valorados, de la regulación. Un planteamiento similar, utilizado para estudiar cómo se ve afectado el coste de la regulación por la duración

del periodo de regulación para distintos valores del turno, es aplicado por HOGANSON y MCDILL (1993). Frente a éste, el modelo aquí presentado tiene las ventajas de una mayor generalidad en la formulación del modelo y la endogeneización de la variable edad de rotación, por lo que proporciona la trayectoria óptima de regulación y el turno óptimo correspondiente de manera simultánea.

Como ilustración de las posibilidades del modelo se realiza una aplicación utilizando el ejemplo de choperas en León de ROMERO (1994), con 12 escenarios, que se han simulado junto con el modelo de turno de máxima renta en especie, considerando la función objetivo

$$\max B = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n (c_{tj} f_j)$$

De los resultados de la simulación realizada, que se presentan en la Tabla 1, cabe destacar que el turno óptimo sin regulación y el de máxima renta en especie coinciden con los calculados utilizando la metodología analítica tradicional. Se comprueba la constancia de los turnos para las distintas dotaciones iniciales, que es una propiedad de la formulación lineal presentada y permite tratar el problema tanto a nivel árbol como a nivel rodal. Las soluciones no son sensibles a la variación de precios considerada.

Si se impone la regulación disminuyen tanto el valor del suelo como la cantidad de madera obtenida, que son resultados esperados, pero además se produce una reducción del turno óptimo. Aunque esta reducción es pequeña en términos cuantitativos, sería interesante estudiar este efecto sobre especies de crecimiento lento, en las cuales los valores no madereros aumentan tanto con la regulación como con la duración del turno. La regulación es admisible si el coste de regulación es inferior a los beneficios (no considerados) de una estructura regular del bosque. El coste de la regulación depende de la estructura de edades del bosque y del plazo de tiempo que se fije para su implantación, que se puede hacer endógeno al modelo

OPCIONES SOBRE EL BOSQUE Y VALORACION

Desarrollos recientes en la teoría de la inversión llevan a considerar la propia oportunidad de ejercer la opción de corta, de entre todas las alternativas de uso del suelo a lo largo de una vida infinita de éste. En general, la mejor alternativa que se dispone en el momento de decidir la corta es el propio retraso en cortar. Cabe señalar que el marco de análisis sigue siendo básicamente financiero, aunque aparentemente lo que se incluye es un coste de oportunidad económico, ya que lo que se incluye en la valoración es un derecho que puede ser ejercido y puede ser valorado en términos financieros, y que la interpretación en términos de coste de oportunidad se hace en la propia definición de la tasa de descuento.

MILLER y VOLTAIRE (1983) y YIN y NEWMAN (1995), entre otros, abordan teóricamente el problema de generalizar la fórmula de Faustmann haciendo uso de cálculo diferencial estocástico. ZINKHAN (1991) aborda explícitamente como la adquisición de tierra para usos forestales frecuentemente permite la opción para reconvertir la tierra a otras alternativas agrícolas o incluso residenciales. El tratamiento que adopta es medir el valor esperado total sumando al valor esperado de la tierra asumiendo que ésta se utiliza a perpetuidad para la producción de madera (y que valora siguiendo la fórmula de Faustmann) el valor de la opción (según la Teoría de los Mercados de Futuros, redefiniendo los términos financieros en sus homólogos forestales) a convertir la producción de madera en un uso alternativo de suelo en una fecha posterior determinada. Este procedimiento se hace operativo, a costa de algunas simplificaciones importantes; en primer lugar, el tratar ambos aspectos de la valoración como dos sumandos independientes, y, además, el tener que definir

una fecha futura concreta al tratar con un modelo de opción europea. Teóricamente, parece más correcto el tratar el valor esperado en una sola fórmula completa que se trata de optimización, y, asimismo, parece más adecuado el disponer de la opción en una fecha indefinida en el futuro, como una opción americana. No obstante, hay que señalar que este último tratamiento es enormemente más difícil en su posible implementación, sin que pueda decirse que este aumento de complejidad proporcione resultados sustancialmente distintos.

El problema que se plantea es especialmente relevante en el momento actual en que son previsibles unas grandes inversiones en reforestación y reconversión a usos forestales de tierras agrícolas. Una alternativa que, en general, dispondrá el inversor que decide actualmente una inversión forestal, y muy especialmente con especies de ciclo corto, es la posibilidad de realizar otra actividad fundamentalmente forestal distinta, o de volver a la actividad agrícola, o de emprender alguna otra actividad alternativa, incluyendo uso urbano del suelo. Estas alternativas pueden manifestarse inmediatamente tras la primera corta. Los comentarios apuntados aquí también pueden ser útiles para explicar un aspecto de las inversiones forestales difícilmente aceptable desde una óptica empresarial privada. Los análisis de inversiones forestales tradicionalmente indican muy bajas tasas internas de rendimiento. Una cuestión que aparece naturalmente a la hora de valorar una inversión forestal es, precisamente, algún aspecto más complejo relacionado con el valor del suelo. No solamente se considera una inversión forestal por los rendimientos obtenidos de la producción maderable y de otras producciones, sino también por las incorporaciones al valor del suelo.

CONCLUSION

Un mejor conocimiento de los distintos aspectos del valor de la tierra forestal no solamente permitirá una mejor explicación de las inversiones forestales, sino que proporcionará mejores modelos de análisis para la proyección de recursos forestales en el futuro. Es importante desarrollar modelos a la vez operativos y que contengan información relevante. Así, se debe avanzar en la valoración de las diferentes técnicas de gestión de la explotación forestal, y en los condicionantes del valor del suelo. En este último aspecto, el reconocimiento de una opción sobre diversas alternativas es una explicación simple, aunque probablemente no suficiente, a la observación de que existen propiedades forestales con un valor de madera que en mercado es superior al valor esperado actual de la producción maderable en una fecha futura.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- DAVIS, L.S. & JOHNSON, K.N. (1987) *Forest management*. McGraw-Hill. New York.
- FAUSTMANN, M. (1995) Calculation of the Value which Forest Land and Immature Stands Possess for Forestry. *Journal of Forest Economics* 1(1): 7-44 (Traducción del original alemán (1849) 'Berechnung des Wertes welchen Waldboden sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen' *Allgemeine Forst- und Jagd- Zeitung*, 15)
- FERNÁNDEZ-TOMÁS, J.G. (1994) Bases económicas de la ordenación de montes arbolados: II Modelos económicos de turno financiero. In: MADRIGAL COLLAZO, A., *Ordenación de montes arbolados*: 111-124. ICONA. Madrid.
- HARTMAN, R. (1976) The harvesting decision when a standing forest has a value. *Economic Inquiry* 14: 52-58.
- HEAPS, T. (1981) The qualitative theory of optimal rotations. *Canadian Journal of Economics* 14(3): 686-699.

HOGANSON, H.M. & MCDILL, M.E.(1993) More on forest regulation: an LP perspective. *Forest Science* 39(2): 321-347.

JOHANSSON, P.O. & LÖFGREN, K.G. (1985) *The economics of forestry and natural resources*. Basil Blackwell. London.

MILLER, R.A. & VOLTAIRE, K. (1983) A stochastic analysis of the tree paradigm. *Journal of Economic Dynamic&Control* 6: 371-386

ROMERO, C. (1994) *Economía de los recursos ambientales y naturales*. Alianza Editorial. Madrid

SAMUELSON, P. (1976) Economics of forestry in an evolving society. *Economic Inquiry* 14: 466-492.

YIN, R. & NEWMAN, D. (1995) A note on the tree-cutting problem in a stochastic environment. *Journal of Forest Economics* 1(2): 181-190

ZINKHAN, F.C. (1991) Option pricing and timberland's land-use conversion option. *Land Economics*, 67(3). 317-325

<i>Escenario</i>	<i>VALOR</i> (10 ⁸ PTA)	<i>MADERA t=50</i> (M ³)	<i>TURNO</i> (AÑOS)	<i>COSTE REGULACIÓN</i> (%)
T0P1D1	2.335	166477	13	-
T0P1D2	3.427	181143	13	-
T0P2D1	3.503	166477	13	-
T0P2D2	5.140	181143	13	-
T1P1D1	2.088	151345	12	10.6
T1P1D2	3.245	174770	12	5.3
T1P2D1	3.131	151345	12	10.6
T1P2D2	4.867	174770	12	5.3
T2P1D1	2.284	154420	12	2.2
T2P1D2	3.386	177904	12	1.2
T2P2D1	3.426	154420	12	2.2
T2P2D2	5.079	177904	12	1.2
max renta	2.269	172877	14-15	2.8

Tabla 1. Resultados del modelo de bosque lineal en diferentes escenarios

Escenarios: Tasa de descuento: 6%.

Dos dotaciones iniciales:

D1:S0 = 100 ; D2: S0=S4=S8=S12=25.

Dos precios

P1=6000 ; P2=9000.

Tres periodos para la regulación:

T1=20años ; T2=50años ; T0 sin regulación.