

**LA EXPLOTACIÓN ÓPTIMA DE BOSQUES COMO  
HERRAMIENTA DE APOYO A LA GESTIÓN  
MULTIFUNCIONAL**

Albiac J  
Calvo E  
Goetz R

Documento de Trabajo 00/3

**SERVICIO DE INVESTIGACION AGROALIMENTARIA  
UNIDAD DE ECONOMIA Y SOCIOLOGIA AGRARIAS**

63 28 1

Nº M. 1261

**LA EXPLOTACIÓN ÓPTIMA DE BOSQUES COMO  
HERRAMIENTA DE APOYO A LA GESTIÓN  
MULTIFUNCIONAL**

Albiac J.  
Calvo E.  
Goetz R.

Documento de Trabajo 00/3



# **La explotación óptima de bosques como herramienta de apoyo a la gestión multifuncional**

José Albiac<sup>a</sup>, Elena Calvo<sup>b</sup> y Renan-Ulrich Goetz<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Unidad de Economía Agraria, Gobierno de Aragón

<sup>b</sup> Departamento de Análisis Económico, Universidad de Zaragoza

<sup>c</sup> Departamento de Economía, Universidad de Gerona

## **Resumen**

La comunicación explora la utilización de métodos de optimización aplicados a la gestión de bosques como instrumentos que contribuyen a mejorar la rentabilidad de los bosques, promover la estabilidad de los ecosistemas, e incorporar las externalidades positivas generadas por los bosques. Uno de los principales instrumentos de gestión de los bosques que facilita la estabilidad de los ecosistemas y favorece la provisión de beneficios medioambientales, es la tala selectiva de árboles. Hasta ahora, el análisis de este régimen de gestión de un bosque es prácticamente inexistente en la literatura de economía medioambiental, donde los autores suponen la tala completa o la gestión de plantaciones de la misma edad. La técnica de análisis que se propone es la optimización dinámica de plantaciones de edad heterogénea. La aproximación que se presenta permite solucionar el problema económico, incorporando criterios multifuncionales como los aspectos biológicos, ambientales y paisajísticos.

## **Introducción**

Los bosques están generando un interés social cada vez mayor en muchos países, y también en España. En el marco del Panel Intergubernamental de Bosques (IPF) de Naciones Unidas, se ha logrado establecer una amplia serie de Propuestas de Acción. La implementación de las Propuestas de Acción ha sido aprobada por el Consejo de Ministros de la Unión Europea y por la Asamblea General de Naciones Unidas (MMA 2000). Ante las nuevas demandas sociales es necesario diseñar medidas de política forestal que consigan fomentar una gestión multifuncional sostenible. Estas medidas deben servir para que la actividad forestal sea rentable, potenciar las externalidades positivas, promover la estabilidad de los ecosistemas, y contribuir al desarrollo rural.

La política forestal española en el pasado se basó en la tutela del estado mediante la declaración de utilidad pública de los montes de las entidades locales. En las décadas de los cincuenta y sesenta se realizaron grandes inversiones forestales. Esta política tenía aspectos cuestionables, ya que estaba orientada a la repoblación sin tener en cuenta los aspectos socioeconómicos, lo que impidió el mantenimiento de los bosques repoblados que quedaron abandonados.

En los últimos 20 años las administraciones autónomas han ampliado los espacios protegidos sin dedicar recursos a su mantenimiento. En la década de los noventa se han iniciado repoblaciones con fondos comunitarios, pero estas repoblaciones carecen en general de una adecuada planificación y ordenación, y de imbricación con las comunidades locales (Rojas, 1999).

Los bosques tienen una multiplicidad de funciones que pueden clasificarse en biológicas, ambientales, paisajísticas y socioeconómicas. La conservación de los bosques ha de estar ligada a la gestión, para asegurar su mantenimiento, y las medidas de política forestal deben estar dirigidas hacia las comunidades rurales que gestionan los bosques. En zonas como Aragón, en que una parte significativa de la propiedad es de los ayuntamientos y la gestión la realiza la administración autonómica, se debería estudiar los cambios en la organización de la gestión que permitan una mayor intervención de la población local en la toma de decisiones. Además los bosques pueden contribuir al reequilibrio territorial de los territorios con baja densidad de población como Aragón. Los bosques potencian el desarrollo económico de zonas desfavorecidas y de montaña con tendencia al despoblamiento.

En esta comunicación se expone la situación de los bosques en Cataluña y Aragón, y se estudian métodos de optimización aplicados a la gestión de bosques. Entre los diversos aspectos multifuncionales de los bosques, los servicios medioambientales tienen una gran importancia, pero la rentabilidad es una condición indispensable para el mantenimiento de la actividad forestal.

Históricamente, el problema de determinar la vida o momento óptimo de corta de una plantación o masa forestal no es nuevo, y fue resuelto por Faustman, Pressler y Ohlin. El enfoque que se propone permite analizar las estrategias de gestión de un bosque con árboles de edad heterogénea, incorporando la provisión de las diferentes funciones del bosque en el proceso de optimización.

### **La situación de los bosques en Cataluña y Aragón**

La superficie forestal arbolada en España cubre el 32 por cien del territorio y alcanza el 46 por cien con prados y pastizales. La superficie arbolada en Cataluña cubre el 40 por cien del territorio (62% con prado y pastizal) y en Aragón el 28 por cien (53% con prado y pastizal). En Cataluña los bosques de coníferas ocupan el 40 por cien de la superficie arbolada, y las especies más importantes son el pino carrasco (*halepensis*) que es el que mayor superficie ocupa, y el pino laricio (*nigra*) que es la especie con mayor producción de madera. Otras especies de importancia son las encinas y los robles. En Aragón los bosques de coníferas representan el 50 por cien de la superficie arbolada, y el pino silvestre (*sylvestris*) es el que tiene una mayor superficie y producción. El pino silvestre predomina en las provincias de Huesca y Teruel, y el pino carrasco en la provincia de Zaragoza. Otras especies de importancia en la región son las encinas y quejigos.

El crecimiento de la masa forestal en Cataluña y Aragón es bajo, de 2,3 m<sup>3</sup>/ha-año en Cataluña y 1,3 en Aragón, lo que muestra la falta de competitividad del bosque en comparación con zonas como País Vasco y Galicia con crecimientos cercanos a los 10 m<sup>3</sup>/ha-año. Algunas propuestas para incrementar la productividad maderera recomiendan introducir especies de crecimiento rápido como chopo, pino insigne y eucalipto, con tala completa evitando la tala selectiva de mayor coste.

La propiedad de los bosques en Cataluña está básicamente en manos privadas (72% de la superficie) mientras que en Aragón solo la mitad de la superficie de los bosques está en manos privadas

El valor de la producción del sector forestal en Cataluña es 8.800 millones de pesetas que se distribuyen entre madera y leña (35%); setas, trufas y frutos (40%); y caza y pesca (22%). La producción de madera y leña es de un millón de m<sup>3</sup> que se destinan a aserraderos (40%), trituración (31%) y quema de leñas (29%). En Aragón la producción del sector forestal alcanza los 2.600 millones de pesetas, distribuidos entre madera y leña (46%), caza y pesca (20%) y otros aprovechamientos (34%), y la producción de madera y leña es de unos 450.000 m<sup>3</sup> destinada a aserraderos (33%), trituración (37%) y quema de leñas (30%).

Los bosques tanto en Cataluña como en Aragón, no son competitivos por la baja calidad y producción, la localización en zonas de montaña, la débil capitalización (diámetro pequeño y elevado número de árboles), el riesgo de incendios, y la inseguridad jurídica. Considerando un precio medio de la madera de unas 5.000 pta/m<sup>3</sup> para un crecimiento de 2,3 y 1,3 m<sup>3</sup>/ha-año en Cataluña y Aragón respectivamente, los ingresos por hectárea son de 11.500 pesetas en Cataluña y 6.500 pesetas en Aragón, de los que hay que descontar gastos e impuestos.

Esta falta de competitividad fomenta el abandono del bosque, lo que unido al abandono de tierras consecuencia de la Política Agrícola Común, ha ampliado la superficie forestal abandonada. Este abandono parece tener un impacto sobre el riesgo de incendios forestales, y la única acción de la administración en las últimas décadas ante los problemas del sector forestal ha sido la lucha contra incendios.

### **La provisión de externalidades de los bosques y la gestión multifuncional**

Los ecosistemas forestales conforman el principal uso del territorio, y suministran bienes y servicios de mercado y de no-mercado o externalidades. La determinación del valor de los bosques permite fundamentar medidas normativas, subvenciones o penalizaciones, aumento en los gastos de gestión pública, o fomentar alternativas de mercado. Para calcular el valor de los bosques es necesario identificar los bienes y servicios que proveen los bosques y valorar estos bienes y servicios de mercado y no-mercado. Los *Criterios e Indicadores Pan-Europeos* identifican los siguientes bienes y servicios: productos de la madera, otros productos comercializables (caza, pesca, setas y trufas), biodiversidad, protección del suelo y del agua, y actividades recreativas. Merlo y Rojas (2000) clasifican los valores que proveen los bienes y servicios de los bosques en valor de uso directo (madera) e indirecto (ciclo del

agua), valor de opción (recreo futuro), valor de no-uso (legado), y valor de existencia (biodiversidad).

Las medidas normativas establecen obligaciones que son a veces rechazadas por la población local. Las subvenciones a la producción de madera no están dirigidas a la provisión de externalidades, y son insuficientes para bosques de bajo rendimiento como es el caso de Cataluña y Aragón. Las subvenciones deben compensar los servicios de no-mercado de los bosques, pero se ha observado que en la actualidad no compensan a los agentes que proveen la parte sustancial de las externalidades. Algunas propuestas plantean el pago de tasas por cada externalidad (CO<sub>2</sub>, ciclo del agua y erosión, actividades recreativas). Estas propuestas son alternativas de mercado que pueden aplicarse a los valores de uso indirecto de los bosques, y su conversión en bienes o servicios de mercado depende de la rivalidad y exclusión en el consumo.

La gestión multifuncional ha de permitir valorar el conjunto de actividades forestales de forma que incluya los bienes y servicios de mercado y no-mercado que provee el bosque.

## La optimización de la explotación forestal

El problema de Faustmann

El problema de Faustmann estudia el turno de una plantación en la que la biomasa crece como una función del tiempo  $f(t)$  y determina el turno  $T$  de corta que maximiza el valor presente de la tala de la madera (Montgomery y Adams 1995, Hanley et al. 1997).

El valor presente viene dado por:

$$\begin{aligned} & -c + e^{-rT} [pf(T) - c] + e^{-2rT} [pf(T) - c] + e^{-3rT} [pf(T) - c] + \dots = \\ (1) \quad & = \sum_{i=1}^{\infty} e^{-irT} [pf(T) - c] - c = [pf(T) - c]/[e^{-rT} - 1] - c \end{aligned}$$

$$(2) \quad = \sum_{i=1}^{\infty} e^{-irT} [pf(T) e^{-rT} - c] = [pf(T) e^{-rT} - c]/[1 - e^{-rT}]$$

La expresión a maximizar es:

$$\max_T [pf(T) e^{-rT} - c]/[1 - e^{-rT}]$$

y la condición necesaria de máximo es:

$$pf'(T) = rpf(T) + r [pf(T) e^{-rT} - c] / [1 - e^{-rT}]$$

El primer término es el incremento marginal en valor por el crecimiento de la madera, que debe ser igual al coste de oportunidad de corta de la madera más el coste de oportunidad de la tierra.

Se comprueba que si  $p$  aumenta,  $T$  (rotación) disminuye; si  $c$  aumenta,  $T$  aumenta; y que si  $r$  aumenta,  $T$  disminuye.

### El problema de Hartmann

Hartmann considera que el flujo de beneficio del bosque por servicios de no mercado es  $g(t)$ , que depende de la edad de la plantación  $t$  (Bowes y Krutilla 1985). La función a maximizar es:

$$\max_T [1/(1 - e^{-rT})] [pf(T) e^{-rT} + \int_0^T g(t) e^{-rt} dt - c]$$

y la condición necesaria de máximo es:

$$pf'(T) + g(T) = rpf(T) + [r/(1 - e^{-rT})] [pf(T) e^{-rT} + \int_0^T g(t) e^{-rt} dt - c]$$

Los dos primeros términos son el incremento marginal en valor por crecimiento de la madera y el flujo de beneficios de los servicios de no mercado, que deben ser igual al coste de oportunidad de corta de la madera más el coste de oportunidad de la tierra.

Dependiendo del tipo de servicio,  $g(t)$  puede aumentar o disminuir con la edad de la plantación. La rotación Hartmann  $T_H$  estará entre la rotación Faustmann  $T_F$  y la rotación que maximiza el valor presente de considerar únicamente los beneficios de los servicios de no mercado  $g(t)$ .

Se comprueba que un incremento de  $p$ , disminuye el período de rotación en caso de que  $T_H > T_F$ ; pero aumenta el período de rotación en caso de que  $T_H < T_F$ .

### Máximo rendimiento sostenible

Este criterio busca producir el mayor flujo medio de valor de madera por año, lo que supone rotaciones más largas y equivale a ignorar los tipos de interés:

$$\max_T [pf(T) - c] / T$$

y la condición necesaria es:

$$[pf'(T)]/[pf(T) - c] = 1/T$$

La rotación de máximo rendimiento  $T_M$  es mayor que la rotación Faustmann  $T_F$ . Algunos autores afirman que esta rotación  $T_M$  fomenta la multifuncionalidad de los bosques.

### **Un enfoque de gestión multifuncional**

La gestión multifuncional consiste en elegir entre un conjunto de actividades, valorando el flujo de madera y los demás servicios: recreativo, biodiversidad, ciclo del agua y erosión, existencia.

Para calcular la rotación óptima de múltiple uso es necesario contar con estimaciones del flujo de beneficios de los servicios de no mercado. La valoración de estos servicios se realiza usualmente mediante la valoración contingente y el coste de viaje, y existen numerosos trabajos de valoración de los servicios de los bosques (Navrud 1992, Kramer et al. 1995, Azqueta y Pérez 1996). En los países europeos la valoración del recreo forestal se encuentra en torno a los 5-10 dólares por visita o 20-40 dólares por hogar-año.

Para que el enfoque sea operativo, un primer problema a solucionar es el de la transferencia de beneficio entre distintos bosques, para lo que hay que tener en cuenta los atributos específicos de cada bosque (Ready et al. 1999, Scarpa et al. 2000). Un segundo aspecto a solucionar es la variación del valor de los servicios medioambientales con la edad del bosque o las combinaciones de edades, y con la mezcla de especies.

En este contexto Calvo y Goetz (1999) plantean un modelo de optimización para la gestión de una plantación de edad heterogénea. El criterio a optimizar incluye los beneficios netos de corta de madera, los beneficios medioambientales, y los costes de plantación y mantenimiento. Los árboles tienen edades heterogéneas con tala y plantación selectiva, por lo que no puede aplicarse el modelo Faustmann-Pressler-Ohlin. La información sobre beneficios de corte de madera y costes de plantación y mantenimiento, pueden obtenerse de datos de explotaciones forestales. El crecimiento de la biomasa sigue una función de tipo logístico, que puede generarse con ayuda de modelos de crecimiento de plantaciones de árboles facilitados por el CREAM de la Universidad de Barcelona. Los datos de beneficios medioambientales han de tomarse a partir de experiencias de trabajos similares a nivel nacional e internacional. Los

beneficios medioambientales que se están considerando son recreo, soporte de biodiversidad, y fijación de CO<sub>2</sub>.

El estudio que se plantea tiene un gran interés y novedad, ya que son muy pocos los trabajos realizados en esta línea de trabajo. La contribución de este enfoque consiste en analizar las estrategias de gestión de un bosque con árboles de edad heterogénea, incorporando la provisión de diferentes bienes y servicios. El trabajo tiene una gran complejidad técnica, pero las nuevas demandas sociales de provisión de externalidades de bosques gestionados por los agentes locales privados o públicos, hace necesario dedicar un esfuerzo especial para mejorar y ampliar las técnicas de análisis disponibles.

## Referencias bibliográficas

Azqueta D., L. Pérez (Eds.). 1996. Gestión de espacios naturales. La demanda de servicios recreativos. McGraw-Hill. Madrid.

Bowes M., J. Krutilla. 1985. Multiple Use Management of Public Forestlands. En A. Kneese y J. Sweeney (Eds.) Handbook of Natural Resource and Energy Economics. Elsevier. Volume II. Amsterdam.

Calvo E., R. Goetz. 1999. Forest Management and Selective Logging: A Numerical Approach Based on Weighted Residuals and Mathematical Programming. 3<sup>rd</sup> Seminar on Environmental and Resource Economics. Universidad de Gerona. Gerona.

Hanley N., J. Shogren, B. White. 1997. The Economics of Forestry Exploitation. Capítulo del libro Environmental Economics in Theory and Practice. Oxford University Press. Oxford.

Kramer R., N. Sharma, M. Munasinghe. 1995. Valuing Tropical Forest. Methodology and Case Study of Madagascar. World Bank Environment Paper 13. World Bank. Washington.

Ministerio de Medio Ambiente. 2000. Estrategia Forestal Española. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

Merlo M., E. Rojas. 2000. Public goods and externalities linked to Mediterranean forests: economic nature and policy. *Land Use Policy* 17: 197-208.

Montgomery C., D. Adams. 1995. Optimal Timber Management Policies. En D. Bromley (Ed.) The Handbook of Environmental Economics. Blackwell. Oxford.

Navrud S. (Ed.) 1992. Pricing the European Environment. Scandinavian University Press. Oslo.

Ready R., S. Navrud, B. Day, R. Dubourg, F. Machado, S. Mourato, F. Spannicks, M. Vázquez. 1999. Benefit Transfer in Europe: Are Values Consistent Across Countries?. Seminario Valoración Medioambiental en Europa de la UE sobre Transferencia de Beneficios. Lillehammer.

Rojas E. 1999. El bosque mediterráneo en el siglo XXI. *Medi Ambient. Tecnología i Cultura* 23: 2-18.

Scarpa R., G. Hutchinson, S. Chilton, J. Buongiorno. 2000. Reliability of Benefit Value Transfers from Contingent Valuation Data with Forest-specific Attributes. *Journal of Environmental Economics and Management*. En prensa.



\*006426\*

