

Integración de la producción fúngica en la gestión forestal. Aplicación al monte «Urcido» (Zamora)

L. Díaz Balteiro*¹, A. Álvarez Nieto² y J. A. Oria de Rueda Salgueiro²

¹ ETS Ingenieros de Montes. Cátedra de Ordenación de Montes. Ciudad Universitaria, s/n. 28040 Madrid. España

² ETS Ingenierías Agrarias. Avda. Madrid, 57. 34071 Palencia. España

Resumen

A pesar de que presentan una escasa trascendencia a nivel macroeconómico, es indudable que ciertos productos forestales no madereros alcanzan una gran importancia a nivel local. No obstante, su integración dentro de las metodologías usualmente empleadas en la gestión forestal resulta generalmente muy débil. En este trabajo se pretende profundizar en la inclusión de estos productos dentro de la ordenación de montes, particularizado para el caso de las setas. El caso analizado es el de una masa procedente de repoblación, prácticamente coetánea, y que presenta unos problemas de gestión típicos en muchos montes españoles. Para realizar esta labor se ha construido un modelo de programación lineal en el que se han definido diversos objetivos, referidos tanto a la madera como a las setas, y medidos en unidades físicas y monetarias. Después de introducir las restricciones habitualmente exigidas en la ordenación de montes se han obtenido soluciones factibles en la mayoría de los casos. Así, cuando se integran simultáneamente todas las restricciones, el rendimiento monetario de las setas supera en un 25% al valor actual neto (VAN) obtenido por la madera. Las citadas soluciones delimitan el conflicto existente entre ambos objetivos, proporcionando al gestor el coste de oportunidad de adoptar diversas restricciones. Por otro lado, se han introducido con éxito restricciones que intentan reflejar objetivos de tipo recreativo-protector. Los resultados obtenidos constituyen un punto de partida para calibrar la importancia de internalizar al menos una parte de la producción fúngica.

Palabras clave: ordenación de montes, setas, programación lineal, usos recreativos.

Abstract

Integrating the commercial harvests of mushrooms in forest management. An application in «Urcido» forest (Zamora)

Although the non-timber forest products show a scarce importance at macroeconomic level, it is obvious they reach a great importance at local markets. Nevertheless, their incorporation within the methodologies usually employed in forest management are generally very weak in Spain. In this work we try to deep in the inclusion of these products inside the forest management, particularly in the case of mushrooms. The theoretical aspects of the paper are applied to a regular afforestation of *Pinus sylvestris* L., that it is representative of some common management problems in many Spanish forests. To perform this work a linear programming model has been built. Several objectives have been defined, associated with timber and mushroom production, and measured in physical and monetary units. The constraints habitually considered in forest management are included in the model. The solutions obtained are generally feasible, showing the degree of conflict between the objectives considered. Besides, another constraints that reflect recreation-protection criteria are successfully introduced.

Key words: forest management, forest economic, mushrooms, linear programming.

Introducción

Los recursos micológicos forman parte de lo que se considera como «productos forestales no madereros», y que presentan unas características muy diferentes a

la madera, objetivo tradicionalmente único en la gestión de muchos montes. Los hongos, al igual que otros productos como las plantas medicinales, frutos silvestres, líquenes, raíces, etc., se caracterizan por presentar una gran importancia local y en ocasiones regional en diversas zonas de nuestro país y de otros estados, pero a cambio una escasa relevancia en términos agregados. Esta circunstancia, junto con la fal-

* Autor para la correspondencia: ldbalteiro@montes.upm.es
Recibido: 25-07-01; Aceptado: 03-02-03.

ta de información relativa a aspectos relacionados con su comercialización, explica la escasa atención que tradicionalmente se le ha prestado a estos productos. Cabe resaltar el hecho de que mientras el paradigma de la ordenación de montes está sufriendo un cambio notorio al pasar de una única producción (madera) a una gestión basada en un uso múltiple en los montes, en muchas ocasiones este uso múltiple presta atención exclusiva a diversos servicios procedentes del monte (sociales, recreativos, paisajísticos, etc.), prescindiendo de estos productos no madereros. Paradójicamente, estudios realizados en diversos países auguran un crecimiento sustancial de su importancia económica en los próximos años (Chamberlain *et al.*, 1998; Ruiz-Pérez y Byron, 1999).

Si exceptuamos los productos mediatos tradicionalmente incluidos en las sucesivas Instrucciones de Ordenación de Montes que se han establecido en España (resina, pastos, corcho), el resto de los productos no madereros ha estado generalmente marginado en los proyectos de ordenación. Incluso bajo un punto de vista económico, los distintos bienes y servicios obtenidos en ciertos ecosistemas forestales no han sido estudiados conjuntamente, a excepción del caso de las dehesas (Campos y Riera, 1996), alcornoques (Campos, 1998) y pino piñonero (Campos y López, 1998; Mutke *et al.*, 2000). No obstante, recientemente han aparecido estudios que intentan medir la renta asociada a ecosistemas similares al analizado en este trabajo (Caparrós *et al.*, 2001a)

A diferencia de la producción de madera, las producciones de hongos se caracterizan por la dificultad en su predicción, la variabilidad en su producción, su carácter efímero y perecedero (lo que implica la no acumulación del recurso en el monte), el desconocimiento en muchas ocasiones de aspectos como la sucesión micológica temporal y la influencia de ciertas prácticas selvícolas en su regeneración (operaciones culturales, tipo de cortas finales, etc.). Todas estas circunstancias hacen que la incertidumbre asociada a este *output* sea muy elevada.

La ordenación de montes en España generalmente ha considerado al recurso micológico como un aprovechamiento adicional, complementario al de la madera, y que apenas ofrecía problemas en cuanto a la integración de ambas producciones. Ante la dificultad de abordar conjuntamente diversos *outputs* que se producen en los montes, la ordenación de montes tradicionalmente ha aconsejado una simplificación, definiendo una producción primaria o preferente, y unas

producciones subordinadas (Madrigal, 1994, pp. 34). Lógicamente en este último apartado se encontrarían las producciones de setas silvestres. En la práctica, ello significa que en el proyecto de ordenación considerado tan sólo se menciona este aprovechamiento en la descripción del Plan Especial correspondiente.

Observando las producciones de madera y hongos, lo primero que se puede plantear un gestor son las interrelaciones entre ambas. Es decir, si existe algún tipo de interferencias o incompatibilidades entre ellas. En principio, parece que no concurren grandes antagonismos (Pilz *et al.*, 1998), y de hecho se aceptan como un ejemplo de lo que en términos económicos se considera una producción conjunta, es decir, obtener varios productos a partir de los mismos factores de producción. Lógicamente, esta compatibilidad no es óbice para que cuando se intente buscar el óptimo de una de las dos producciones, el otro *output* reduzca su nivel. Es decir, en principio parece que no es posible obtener a la vez la máxima cantidad de ambos productos. Lo que sí es previsible es que al maximizar la producción de uno de ellos (e.g., la madera), se produzca un coste de oportunidad en cuanto a lo que se deja de obtener del otro recurso (e.g., los hongos).

Bajo un punto de vista económico, y a diferencia de otros países, en España escasean trabajos relacionados con la gestión de este recurso. Recientemente se pueden encontrar estudios que valoran las rentas obtenidas en un Parque Natural de la provincia de Soria (de Frutos, 2000), que intentan cuantificar la importancia comercial de este recurso en la ciudad de Lleida (Cervera, 1997), o que analizan la rentabilidad de ciertas plantaciones específicas, como son las que realizan micorizando con trufas plántulas de quercúneas (Colinas y Fischer, 1999, Bonet y Colinas, 2001). Este tipo de manejo intensivo, aunque no se parece al caso que se va a analizar en este trabajo, últimamente está recibiendo bastante atención en diversas Comunidades Autónomas.

Asimismo, en la literatura española no abundan estudios que incidan en la integración de la producción micológica dentro de la ordenación de montes, aunque se pueden encontrar trabajos en donde se contemplan diversos aspectos selvícolas y económicos de la producción de setas en pinares de la provincia de Soria (Hernández de Rojas y Fernández, 1998). Los autores presentan una completa información sobre la sucesión micológica y los efectos de ciertas prácticas culturales en la producción de hongos, ahondando en la necesidad de integrar esta producción en la gestión fo-

restal. Sí se pueden encontrar trabajos que profundizan en consideraciones acerca de la selvicultura que debe practicarse. Aspectos como las claras, clareos, desbroces, incluso quemas controladas, pueden resultar imprescindibles para la consecución de unas producciones fúngicas aceptables. En los trabajos de Oria de Rueda (1989, 1991), Fernández *et al.* (1993), Martínez de Azagra y Oria de Rueda (1996), Fernández de Ana-Magán *et al.* (1999) y Oria de Rueda (2001) se analizan estas variables para diversos tipos de especies.

Por otro lado, el aprovechamiento de estos recursos es, en muchos casos, relativamente reciente en nuestros montes, como el caso que se va a describir en los próximos apartados, lo que podría explicar que habitualmente no se hayan incluido en la gestión medidas para fortalecer o perpetuar esta producción. Por lo tanto, nos encontramos ante un recurso generalmente aprovechado sin adoptar medida alguna que asegure su producción sostenida o mejore su rendimiento, en parte debido a sus características endógenas anteriormente señaladas, y en parte a la falta de integración dentro de la gestión forestal tradicionalmente aplicada en nuestro país.

En la zona objeto del estudio la reciente explosión de la producción fúngica ha derivado en la falta de actuaciones por parte de la propiedad con el fin de internalizar parte del recurso o de señalar actuaciones que puedan conservar o, si es preciso, mejorar la producción de este bien. La situación actual lleva a la paradoja de que a partir de un recurso público se generen bolsas de economía sumergida, así como situaciones de mercado caracterizadas por prácticas monopsonicas. Por otro lado, diversos factores como la falta de medios materiales y humanos, o el temor a la aparición de incendios provocados si se restringe la recogida de setas inhibe la adopción de algún tipo de medidas. Precisamente la existencia de este tipo de situaciones es la que justifica la necesidad de un estudio de estas características. Si no hubiera ningún tipo de fallos de mercado el gestor podría fácilmente asignar un precio a cada kg de hongos recolectado en el monte.

Por tanto, el objetivo principal de este trabajo es intentar cuantificar la producción fúngica y compararla con la producción de madera con el fin de obtener una serie de pautas que puedan ser integradas en la gestión forestal. Es obvio que estas masas ofrecen una variedad mayor en cuanto a bienes, pero al no tener constancia de otras producciones no madereras (plantas medicinales, frutos silvestres), no se han considerado.

Por otro lado, salvo el reciente trabajo de Caparrós *et al.* (2001b), no existen en España evaluaciones comparativas de rendimientos de madera, hongos y otras producciones. En cuanto a las externalidades positivas que proporciona la masa, tampoco se han incluido en nuestro análisis directamente. Los aspectos recreativos y paisajísticos se introducen indirectamente obligando a mantener una serie de zonas recreativas sin cortar en el futuro. Este sería otro objetivo de este trabajo: ver cómo influye en ambas producciones la reserva de ciertas áreas de la masa con fines recreativos. Es decir, cuál sería el coste de oportunidad de adoptar estas restricciones. Dentro de este tipo de servicios, en principio se podría tener en cuenta el aspecto recreativo asociado a la recogida de hongos. Sin embargo, no se ha considerado este último aspecto, ya que se ha observado que en la recogida de setas el autoconsumo representa una cantidad muy pequeña.

En los siguientes apartados se va a presentar una metodología, aplicada en el monte «Urcido» que muestra cómo es posible integrar la producción fúngica en la gestión forestal, cuantificando el coste de oportunidad, tanto en unidades monetarias como en niveles de producción, de asumir ciertas pautas en cuanto a la ordenación del citado monte. Esta metodología, basada en la programación lineal, permite fácilmente realizar este tipo de comparaciones, lo que justifica su empleo. Como *input* para este modelo, se necesita información sobre la producción futura de madera. Se ha utilizado para la predicción de los volúmenes maderable, tanto en claras como en cortas finales, el programa informático «Silves 1.0» (Río, 1999, Río y Montero, 2001). La utilización de este software se justifica por la ausencia en la zona tanto de tablas de producción, como de otro tipo de datos relativos a masas maduras de pino silvestre. Además, esta técnica ofrece unos resultados muy detallados sobre el plan de claras utilizado.

Material y métodos

El monte «Urcido» se sitúa en el occidente de la provincia de Zamora, dentro de la comarca de la Carballeda (término municipal de Manzanal de los Infantes). Está constituido fundamentalmente por una repoblación de *Pinus sylvestris* L., sobre terrenos que se corresponden con antiguos matorrales de degradación, en ocasiones con rebollos (*Quercus pyrenaica* Willd.) dispersos tratados a monte bajo. Se encuentran, ade-

más, ejemplares de *Pinus nigra* Arn. y *Pinus pinaster* Ait. El monte comprende 250 ha y la edad de la masa es de 45 años. La altitud oscila entre los 850 y 900m, con suelos ácidos y pobres en nutrientes y una precipitación media anual que alcanza los 800 mm. La topografía presenta pendientes suaves y sus características climáticas lo encuadran dentro de un ámbito supramediterráneo medio. Por otro lado, este monte no presenta un proyecto de ordenación, y actualmente se están ejecutando las primeras claras. Recientemente ha sido incluido en el catálogo de montes de Utilidad Pública.

En cuanto al elenco micológico, se pueden encontrar diversas especies dentro del monte. Bajo un punto de vista comercial, la especie principal sería el boleto de pino [*Boletus pinicola* (Vitt.) Vent.], aunque existen otras especies del mismo género con evidente interés micológico, sobre todo en zonas de borde (*Boletus aereus* Bull.: Fr.). Otros hongos apreciados desde el punto de vista recolector y relativamente abundantes serían la chantarela (*Cantharellus cibarius* Fr.), los babosillos (*Suillus spp.*) la piel de corza [*Sarcodon imbricatus* (L.:Fr.) Karst.], así como varias especies de los géneros *Russula* y *Tricholoma*. Por último, también existen otras especies apreciadas, pero que suscitan un interés recolector mucho menor (*Lactarius deliciosus* L.:Fr.).

El aprovechamiento de hongos con fines comerciales se inició hace 10 años y desde entonces la presión hacia la recogida de setas va en aumento año a año, a pesar de tratarse de una comarca con escasa tradición micófila. Un factor que sin duda favorece este tipo de explotación es la excelente accesibilidad del monte, al estar atravesado por una carretera local. Por otro lado, se aprecia una elevada presión recreativa en ciertas áreas puntuales del monte, generalmente cerca de la citada carretera y de los cursos fluviales.

Con el fin de integrar adecuadamente el recurso micológico dentro de la gestión forestal, se ha desarrollado un modelo de planificación forestal estratégica para los próximos 100 años, basado en técnicas de programación lineal. Previamente a describir las variables, las funciones objetivo y las restricciones consideradas en este modelo se va a proceder en primer lugar a mostrar las hipótesis consideradas en cuanto al crecimiento de la masa y a la evolución de la producción fúngica a lo largo del tiempo.

Para simular la evolución en el tiempo de la masa actual, se ha utilizado el programa informático «Silves 1.0» (Río, 1999, Río y Montero, 2001) específicamente

diseñado para simular cortas intermedias en masas de *Pinus sylvestris*. Aunque se trata de un modelo desarrollado para el Sistema Ibérico y para el Sistema Central, resulta especialmente atractivo por su versatilidad y por combinar datos procedentes de masas naturales y de repoblación. Así, se ha simulado la existencia de tres claras a lo largo de la vida de la masa. La primera, que ya se ha efectuado en el monte, acontece a los 40 años, mientras que las dos restantes se suceden con un intervalo de 15 años entre ambas. Una vez que la masa ha sido cortada se ha simulado un tipo de selvicultura más intensiva, con claras previstas a los 25 y 40 años. En cuanto las características de las intervenciones previstas, para la primera clara se ha tomado un peso del 30% del área basimétrica (dato real estimado), mientras que para las siguientes se ha supuesto que en cada una se extrae un 30% del número de pies existente. Por último, se han observado dos calidades de estación definidas por valores de la altura dominante de 17 y 20 m a los 100 años.

Centrándonos en el recurso fúngico, y a pesar de inventariarse varias especies con un interés comercial, en el análisis efectuado únicamente se han considerado un boleto (*Boletus pinicola*), dado que es el hongo más buscado por los recolectores y el más abundante en el monte. Se podría considerar como la especie principal en el aprovechamiento de hongos en este monte. Estudios recientes (Álvarez *et al.*, 2001) cifran el valor de esta producción como el 75% del valor comercial total del recurso micológico.

La estimación de la producción futura (Figura 1) se ha realizado teniendo en cuenta la información recogida en el monte, a través de los inventarios realizados entre 1997 a 2001. Los inventarios se han realizado a través de itinerarios fijos lineales de recogida de hongos en bandas de 10 m de anchura y 1.000 m de longitud, repetidos cada 10 días en la época otoñal durante los meses de septiembre a noviembre. Los 12 recorridos realizados eran sensiblemente paralelos entre sí, y distanciados unos 50 m. Los citados itinerarios se han elegido de forma sistemática, abarcando tanto el monte objeto del estudio como zonas limítrofes. Por razones operativas, la dirección de los itinerarios se ha elegido paralela a un cortafuegos existente en uno de los límites del monte. La superficie del monte inventariada supera el 38% del total, y dada la homogeneidad de la masa, los datos obtenidos ofrecen un grado de fiabilidad que se estima suficiente para este trabajo. Parte de ese inventario se recoge en el trabajo de Álvarez (2000). Además, los datos se han completado (año

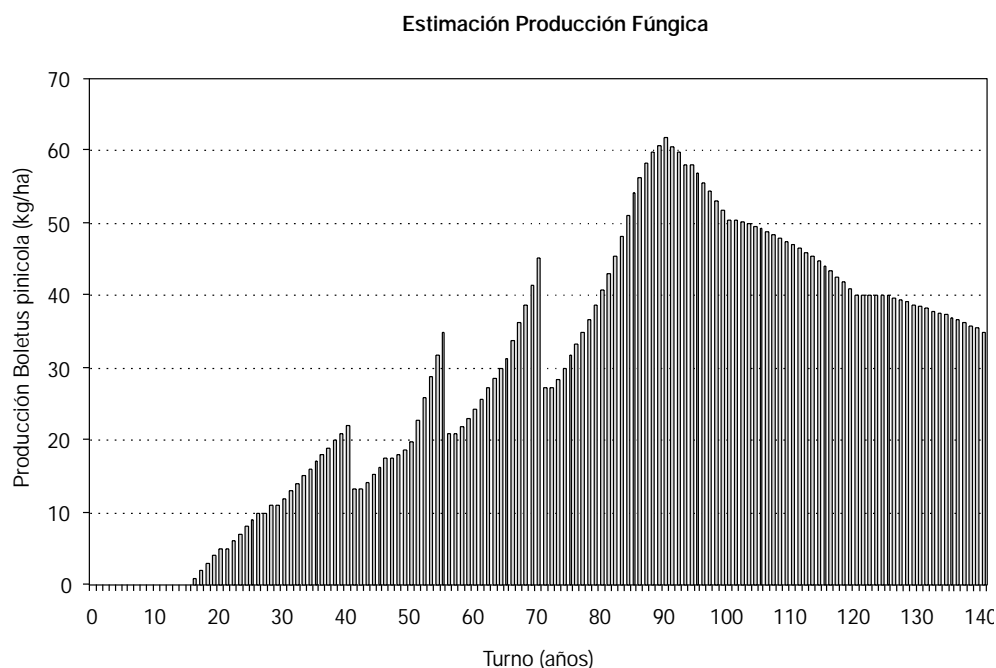


Figura 1. Estimación de la producción de *Boletus pinicola*. Fuente: Oria de Rueda (2001).

1996 y año 1999) con unas estimaciones productivas mínimas a partir de los datos de recogida de los compradores de localidades vecinas. Con el fin de realizar unas estimaciones conservadoras en cuanto a la capacidad productiva de esta masa, se ha atribuido un rendimiento a la edad actual de la masa en la citada Figura 1 que se corresponde a la media de los peores valores obtenidos durante estos años. Asimismo, hay que destacar el hecho de que no se ha considerado la producción correspondiente a la época primaveral, aún cuando hay datos (Martínez de Azagra *et al.*, 1998) que señalan algunos años (1997) de producciones notables, con períodos productivos cercanos a los dos meses.

Por otro lado, debido a que no existen registros sobre la producción de esta especie cuando la masa alcanza estadios maduros, se ha estimado dicha producción en base a pautas recopiladas en masas similares (Oria de Rueda, 2001). En la citada figura se puede observar una tendencia similar a la de una curva logística, similar a la de otros recursos renovables, con descensos en la producción motivados por la realización del plan de claras previsto, seguidos de aumentos en la producción fúngica. Álvarez (2000) estima que la introducción de maquinaria para la realización de las claras y clareos va a reducir o anular la producción de hongos durante cierto número de años, pero a continuación en el monte se ha observado un

aumento del número de hongos en las zonas donde se han efectuado estas operaciones selvícolas. El efecto de estos tratamientos sobre el rendimiento micológico depende de diversos factores, pero en lo que parecen coincidir la mayoría de los autores es que las claras por lo bajo no provocan a medio o largo plazo descensos en la producción de hongos (Pilz y Molina, 2002), pero en los años posteriores a la intervención se produce un descenso en la producción. Este hecho se ha reflejado en el modelo construido (Figura 1), estimándose para el régimen selvícola propuesto las variaciones en la producción. Por último, la evolución expuesta de la productividad micorrícica es congruente con la expresada en otros estudios (Hernández de Rojas y Fernández, 1998), sin que ello signifique que el máximo técnico en cuanto a la producción de hongos se alcance a la misma edad.

En cuanto a la construcción de la mencionada Figura 1 se han considerado los siguientes puntos:

— Edad de comienzo de la producción (15 años), aunque como se dice en el texto la edad de producción comercial comienza a los 30 años (producciones superiores a los 10 kg/ha).

— Producción a la edad de 40 años es de 22 kg/ha, cuando la media de los últimas 6 temporadas es de 103,75 kg/ha. Tomando una estimación prudente, se ha puesto casi igual que la media de los 3 peores años (22,3 kg/ha).

— Claras a los 40, 55 y a los 70 años. Después de cada clara hay un período de tiempo (10 años) en que la producción es menor que antes de la clara, pero desde la intervención se produce un crecimiento paulatino de esta producción. En concreto, dado el carácter de la intervención, se ha supuesto que después de cada clara la producción baja en un 40%.

— El máximo de la producción se ha supuesto a los 90 años y se ha estimado prudentemente en un 60% de la producción media de la serie de datos disponible (62 kg/ha). La realización de las claras retrasa la aparición de este máximo.

— A partir de aquí se ha simulado un descenso gradual en la producción. De todas formas, es preciso insistir en que conforme nos distanciamos en el tiempo, menos impacto tendrán las variaciones de la producción en las estimaciones del VAN.

Aunque la producción fúngica varía cada año, con el fin de simplificar el análisis, se han supuesto unos valores medios anuales netos. Los hongos son una producción forestal muy difícil de predecir debido a factores dependientes directamente de la masa (calidad de estación, edad, tratamientos selvícolas realizados, etc.), de factores externos (climatológicos, intensidad y características del esfuerzo recolector, etc.) o a características propias de las setas (vejería, persistencia, etc.). Todo ello dificulta enormemente la predicción futura de este recurso. Además, si esta producción se mide en unidades monetarias, habría que añadir la volatilidad en los precios de este *output*. Estas variaciones muchas veces no se explican únicamente por el funcionamiento de los mercados locales, lo que complica todavía más el análisis. En definitiva, aún siendo conscientes de la variabilidad de los rendimientos monetarios de este *output*, se va a suponer un entorno determinista tanto para la producción futura de hongos como para los precios.

En cuanto a la planificación forestal propiamente dicha, se ha dividido el monte en 24 cantones, considerado una edad de corta variable (de los 80 años a los 140 años), y permitiendo que en aquellos rodales que tengan un carácter protector o recreativo no se corte la masa en el turno de transformación considerado. Se han modelizado las cortas finales equiparándolas a unas cortas a hecho durante un período (10 años). Las condiciones del monte se asemejan a las recomendadas (Serrada, 1997) para aplicar este método de cortas en masas de *Pinus sylvestris*. Para evitar posibles retrasos en la regeneración, se ha supuesto que la mitad de la superficie no se regenera en este primer pe-

ríodo, acudiéndose a la repoblación artificial. Otras alternativas selvícolas indicadas para estos casos (aclareo sucesivo y uniforme) no se han considerado debido a la dificultad de su modelización (duplicarían el tamaño del modelo) y a que los resultados de la mayoría de las variables consideradas sufrirían únicamente ligeras variaciones. El modelo que se ha seguido es el conocido como Modelo I, tomando como variables las posibles superficies de corta en cada uno de los períodos. Se ha elegido este modelo por la facilidad en cuanto al seguimiento de la evolución de los distintos rodales. En total se han definido 254 prescripciones o variables del modelo, que engloban los posibles manejos que se puede asignar a cada rodal a lo largo del turno de transformación. En Díaz y Prieto (1999) se describe más detalladamente una aplicación que utiliza este tipo de modelo.

La aplicación de técnicas como la programación lineal surge cuando nos enfrentamos a decisiones alternativas, que se pueden representar matemáticamente mediante un conjunto de ecuaciones (o inecuaciones), y deseamos alcanzar un objetivo (maximizador o minimizador). Una vez fijadas las variables de decisión, el siguiente paso sería definir la función objetivo. Con el fin de mostrar las distintas interrelaciones de la producción de madera y de setas, se han considerado las siguientes funciones objetivo a lo largo del horizonte de planificación:

- Volumen de madera.
- Valor actual neto (VAN) procedente de las cortas de madera.
- Valor actual neto procedente de la producción de setas.
- Valor actual neto procedente de ambas producciones.
- Volumen de chapa.

Se ha dividido el VAN según las diferentes producciones para poder comparar las rentabilidades de ambas producciones entre sí. Por otro lado, el VAN relativo a la producción fúngica es un subrogado de la producción total de setas. Lógicamente es preciso calcular los distintos coeficientes de cada uno de los objetivos para cada prescripción. Para determinar tanto el volumen de chapa como el precio por metro cúbico obtenido según cada turno se ha seguido el trabajo de Montero *et al.* (1992). El volumen se obtiene según el procedimiento anteriormente explicado. En cuanto a los objetivos dinerarios, en la Tabla 1 se muestran los diferentes cobros y pagos asociados a la producción de madera. Como se ha comentado, la producción de

Tabla 1. Parámetros empleados en el análisis

| | |
|---|----------|
| Horizonte de actuación | 100 años |
| Tasa de descuento | 4% |
| Precio menor de 20 cm (€/m ³) | 12,0 |
| Precio menor de 25 cm (€/m ³) | 24,0 |
| Precio menor de 30 cm (€/m ³) | 36,1 |
| Precio base chapa (€/m ³) | 54,1 |
| Precio setas (€/kg) | 4,2 |
| Costes anuales (€/ha) | 24,0 |
| Coste claras (€/ha) | 480,8 |
| Costes corta (€/ha) | 3,0 |
| Coste regeneración (€/ha) | 901,5 |
| Coste clareo (€/ha) | 480,8 |
| Coste 1. ^a clara (€/ha) | 480,8 |
| Coste 2. ^a clara (€/ha) | 480,8 |

Los distintos precios considerados son necesarios para asumir la hipótesis contemplada en el trabajo de Montero *et al.* (1992).
Fuente: Elaboración propia.

hongos se ha considerado únicamente como un bien privado, obviando cualquier otro tipo de valor recreativo o social asociado a este recurso. Siguiendo con las hipótesis conservadoras que se han fijado para la producción fúngica, y asumiendo la existencia de una variabilidad en cuanto al precio derivado del comportamiento de mercados locales e incluso de mercados más agregados, se ha establecido dentro de un entorno determinista un precio medio de 4,2 €/kg, aún cuando hay evidencias de datos históricos superiores (Martínez de Azagra *et al.*, 1998).

Por otro lado, se ha estimado el coste diario de recolección en 9,47 €/recolector¹ (Álvarez, 2000), aunque no se ha introducido como un pago de la inversión en el cálculo del VAN. La razón principal que ha motivado esta decisión es que el objetivo de este trabajo no es calcular el beneficio privado ni de los recolectores de setas ni de los adjudicatarios de los aprovechamientos madereros. Asumir este coste implicaría admitir que este modelo de recogida de setas se va a perpetuar (es decir, que los recolectores no abonarán en el futuro a la propiedad ninguna cantidad por cada kg de setas obtenido en el monte). Por tanto, este VAN calculado sería un indicador de la producción potencial obtenida en el monte debido a un hongo, *Boletus pinicola*. Finalmente, se ha adoptado una tasa de descuento del 4% para ambas producciones.

Es preciso señalar que el VAN se ha calculado utilizando los flujos de caja futuros durante el turno de

transformación. Es decir, no se ha calculado el VAN correspondiente a cada prescripción a lo largo de toda la vida de la masa. Asumiendo que los costes históricos son irrelevantes a la hora de tomar decisiones, se ha considerado únicamente el VAN correspondiente a cada objetivo abarcando los flujos de caja futuros. Esta circunstancia no afecta al resultado obtenido, pero origina una valoración de ambas producciones diferente a lo que se obtendría si se calculara el VAN correspondiente a cada turno en su totalidad.

El último paso que se debe dar antes de proceder a resolver el problema es el de definir las restricciones. Éstas pueden dividirse en restricciones de área, internas o endógenas, que limitan la cantidad de recurso disponible, y restricciones externas, fijadas por el gestor, y que persiguen el cumplimiento de una serie de objetivos. En este caso se han tenido en cuenta las siguientes:

- Igualdad de los flujos de volumen en cada período.
- Inventario final.
- Limitación superficie de corta en cada período.
- Mantenimiento sin cortas de las áreas recreativas y protectoras.

En cuanto a la primera restricción, normalmente se considera positivo que las diferentes producciones sean lo más homogéneas posible en cada período. Este será el objetivo clásico de producción sostenida, y en este trabajo se ha optado por un cumplimiento estricto de esta condición. Otro tipo de restricción lo constituyen las llamadas restricciones de fin de inventario o de inventario final, que tienen por objeto asegurar que cuando se acabe el turno de transformación previsto el aspecto que presente el monte sea lo más parecido posible a la situación inicial (siempre que ésta fuera un punto de partida aceptable). Sería la equiparación al objetivo clásico de persistencia en los métodos tradicionales de ordenación. Otra restricción que se suele introducir en los modelos consiste en obligar a que cuando finalice el horizonte de planificación cada clase de edad ocupe la misma superficie. Sin embargo, y debido a que la masa es regular, prácticamente coetánea, no se ha introducido esta restricción totalmente. Tan sólo se ha obligado a que la superficie máxima de corta en los períodos en que se pueden producir cortas finales no supere una determinada superficie. La última restricción refleja la posibilidad

¹ Este coste de recolección simplemente incluye los gastos de manutención y desplazamiento, ponderando este último según la procedencia de los recolectores. No se ha introducido en este coste ningún tipo de remuneración por esta actividad.

de incorporar otros objetivos no productivos, en este caso reservar una parte del monte para un uso recreativo o con fines protectores. En el Anexo se muestra un resumen del modelo empleado.

Resultados

Al integrar en el análisis los diversos objetivos anteriormente descritos, lo primero que cabe preguntarse sería el grado de conflicto presente entre ellos. Comenzando por el caso en que no se considera ninguna restricción exógena, se puede comprobar cómo existe un antagonismo notorio en proceder a maximizar el volumen frente al caso en el cual la función objetivo es el VAN, bien sea de la madera o total (madera y setas). El óptimo referido a la producción fúngica, medida en cuanto a su producción en kg o según su valor monetario, se obtiene cuando no se produce ninguna corta en la masa. Observando este escenario sin restricciones (matriz pagos 1, Tabla 2), el conflicto entre las producciones de hongos y de madera no resulta excesivamente acusado si atendemos al VAN vinculado a la producción fúngica: se puede apreciar cómo maximizar el VAN asociado a la producción de madera

causa una reducción del 36 % en el VAN que recoge los ingresos de las setas (523.220,9 €) con respecto al VAN máximo para este objetivo (814.707,6 €). Sin embargo, si atendemos al VAN total, que recoge la rentabilidad absoluta de ambos objetivos, existe una diferencia muy acusada entre el VAN total máximo (1.536.803 €) con el que se obtiene al maximizar el VAN relativo a la producción fúngica (814.707,6 €). Esto se debe a que, como se ha apuntado, la producción de madera es nula si se maximiza la producción de hongos. En esta matriz de pagos (Tabla 2) se muestran los resultados de optimizar cada uno de los 5 criterios por separado. Su principal utilidad radica en la información que ofrece al gestor sobre el grado de conflicto entre los objetivos anteriormente descritos. Por último, maximizar el volumen de chapa que se podría conseguir en el turno de transformación fijado supone obtener una solución idéntica a cuando se optimiza el volumen de madera.

Si se introducen en el análisis las restricciones que tienen por objetivo asegurar tanto una constancia en la renta derivada de las cortas finales realizadas en la masa como la existencia de un inventario al final del turno de transformación elegido, se observa que la reducción en el número de soluciones factibles provoca

Tabla 2. Matriz de pagos 1. Maximización de cada objetivo sin tener en cuenta ninguna restricción exógena

| | Volumen (m ³) | VANMAD (€) | VANSET (€) | VAN total (€) | Volumen chapa (m ³) |
|-----------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------------|
| H1 (m ³) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H2 (m ³) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H3 (m ³) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H4 (m ³) | 0 | 71.513,2 | 0 | 0 | 0 |
| H5 (m ³) | 0 | 0 | 0 | 44.768,9 | 0 |
| H6 (m ³) | 0 | 0 | 0 | 49.427,4 | 0 |
| H7 (m ³) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H8 (m ³) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H9 (m ³) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H10 (m ³) | 141.020,1 | 0 | 0 | 0 | 141.020,1 |
| F1 (m ³) | 0 | 92.777,6 | 144.339,7 | 56.334,4 | 0 |
| Volumen | 141.020,1 | 71.513,2 | 0 | 94.196,3 | 141.020,1 |
| VANMAD | 364.562,8 | 943.289,3 | 0 | 868.804,7 | 364.562,8 |
| VANSET | 811.057,5 | 523.220,9 | 814.707,6 | 667.998,1 | 811.057,5 |
| VAN total | 1.175.620 | 1.466.510 | 814.707,6 | 1.536.803 | 1.175.620 |
| Chapa | 25.834,1 | 510,2 | 0 | 5.853,9 | 25.834,1 |
| W (ha) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

H1...H10: cortas en cada uno de los 10 períodos. F1: volumen que se mantiene como inventario final al término del horizonte de planificación elegido. Objetivos elegidos en el modelo: Volumen (volumen de madera acumulado); VANMAD (VAN procedente cortas madera); VANSET (VAN procedente aprovechamiento micológico); VAN total (VAN conjunto de ambas producciones); Chapa (Vol. de madera con destino desarrollo). En negrita el valor ideal para cada objetivo, procedente de la maximización de dicho objetivo. W: superficie del monte destinada a objetivos recreativos-ambientales

Tabla 3. Matriz de pagos 2. Maximización de cada objetivo aplicando simultáneamente las restricciones de igualdad en el flujo de volumen e inventario final

| | Volumen (m ³) | VANMAD (€) | VANSET (€) | VAN total (€) | Volumen chapa (m ³) |
|-----------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------------|
| H1 (m ³) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H2 (m ³) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H3 (m ³) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H4 (m ³) | 15.108,7 | 14.952,6 | 0 | 15.000,6 | 14.968,4 |
| H5 (m ³) | 15.108,7 | 14.952,6 | 0 | 15.000,6 | 14.968,4 |
| H6 (m ³) | 15.108,7 | 14.952,6 | 0 | 15.000,6 | 14.968,4 |
| H7 (m ³) | 15.108,7 | 14.952,6 | 0 | 15.000,6 | 14.968,4 |
| H8 (m ³) | 15.108,7 | 14.952,6 | 0 | 15.000,6 | 14.968,4 |
| H9 (m ³) | 15.108,7 | 14.952,6 | 0 | 15.000,6 | 14.968,4 |
| H10 (m ³) | 15.108,7 | 14.952,6 | 0 | 15.000,6 | 14.968,4 |
| F1 (m ³) | 42.847,0 | 42.533,8 | 144.339,7 | 42.272,6 | 43.893,0 |
| Volumen | 105.761,0 | 104.668,5 | 0 | 105.004,4 | 104.779,0 |
| VANMAD | 710.309,7 | 741.982,0 | 0 | 738.483,2 | 727.615,0 |
| VANSET | 694.033,0 | 698.160,6 | 814.707,6 | 701.932,9 | 692.807,0 |
| VAN total | 1.404.342 | 1.440.143 | 814.707,6 | 1.440.420 | 1.420.423 |
| Chapa | 10.148,5 | 10.895,1 | 0 | 10.061,5 | 11.428,9 |
| W (ha) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

H1...H10: cortas en cada uno de los 10 períodos. F1: volumen que se mantiene como inventario final al término del horizonte de planificación elegido. Objetivos elegidos en el modelo: Volumen (volumen de madera acumulado); VANMAD (VAN procedente cortas madera); VANSET (VAN procedente aprovechamiento micológico); VAN total (VAN conjunto de ambas producciones); Chapa (Vol. de madera con destino desenrollo). En negrita el valor ideal para cada objetivo, procedente de la maximización de dicho objetivo. W: superficie del monte destinada a objetivos recreativos-ambientales.

una menor variación en los resultados obtenidos cuando se maximizan los distintos objetivos, a excepción de la producción de setas, que es muy reducida, como se puede apreciar en la matriz de pagos 2 (Tabla 3). En efecto, tanto en términos de volumen de madera, de chapa o de valor actual neto (referido a la madera, las setas o a ambas producciones) la diferencia es muy exigua. Únicamente en el caso de la producción de hongos la diferencia llega al 17%. Asimismo, es preciso destacar el hecho que se produce al introducir la restricción de inventario final. Aunque *a priori* pudiera parecer una restricción que pudiera jugar un papel importante, se demuestra que únicamente tiene importancia cuando se maximiza el volumen. En efecto, si partimos de la matriz de pagos inicial (Tabla 2), y se le añade la citada restricción, se produce un descenso del volumen total cifrado en un 25% cuando se maximiza el volumen de madera o de chapa. Sin embargo, cuando se maximizan los demás objetivos, el volumen total aumenta al introducir las restricciones. Por ejemplo, el volumen cuando se maximiza el VAN total sin restricciones es de 94.196,3 m³, y cuando se introducen ambas restricciones aumenta hasta los 105.004 m³. Finalmente, cuando se introduce conjuntamente con la restricción de regulación de las clases de edad se ob-

serva que resulta redundante, es decir, que los resultados no varían si se suprime esta condición.

El resultado obtenido introduciendo estas restricciones podría llevar a una programación de cortas muy irregular a lo largo del turno de transformación. Para evitar esta circunstancia, se ha limitado la superficie máxima de corta en cada período a la séptima parte de la superficie del monte. Añadiendo esta restricción al problema se comprueba cómo descienden en un 25% las cortas en cada período. Reducciones similares se producen si consideramos el volumen total, el de chapa y el VAN de la madera. El VAN total sufre una reducción más pequeña, ya que tanto la producción de setas como el VAN asociado a la misma sufren un incremento aproximadamente de un 14%. Este incremento se debe a la reducción en la superficie de cortas.

Como se ha comentado con anterioridad, este monte no escapa a una elevada presión recreativa en ciertas zonas del mismo. Por ello se ha tenido en cuenta este hecho y se ha planteado la posibilidad de dejar sin cortar varios cantones a lo largo del monte. En concreto, un área recreativa ya existente y una franja de protección a lo largo de los cursos fluviales existentes en el monte. La suma de ambas superficies asciende a 48,4 ha, cerca del 20% de la superficie total.

Tabla 4. Matriz de pagos 3. Maximización de cada objetivo aplicando simultáneamente todas las restricciones: igualdad en el flujo de volumen, inventario final, limitación superficie cortada en cada período y mantenimiento áreas recreativas y protectoras

| | Volumen (m ³) | VANMAD (€) | VANSET (€) | VAN total (€) | Volumen chapa (m ³) |
|-----------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------------|
| H1 (m ³) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H2 (m ³) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H3 (m ³) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H4 (m ³) | 11.230,8 | 11.230,8 | 0 | 11.230,8 | 11.230,8 |
| H5 (m ³) | 11.230,8 | 11.230,8 | 0 | 11.230,8 | 11.230,8 |
| H6 (m ³) | 11.230,8 | 11.230,8 | 0 | 11.230,8 | 11.230,8 |
| H7 (m ³) | 11.230,8 | 11.230,8 | 0 | 11.230,8 | 11.230,8 |
| H8 (m ³) | 11.230,8 | 11.230,8 | 0 | 11.230,8 | 11.230,8 |
| H9 (m ³) | 11.230,8 | 11.230,8 | 0 | 11.230,8 | 11.230,8 |
| H10 (m ³) | 11.230,8 | 11.230,8 | 0 | 11.230,8 | 11.230,8 |
| F1 (m ³) | 68.071,9 | 68.551,6 | 144.399,7 | 68.912,3 | 68.681,3 |
| Volumen | 78.615,6 | 78.615,6 | 0 | 78.615,6 | 78.615,6 |
| VANMAD | 577.610,2 | 582.749,2 | 20.353,7 | 582.502,8 | 582.749,2 |
| VANSET | 728.462,9 | 727.033,8 | 814.707,6 | 728.280,9 | 727.033,8 |
| VAN total | 1.306.073 | 1.309.784 | 835.061,3 | 1.310.784 | 1.309.784 |
| Chapa | 7.552,9 | 8.366,2 | 0 | 8.183,3 | 8.366,2 |
| W (ha) | 48,4 | 48,4 | 48,4 | 48,4 | 48,4 |

H1...H10: cortas en cada uno de los 10 períodos. F1: volumen que se mantiene como inventario final al término del horizonte de planificación elegido. Objetivos elegidos en el modelo: Volumen (volumen de madera acumulado); VANMAD (VAN procedente cortas madera); VANSET (VAN procedente aprovechamiento micológico); VAN total (VAN conjunto de ambas producciones); Chapa (Vol. de madera con destino desarrollo). En negrita el valor ideal para cada objetivo, procedente de la maximización de dicho objetivo. W: superficie del monte destinada a objetivos recreativos-ambientales.

Esta reducción en la superficie susceptible de ser aprovechada supone un descenso en los objetivos relacionados con la madera, a la par que un aumento de los resultados cuando se analizan los objetivos relativos a los hongos. Al igual que ocurría cuando no se consideraban estas superficies sin cortar, conforme se van introduciendo las distintas restricciones consideradas en el análisis, las soluciones van convergiendo a unos valores muy similares. Así, en la matriz de pagos 3 (Tabla 4) se muestra el caso en que se consideren todas las restricciones a la vez. Se comprueba cómo el volumen total alcanza el mismo valor con independencia del objetivo que se maximice (78.615,6 m³), siendo igual que en el caso en que no se excluyan las cortas en esta superficie. El resto de los objetivos, salvo la producción de setas, también alcanzan valores muy similares ante la optimización de cualquier objetivo.

De forma similar al objetivo clásico en la ordenación de montes que busca una igualdad de rentas en cada período cuando se refiere a las cortas de madera, se podría pensar en intentar conseguir una producción constante del recurso fúngico. Sin embargo, no se obtiene solución factible al introducir esta restricción, debido fundamentalmente a la homogeneidad de la ma-

sa. Sin embargo, sí se puede obtener una igualdad en el valor actual neto a lo largo del turno de transformación a partir del cuarto período (cuando comienzan las cortas de madera). Por contra, introducir esta condición resulta incompatible con las demás restricciones introducidas en el análisis, lo que conlleva a una solución bastante desequilibrada en cuanto al inventario final o a la superficie que se corta en cada período. Asimismo, tampoco se puede obtener a la vez esta igualdad en el VAN total de cada período y respetar la superficie destinada a usos recreativos y protectores.

Por último, se ha realizado un análisis de sensibilidad con respecto a variaciones en los parámetros que intervienen en el modelo. Se comprueba que cambios moderados en la tasa de descuento y en el precio base utilizado para calcular los ingresos derivados de la madera, así como el utilizado para el recurso micológico, únicamente tienen influencia cuando se consideran todas las restricciones, en la cuantía de los diferentes valores actuales netos, pero no en la forma de las soluciones obtenidas. También se ha realizado un análisis de sensibilidad con respecto a la producción de hongos. Siguiendo con las hipótesis conservadoras establecidas en cuanto a esta producción, se ha consi-

derado una evolución a lo largo del tiempo similar a la mostrada en la Figura 1, pero con un 20% menos de producción en cada año. Los resultados muestran, obviamente, un descenso en el VAN relativo al recurso fúngico, pero este descenso se mitiga cuando consideramos el VAN conjunto de la madera y las setas. Así, en ausencia de restricciones, el VAN total únicamente se reduce en un 9% (pasando de 1.536.803 € a 1.405.144 €). Al introducir las restricciones consideradas en el análisis se sigue manteniendo esta inelasticidad ante reducciones en la producción de setas. Así, cuando se consideran todas las restricciones a la vez, el VAN pasa de 1.310.784 € a 1.165.156 €, es decir, sólo desciende un 11%.

Discusión

Uno de los problemas más importantes que presentan las masas de crecimiento lento procedentes de repoblación es la adecuación de la gestión hacia los objetivos que actualmente exige la sociedad. En el caso del monte «Urcido», y de las demás masas de *Pinus sylvestris* L. de la Carballeda, los objetivos perseguidos a la hora de acometer estas repoblaciones presentaban fundamentalmente un doble objetivo protector (desarrollar medidas de protección en las cabeceras fluviales), y social (absorber paro obrero y ofrecer jornales adicionales). Una vez que se han consolidado estas repoblaciones, no se ha realizado un proyecto de ordenación que planifique las diferentes actuaciones que se debieran realizar. Tan sólo se han comenzado a realizar claras a edades bastante tardías. Es decir, nos encontramos ante una masa regular, monoespecífica, no ordenada e inmadura, en la cual la principal actividad se deriva de una producción mediata diferente a la de la madera: las setas.

En los apartados anteriores se ha presentado un modelo de planificación forestal estratégica que ofrece soluciones factibles que pretenden compatibilizar ambas producciones. Partiendo de la base de que las soluciones que maximiza uno sólo de los objetivos no son las adecuadas, habrá que buscar alternativas de manejo válidas con respecto a ambos *outputs*. Es decir, se ha desechado el cortar toda la masa a los 105 años (turno de máxima renta de especie estimado para la peor calidad de estación) por razones evidentes: no parece sensato perpetuar una masa homogénea, ni los recolectores aceptarían pasarse más de 30 años sin una producción fúngica apreciable. Por otro lado, si

únicamente buscáramos maximizar la producción de hongos a lo largo del turno de transformación elegido, ello supondría no realizar ningún tipo de corta de regeneración en la masa. Esto conllevaría una masa muy envejecida (145 años), y a una producción de hongos en constante descenso a partir de una cierta edad. Tampoco sería una solución atractiva, ya que no se tiene en cuenta la producción futura de setas, las masas comienzan a ser más susceptibles a ciertas patologías y la producción de semilla fértil resulta más problemática.

Los resultados mostrados se sitúan entre los dos extremos arriba descritos, y pretenden mostrar las consecuencias de alcanzar una línea de actuación que lleve a unas distribuciones más equilibradas de cada clase de edad. Lógicamente esto supone un sacrificio de cortabilidad notable, pero que en términos monetarios puede ser mitigado por una posible internalización de los ingresos procedentes de la recolección de hongos. Esta solución podría paliar los problemas estructurales que plantean este tipo de masas (Madrigal, 1998), aunque conviene aclarar que, dada la edad de la masa y el horizonte de planificación elegido, no se ha pretendido minimizar el sacrificio de cortabilidad para obtener una masa perfectamente regulada en el citado horizonte temporal.

La utilidad de los resultados obtenidos en el apartado anterior radica no tanto en mostrar un abanico de posibles soluciones, sino en presentar al gestor cuál sería el coste de oportunidad, medido tanto en unidades físicas (metros cúbicos de madera o de chapa, kilogramos de setas) como en unidades monetarias de tomar posibles decisiones acerca de la gestión en este monte. Así, se ha podido comprobar que obtener una constancia en la renta puede llevar a una programación de cortas diferente si dicha rentabilidad se considera exclusivamente procedente de las claras y las cortas finales, si procede de la producción de setas, o de ambas.

Uno de los problemas que inciden en este tipo de masas radica en la dificultad de internalizar las rentas producidas por el recurso fúngico. Actualmente en el monte se practica una gestión nula en este aspecto, ya que el acceso y la recogida de setas son libres. Aunque los visitantes esperan obtener gratis este recurso, no hay que olvidar que muchas veces la falta de un precio de mercado de este recurso (los recolectores no pagan ninguna cantidad de dinero a la propiedad), dificulta al gestor la elección de una mezcla adecuada de los diferentes bienes y servicios producidos en el monte (Bowes y Krutilla, 1989).

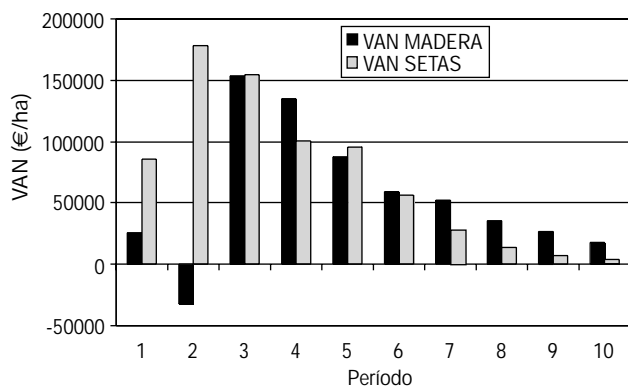


Figura 2. VAN (€/ha) procedente de la madera y las setas a lo largo de los 10 períodos en los que se ha dividido el horizonte de planificación cuando se maximiza el volumen de madera.

Un ejemplo de la importancia de intentar obtener ingresos a través de esta producción se puede apreciar en la Figura 2. En efecto, se comprueba cómo en aquellos períodos en los cuales la masa es inmadura, los ingresos debidos al recurso micológico consiguen que se obtengan flujos de caja positivos en todos los períodos. Internalizando sólo una parte de la producción fúngica se consigue un superávit en todos los períodos que puede ser destinado a intensificar la gestión actual.

Es necesario resaltar el hecho de que los datos utilizados con respecto a la producción de setas se pueden calificar de conservadores en cuanto a la cantidad (únicamente se ha tenido en cuenta una de las especies) y en cuanto al precio considerado, tal y como se puede apreciar en la valoración del recurso fúngico de este monte recogida en Álvarez *et al.* (2001). En esta línea cabe insistir en el hecho de que únicamente se ha considerado una sola especie, y la producción otoñal, descartando tanto posibles ingresos debido a otros hongos ya inventariados y que presentan un evidente interés comercial, como las posibles producciones recogidas de la especie considerada en la época primaveral. En último caso, la cifra recogida en este análisis y que cuantifica el recurso micológico podría ser una estimación inferior del valor social que presenta este recurso.

Los resultados muestran cómo se pueden obtener soluciones factibles para todos los casos estudiados excepto cuando se intenta obtener una producción homogénea de setas a partir del cuarto período. Esta circunstancia se debe a la coetaneidad del monte y a la variación considerada en la producción fúngica a lo largo de la vida de la masa. Este equilibrio en las producciones de setas sólo se podría obtener si la masa

presentara una distribución equilibrada de las diferentes clases de edad. Lo que permite obtener el modelo es una constancia en las rentas totales (VAN total) en los períodos donde se permiten cortas finales. Resulta interesante resaltar este hecho, ya que debido al efecto del descuento, no se produciría si se considerara únicamente los flujos de caja derivados de la madera. El intercambio entre el VAN de la madera y el VAN procedente del recurso fúngico a lo largo del turno de transformación logra mitigar el efecto del descuento y consigue esta igualdad en los flujos de caja. Aunque en principio esta opción pudiera parecer la más atractiva, presenta la desventaja de ofrecer una programación de cortas desequilibrada, muy centrada en los últimos períodos. Esta circunstancia resulta perfectamente lógica, ya que la reducción del VAN motivada por el menor valor de las cortas futuras se compensaría con una mayor superficie de corta en los últimos períodos.

Cuando se comparan los resultados al introducir las tres restricciones, se aprecia cómo las soluciones son extraordinariamente parejas, llegando a coincidir en términos de volumen de madera, con independencia de los objetivos considerados. Esta reducción en cuanto al espacio de soluciones posibles explica el porqué no se produce ninguna reducción significativa en cuanto a los distintos objetivos cuando se introducen las superficies recreativa y protectora como restricción, conjuntamente con las consideradas en el análisis. Es decir, que introducir este nuevo objetivo ambiental-protector presenta un coste de oportunidad moderado en términos de volumen total (26%), VAN procedente de la madera (21,5%) o volumen de chapa (27%), pero mucho más reducido si se contabiliza el VAN total (10%). Este resultado podría justificar fácilmente la adopción de este tipo de estrategias.

El hecho de que el valor actual neto contabilizando los flujos de caja procedentes de la madera en algunas ocasiones se sitúe próximo o incluso supere en algunas ocasiones al de las setas se debe fundamentalmente al hecho derivado de no considerar el momento inicial de la inversión en el comienzo de la plantación, sino en el año 45, como se ha comentado. Si se descuentan todos los flujos de caja al año cero, el VAN procedente de la producción fúngica superaría con creces al de la madera. Esta circunstancia se puede apreciar en diversos estudios recientes tanto referidos al monte en cuestión (Álvarez *et al.*, 2001), como a otras áreas (de Frutos, 2000). Asimismo, otro hecho que pudiera influir en esta situación es el menor grado de conserva-

durismo asumido en cuanto a las hipótesis referentes a la producción de madera, frente a las realizadas con respecto a la producción futura de hongos.

A pesar de las incertidumbres asociadas a este tipo de producción, el análisis de sensibilidad realizado con los diferentes parámetros y variables que intervienen en el modelo reafirman la solidez de los resultados. Conviene destacar el hecho, *a priori* esperado, de la inelasticidad existente entre la producción de setas y el VAN total. Es decir, descensos porcentuales en la producción fúngica provocan descensos menores en el VAN total. Esta circunstancia refuerza los resultados obtenidos en este trabajo. Si esta reducción no se contemplara lineal, sino que por ejemplo se centrara únicamente en las producciones futuras a partir de una cierta edad, el efecto del descuento mitigaría en mayor grado ese descenso en la producción.

Una vez planteado este modelo, no existe ningún inconveniente en modificar la planificación selvícola introducida. Es decir, se pueden variar el peso y la frecuencia de las claras, la forma de realizar las cortas finales, modificar la superficie máxima a cortar en cada período, etc. Asimismo, se podrían incluir otro tipo de restricciones referentes a cumplir una cierta demanda tanto en metros cúbicos de madera o en kilogramos de setas, establecer una superficie mínima de corta en cada unidad elegida, etc. Otra extensión asequible sería plantear una ampliación o disminución de las áreas recreativas y protectoras consideradas, así como el establecimiento de cantones especializados en la producción fúngica. Incluso se podría pensar en realizar repoblaciones selectivas con plantas micorizadas con hongos de interés comercial.

El modelo de planificación estratégica empleado muestra que las metodologías optimizadoras, como la programación lineal, pueden constituir una alternativa en cuanto a la planificación forestal estratégica por su flexibilidad y, como se puede apreciar en este trabajo, por la posibilidad de incluir otros *outputs* diferentes al volumen de madera. No obstante, su empleo en España todavía resulta muy escaso, aunque ya se pueden encontrar trabajos que aplican estas técnicas a diferentes problemas (Bravo *et al.*, 1996; Ramos *et al.*, 1996; Díaz y Prieto, 1999; Robak y Vila, 1999). Además, la matriz de pagos inicial puede ser un punto de partida para el empleo de técnicas de gestión multicriterio, como la programación por metas, que propongan soluciones al problema propuesto. En Díaz y Romero (2001) se muestra un ejemplo de la aplicación de estas técnicas a un problema de gestión forestal con

diversos objetivos forestales y ambientales. La aplicación de estas herramientas queda fuera de los límites de este trabajo, pero constituiría una futura línea de actuación.

Por último, los resultados obtenidos podrían ser considerados como guía de cara a las consecuencias de proponer algún tipo de medida (permisos, concesiones, etc.), si es que la propiedad se decidiera a internalizar parte de los beneficios privados generados por el recurso fúngico. Las cifras anteriormente señaladas parecen indicar, *a priori*, la necesidad de establecer una cierta regulación en la recogida de este aprovechamiento.

Conclusiones

Mediante la construcción de un modelo basado en técnicas de programación lineal que integra la producción de madera y la de hongos se han estudiado las relaciones existentes entre ambos *outputs*. Los resultados muestran la importancia de considerar los ingresos motivados por la producción de hongos. A pesar de formular hipótesis cautelosas en cuanto a la producción fúngica y al precio de ésta, los ingresos derivados de los hongos son muy superiores a los de la madera cuando se maximiza el volumen de la masa o el volumen de chapa, en ausencia de restricciones. Cuando se integran simultáneamente todas las restricciones, el rendimiento monetario de las setas supera en un 25% al VAN obtenido por la madera. En este último caso las soluciones son muy próximas, con independencia del objetivo considerado, y el análisis de sensibilidad efectuado a diversos parámetros introducidos en el modelo muestra la solidez de los resultados obtenidos.

Desde el punto de vista relativo a la gestión forestal, el modelo muestra una medida del coste de oportunidad de no internalizar este recurso o, visto desde otro prisma, una estimación mínima del valor de esta producción. Asimismo, resulta interesante comprobar cómo en estas masas coetáneas la existencia de unos ingresos motivados por la producción fúngica puede mitigar la ausencia de rentas desde que finalizan las claras hasta la corta final.

Por otro lado, el modelo ofrece la posibilidad de incorporar restricciones que intenten reflejar otros objetivos no madereros. En el caso del monte «Urcido» se ha incluido una restricción que intenta preservar un área recreativa sin cortas durante el horizonte de ac-

tuación, así como las márgenes de los cursos fluviales. La solución obtenida muestra cómo la producción de setas puede compensar económicamente actuaciones menos intensivas y más proclives a integrar otros usos, ya que la reducción del 25% en el volumen previsto motivada por la preservación de estas áreas, sólo se traduce en un descenso del VAN total (madera + setas) inferior al 8%.

Agradecimientos

La profesora de la Universidad de Valladolid Doña Miren del Río Gaztelurrutia ha proporcionado la herramienta utilizada para la simulación de la producción futura de madera en el monte «Urcido». Asimismo, los autores agradecen a D. Antonio Rodríguez Martín, del Servicio Provincial de Medio Ambiente de Zamora la información proporcionada acerca de las claras efectuadas en el citado monte. Las aportaciones de los revisores anónimos han contribuido a mejorar la calidad de este trabajo. Obviamente cualquier error u omisión se debe imputar exclusivamente a los autores. El trabajo de Luis Díaz Balteiro está financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), bajo el proyecto BEC2001-2353.

Referencias bibliográficas

- ÁLVAREZ A., 2000. Valoración de las cosechas de hongos. El caso de la Carballeda (Zamora). Documento Interno, ETS Ingenierías Agrarias Palencia, 42 pp.
- ÁLVAREZ A., DÍAZ, L., ORIA DE RUEDA J.A., 2001. Valoración de la producción conjunta madera-setas. Aplicación al caso de la Carballeda (Zamora). III Congreso Forestal Español. Granada, 25-28 Septiembre de 2001.
- BOWES M.D., KRUTILLA J.V., 1989. Multiple-use Management: The Economics of Public Forestlands. Ed. Resources for the Future, Washington D.C. 357 pp.
- BONET J.A., COLINAS C., 2001. Cultivo de *Tuber melanosporum* VITT. Condiciones y rentabilidad. Forestalia 5, 38-45.
- BRAVO F., RAMOS M.T., RAMIREZ A., SÁEZ J., 1996. Comparación del método del tramo móvil en regeneración con técnicas de programación lineal. Cuadernos S.E.C.F. 1, 179-184.
- CAMPOS P. 1998. Alcornocales del Suroeste Ibérico. En: Los Montes y su Historia. Una Perspectiva Política, Económica y Social. Marín F., Santos J.D., Calzado A. (Eds.). Publicaciones Universidad de Huelva, pp. 245-285.
- CAMPOS P., LÓPEZ J., 1998. Renta y Naturaleza en Doñana. A la Búsqueda de la Conservación con Uso. Icaria Editorial. 244 pp.
- CAMPOS P., RIERA P. 1996. Rentabilidad social de los bosques. Análisis aplicado a las dehesas y a los montados ibéricos. Información Comercial Española 751, 47-62.
- CAPARRÓS A., CAMPOS P., MONTERO G. 2001a. La medición de la renta total social asociada al uso múltiple de los bosques madereros: Una aplicación en la Sierra de Guadarrama. IV Coloquio Hispano-Portugués de Estudios Rurales. Santiago de Compostela, 7-8 de Junio de 2001.
- CAPARRÓS A., CAMPOS P., MONTERO G. 2001b. Applied multiple use forest accounting in the Guadarrama pinewoods (Spain). Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales Fuera de Serie nº 1, 91-108.
- CERVERA M., 1997. Análisis comercial del sector de la seta silvestre en Cataluña. Distribución detallista en la ciudad de Lleida. Proyecto Fin de Carrera, Escola Tècnica Superior d' Enginyeria Agraria. Universidad de Lleida.
- CHAMBERLAIN J., BUSH R., HAMMETT A.L., 1998. Non-timber forest products. The other forest products. Forest Products Journal 48 (10), 10-19.
- COLINAS C. Y FISCHER C., (Eds.). 1999. Cultivo de hongos comestibles micorrícicos [CD-ROM]. Publicaciones Universidad de Lleida. Lleida.
- DE FRUTOS P., 2000. Compatibilidad entre valores comerciales y ambientales en el Parque Natural de la Sierra de Urbión en la provincia de Soria. Comunicaciones 7º Congreso de Economía Regional de Castilla y León, 1113-1129.
- DÍAZ L., PRIETO A., 1999. Modelos de planificación forestal basados en la programación lineal. Aplicación al monte «Pinar de Navafría» (Segovia). Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 8, 63-92.
- DÍAZ L., ROMERO C., 2001. La captura de carbono como un nuevo objetivo en la ordenación de montes. III Congreso Forestal Español. Granada, 25-28 Septiembre de 2001.
- FERNÁNDEZ DE ANA-MAGÁN F.J., RODRÍGUEZ A., BLANCO-DIOS J.B., 1999. A producción de cogomelos nas matas forestais. Un recurso a considerar na ordenación de montes. Actas Congreso de Ordenación y Gestión Sostenible de Montes, Santiago de Compostela. Tomo I, 525-533.
- FERNÁNDEZ M., ATIENZA M., RIGUEIRO A., CASTRO M., 1993. Producción de hongos comestibles en masas de *Pinus sylvestris* L. de Soria. Efectos de tratamientos selvícolas. Actas del I Congreso Forestal Español, Lourizán (Pontevedra). Tomo III, 363-368.
- HERNÁNDEZ DE ROJAS A., FERNÁNDEZ M., 1998. Los hongos, un recurso más del bosque. Análisis de los principales hábitats de la provincia de Soria. Montes, 52, 99-114.
- MADRIGAL A., 1994. Ordenación de montes arbolados. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 375 pp.
- MADRIGAL A., 1998. Problemática de la ordenación de masas artificiales en España. Actas de la II Reunión del Grupo de Trabajo de Ordenación de Montes. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 6, 13-20.
- MARTÍNEZ DE AZAGRA A. M., ORIA DE RUEDA J.A., 1996. Hacia una silvicultura fúngica para los hongos silvestres de Castilla y León. Medio Ambiente en Castilla y León 6, 13-21.

- MARTÍNEZ DE AZAGRA A. M., ORIA DE RUEDA J.A., MARTÍNEZ P., 1998. Estudio sobre la potencialidad de los diferentes usos del bosque para la creación de empleo en el medio rural de Castilla y León. Iniciativa Comunitaria ADAPT. Fondo Social Europeo. Junta de Castilla y León-Universidad de Valladolid. Palencia. 367 pp.
- MONTERO G., ROJO, A., ALÍA, R., 1992. Determinación del turno de *Pinus sylvestris* L. en el Sistema Central. Montes 29, 42-48.
- MUTKE S.; DÍAZ L.; GORDO J., 2000. Análisis comparativo de la rentabilidad comercial privada de plantaciones de *Pinus Pineae* L. en tierras agrarias de la provincia de Valladolid. Investigaciones Agrarias: Serie Recursos y Sistemas Forestales 9 (2), 270-303.
- ORIA DE RUEDA J.A., 1989. Silvicultura y ordenación de montes productores de hongos micorrizógenos comestibles. Boletín Sociedad Micológica de Madrid, 13, 175-188.
- ORIA DE RUEDA J.A., 1991. Bases para la silvicultura y ordenación de montes productores de hongos micorrizógenos comestibles. Montes 26, 48-55.
- ORIA DE RUEDA J.A., 2001. Los hongos forestales. Gestión y aprovechamiento. Documento interno, E.T.S. Ingenierías Agrarias, Palencia. 118 pp.
- PILZ D., BRODIE F.D., ALEXANDER S., MOLINA, R., 1998. Relative value of chanterelles and timber as commercial forest products. Ambio Special Report 9, 14-16.
- PILZ D., MOLINA, R., 2002. Commercial harvests of edible mushrooms from the forests of the Pacific Northwest United States: issues, management, and monitoring for sustainability. Forest Ecology and Management 155, 3-16.
- RAMOS M.T., BRAVO F., RAMÍREZ A., SÁEZ J., 1996. Programación lineal aplicada a la ordenación forestal: Análisis del sacrificio de cortabilidad. Montes 46, 5-11.
- RÍO M. DEL., 1999. Régimen de Claras y Modelo de Producción para *Pinus sylvestris* L. en los Sistemas Central e Ibérico. Tesis Doctorales INIA. Forestal nº 2. 257 pp.
- RÍO M. DEL, MONTERO G., 2001. Modelo de simulación de claras en masas de *Pinus sylvestris* L. Monografías INIA.
- ROBAK T., VILA C., 1999. Aplicación de la tecnología IFMS en la gestión forestal sostenible y ordenación de montes. Curso: Silvicultura del siglo XXI: Certificación forestal. CENEAM, Valsain (Segovia) - 6 a 10 de Septiembre de 1999.
- RUIZ M., BYRON N., 1999. A methodology to analyze divergent case studies of non-timber forest products and their development potential. Forest Science 45, 1-14.
- SERRADA R., 1997. Avance Apuntes Silvicultura I y II. Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. 344 pp.

Anexo. Resumen del modelo utilizado

$$\text{Max} \sum_{i=1}^{i=24} \sum_{j=1}^{j=n} C_{ij} \cdot X_{ij} \quad \text{[FUNCIÓN OBJETIVO]}$$

sujeto a:

$$\sum_{i=1}^{24} X_{ij} = B_i \quad \forall i, j \quad \text{[RESTRICCIONES ENDÓGENAS]}$$

$$H_x = H_x + 1 \quad \forall x = 1, \dots, 9 \quad \text{[RESTRICCIÓN IGUALDAD DEL FLUJO DE VOLUMEN]}$$

$$F_1 \geq 32.794 \quad \text{[RESTRICCIÓN INVENTARIO FINAL]}$$

$$A_x \leq 35,71 \quad \text{[RESTRICCIÓN LIMITACIÓN SUPERFICIE CORTA]}$$

$$\sum_{i \in Z} X_{ij} = 0 \quad \text{[RESTRICCIÓN ÁREAS RECREATIVAS PROTECTORAS]}$$

En donde: C_{ij} se correspondería a los coeficientes asociados a cada uno de los objetivos, mientras que X_{ij} serían las variables del modelo (superficies de corta). El subíndice i refleja el número de cantones, mientras que el subíndice j se refiere al número de prescripciones. Por último el subíndice x contabiliza cada uno de los períodos. B_i sería la superficie de cada cantón, H_x el volumen de madera cortado en cada período, F_1 el inventario que permanece después del horizonte de actuación y A_x el área cortada en cada período. Por último, Z englobaría el subconjunto de cantones con un uso recreativo-protector.