

**GESTIÓN MULTIFUNCIONAL DE MASAS DE PINO
SILVESTRE EN LOS VALLES DE HECHO Y ANSÓ**

Albana LUCKA
José ALBIAC

Documento de Trabajo 02/5

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

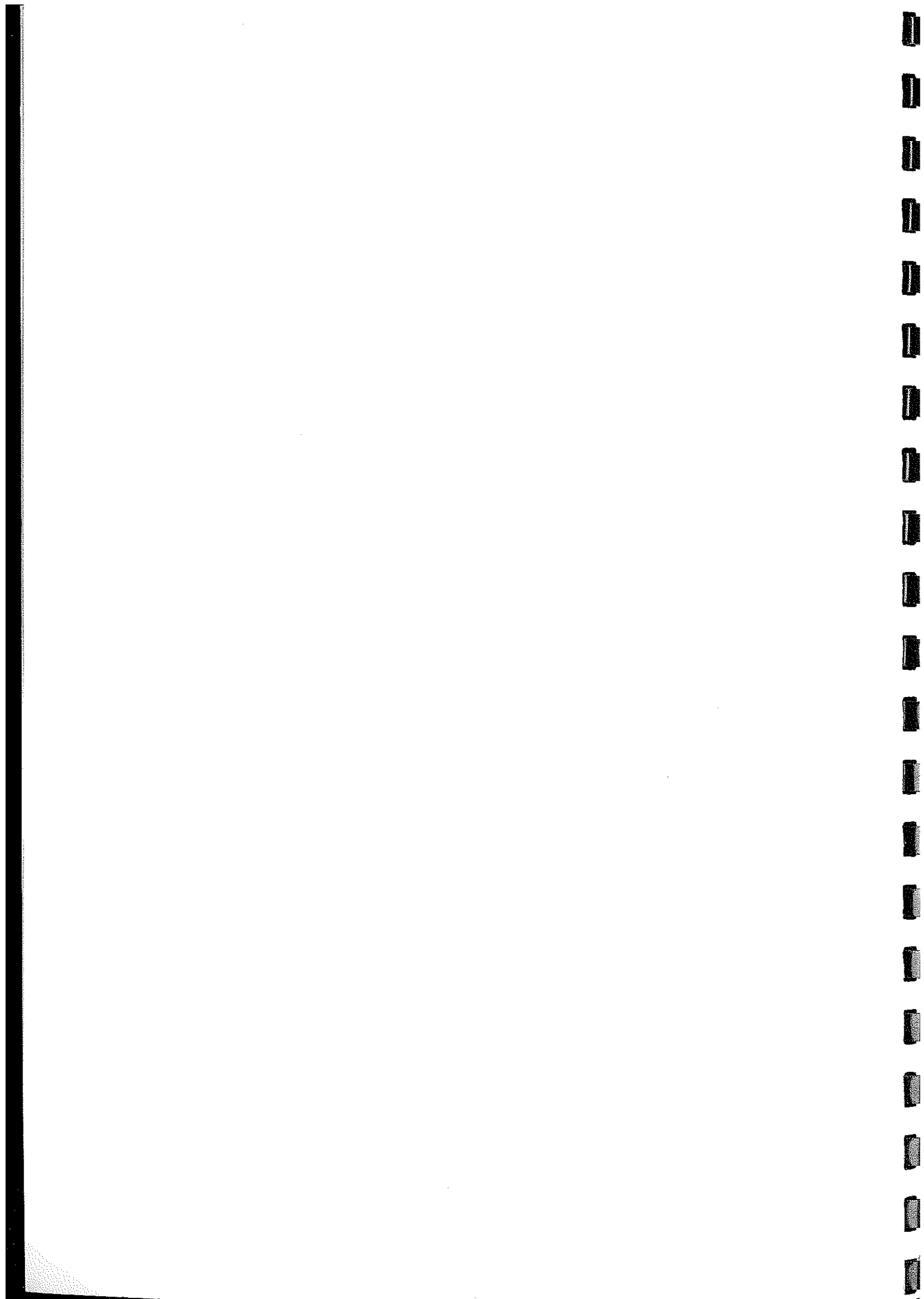
6530
Nº M. 1464

**GESTIÓN MULTIFUNCIONAL DE MASAS DE PINO
SILVESTRE EN LOS VALLES DE HECHO Y ANSÓ**

Albana LUCKA
José ALBIAC

Documento de Trabajo 02/5





RESUMEN

En este trabajo se analiza la gestión multifuncional de masas de pino silvestre en la zona de Ansó y Hecho. La gestión multifuncional tiene en cuenta el conjunto de productos y servicios que generan los bosques, y que están ligados a las diversas funciones que cumplen los bosques. La creciente importancia de los servicios ecológicos y medioambientales de los bosques para los que no existen mercados, implica la incorporación de estas externalidades en las decisiones de gestión de los bosques. Para realizar esta gestión multifuncional es necesario estimar el valor económico total de los bienes y servicios que provee el bosque. En este trabajo los servicios medioambientales que se han considerado son el paisaje y el ciclo del agua.

La gestión multifuncional se ha analizado utilizando dos métodos de corta de madera, el aclareo sucesivo y la entresaca, que corresponden a una gestión del bosque con estructura regular e irregular. En el método de aclareo sucesivo se ha determinado el turno óptimo que maximiza el valor actual neto de la actividad maderera y de los servicios medioambientales. Los resultados del trabajo indican que la gestión multifuncional permite alcanzar mayores beneficios, con un turno óptimo de mayor duración que el turno que maximiza el valor de la madera. La gestión con estructura irregular proporciona mayores beneficios que la gestión con estructura regular, y en la estructura irregular los beneficios de los servicios medioambientales considerados superan a los beneficios de la actividad maderera. La evaluación económica de todos los bienes y servicios que proveen los bosques es una información esencial para la correcta asignación de los usos de los recursos forestales.

En la zona de estudio, los recursos forestales son una fuente importante de actividad para la población local, tanto en el sector maderero como en el sector de servicios turísticos. El esfuerzo colectivo de la población de la zona, con el apoyo de la administración, puede conseguir un desarrollo armónico de ambos sectores, con el doble objetivo de potenciar el desarrollo rural y la conservación del medio ambiente.

Palabras clave: Gestión multifuncional, servicios medioambientales, turno óptimo, valor económico total.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Importancia del trabajo.....	7
1.2 Objetivos del trabajo.....	9
1.3 Metodología.....	10
2. EL ÁREA DE ESTUDIO.....	11
2.1 Medio físico.....	13
2.1.1 Localización geográfica.....	13
2.1.2 Geología.....	13
2.1.3 Clima.....	15
2.1.4 Recursos Hídricos.....	19
2.1.5 Suelos.....	20
2.1.6 Flora y vegetación forestal.....	22
2.1.7 Fauna.....	24
2.1.8 Paisaje.....	26
2.2 Estructura demográfica.....	29
2.2.1 Distribución de la población	29
2.2.2 Evolución de la población.....	31
2.2.3 Estructura de población por grupos de edad	32
2.2.4 Nivel de formación de la población.....	34
2.2.5 Población activa.....	35
2.3 Estructura económica.....	37
2.3.1 Sector primario.....	37
2.3.2 Sector secundario.....	55
2.3.3 Sector terciario.....	57
3. METODOLOGÍA.....	63
3.1 Las externalidades de los bosques.....	65
3.2 El turno óptimo de explotación de los bosques.....	68
3.3 El turno óptimo de Faustmann.....	70

3.4 El turno óptimo de Hartman.....	73
3.5 Máximo rendimiento sostenible.....	78
3.6 El modelo de explotación forestal en la zona de estudio.....	78
4. RESULTADOS.....	81
4.1 Obtención de los datos para estimar las funciones.....	83
4.2 Estimación de las funciones.....	86
4.3 Turno de Faustmann.....	89
4.4 Turno de Hartman	93
4.5 Método de entresaca	96
4.6 Comparación de los criterios de gestión y métodos de corta	98
5. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	103
5.1 Resumen.....	105
5.2 Conclusiones.....	113
Referencias bibliográficas.....	117
Anexo.....	125

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1	Precipitaciones medias mensuales.....	16
Cuadro 2.2	Temperaturas medias mensuales.....	16
Cuadro 2.3	Distribución de población por municipio y densidad de población.....	30
Cuadro 2.4	Dinámica de población.....	31
Cuadro 2.5	Saldo migratorio.....	32
Cuadro 2.6	Población por grupos quinquenales de edad y sexo 1998 (Ansó)	33
Cuadro 2.7	Población por grupos quinquenales de edad y sexo 1998 (Hecho).....	33
Cuadro 2.8	Movimiento natural de la población 1981-1997.....	34
Cuadro 2.9	Nivel de estudios de la población mayor que diez años.....	34
Cuadro 2.10	Distribución de la población según sectores.....	36
Cuadro 2.11	Distribución de la población según ramas productivas.....	36
Cuadro 2.12	Distribución de la superficie de cultivos en secano y regadío.....	38
Cuadro 2.13	Explotaciones agrarias según la superficie.....	38
Cuadro 2.14	Régimen de tenencia.....	39
Cuadro 2.15	Numero de plazas y explotaciones ganaderas.....	40
Cuadro 2.16	Evolución del volumen maderable (en m ³)	49
Cuadro 2.17	Número de locales según ramas industriales.....	55
Cuadro 2.18	Obtención de productos de la serrería de Ansó.....	56
Cuadro 2.19	Población ocupada en las actividades relacionadas con el sector forestal.....	57
Cuadro 2.20	Capacidad de servicios turísticos.....	58
Cuadro 4.1	Turno de Faustmann ante variaciones en el precio, el tipo de interés y los costes.....	90
Cuadro 4.2	Turno de Hartman ante variaciones en el precio, el tipo de interés y los costes.....	94
Cuadro 4.3	El turno de Hartman ante cambios en el valor de las externalidades.....	96
Cuadro 4.4	VAN de la actividad maderera por el procedimiento de entresaca.....	97
Cuadro 4.5	Respuesta del VAN ante cambios en la valoración de las externalidades.....	98
Cuadro 4.6	Comparación de los enfoques de gestión y los métodos de corta.....	99
Cuadro A.1	Tabla de producción de Pinus Sylvestris L. en la provincia de Huesca y Lérida.....	127
Cuadro A.2	Estructura de la masa forestal de Pinus Sylvestris en el método de entresaca.....	127
Cuadro A.3	El turno de Faustmann y Hartman ante cambios en precio, costes y tipo de interés...128	128
Cuadro A.4	El turno de Hartman respecto a variaciones del valor de las externalidades.....	129

Cuadro A.5 Beneficios proporcionados del método de entresaca.....	130
Cuadro A.6 VAN ante cambios del valor de las externalidades en entresaca.....	131

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques tienen gran importancia ya que ocupan una gran extensión del territorio y cumplen funciones ecológicas y medioambientales esenciales. En muchas zonas montañosas el bosque es un recurso que tradicionalmente se ha explotado con fines comerciales, y que proporciona una amplia variedad de bienes y servicios tanto económicos como ecológicos y medioambientales.

La preocupación de la sociedad por el medio ambiente se ha manifestado en una serie de reuniones e iniciativas nacionales e internacionales, en las que los bosques han recibido una gran atención al tratarse de recursos críticos para la biosfera. Entre los procesos más importantes, por su influencia en la política forestal europea y española, destaca la Cumbre del Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) de Rio de Janeiro en el 1992, en la cual se establecieron los Principios Forestales. Posteriormente se han realizado otras importantes reuniones: el Panel Intergubernamental de Bosques (IPF) durante los años 1995-1997, el Foro Intergubernamental de Bosques (IFF) en el período 1997-2000, el Foro Forestal de las Naciones Unidas (UNFF) en el 2000, y la Convención de la Biodiversidad de la Haya (2002). Todas las deliberaciones europeas e internacionales hacen hincapié en el uso y manejo sostenible del bosque, es decir en la satisfacción de las necesidades de las generaciones actuales y futuras.

El mensaje de esta cumbre fue asumido en Europa tanto por las Resoluciones de Helsinki, H1 y H2, en 1993, como por las de Lisboa, L1 y L2, en 1998. La implementación de estas Resoluciones se ha incorporado en la Estrategia Forestal de la Unión Europea, cuyos ejes principales de intervención son la protección y defensa de bosques, la conservación y mejora de bosques protegidos, y la gestión económica sostenible de los bosques. Dentro de la Agenda 2000, se presta también atención al bosque en el reglamento de Desarrollo Rural. La silvicultura es una parte integrante del desarrollo rural, y se considera que la iniciativa privada debe potenciar el sector forestal.

En el ámbito comunitario tiene gran importancia la protección de la naturaleza y la diversidad biológica, lo que ha llevado a la aprobación de la Directiva sobre Conservación de Aves Silvestres, y la Directiva sobre Conservación de los Hábitats Naturales y de la Fauna y Fauna Silvestres, incorporadas en la Estrategia sobre Biodiversidad de la Unión Europea, que hoy se conoce como Red Natura 2000. La comisión Europea ha propuesto un nuevo reglamento

denominado “Forest Focus” para el seguimiento de las interacciones forestales y medioambientales que sirva para mejorar la protección de los bosques. La propuesta tiene un horizonte de seis años, desde 2003-2008.

En España también ha aumentado el interés por el medio ambiente y gestión de los bosques como ha ocurrido en otros países. Esto se manifiesta en la preocupación por los incendios forestales, la declaración de espacios protegidos y la protección contra la erosión. En 1986 la Administración Central transfirió las competencias de administración y gestión de terrenos forestales a las Comunidades Autónomas, proceso que dio lugar a la aprobación de Estrategias y Planes Forestales Autonómicos. Hasta ahora once Comunidades Autónomas tienen aprobados sus Planes Forestales, entre ellos la Comunidad Autónoma de Aragón. Algunas competencias forestales se comparten entre la Administración Central y las CC. AA.

La política forestal española está actualmente en proceso de revisión como consecuencia de los cambios ocurridos en los últimos veinticinco años y de las nuevas orientaciones internacionales. La Estrategia Forestal Española (EFE) de 1999 es el primer paso de este proceso reformador, seguido por el Plan Forestal Español (PFE) para el horizonte 2002-2032. La EFE proporciona orientaciones para la política forestal nacional, atendiendo a las peculiaridades del país y a los compromisos internacionales. Los principios esenciales de esta estrategia, son la *multifuncionalidad* y la *gestión sostenible*. Una adecuada gestión debe garantizar el mantenimiento simultáneo de todas las funciones que cumple el bosque, según las prioridades en las distintas zonas, y asegurar la sostenibilidad ecológica, económica y social. La *evaluación ambiental* estratégica de los planes y programas es el instrumento más idóneo para la aplicación del criterio de multifuncionalidad, mientras que la *ordenación de montes* es el pilar de la gestión forestal sostenible. En relación con la ordenación, se ha propuesto la configuración de una nueva Ley de Montes para que se incluyan los nuevos principios en la gestión forestal. La Ley en la que se basa actualmente la política forestal fue aprobado en 1957.

El establecimiento de la política forestal está ligado al desarrollo del medio rural. La gestión sostenible de las formaciones forestales, y la interacción apropiada con el sistema agrícola y ganadero, se consideran de gran importancia para la fijación de la población, la generación de empleo y la protección del medio ambiente, que son los principios básicos del desarrollo rural.

Los modelos de gestión dependen de la legislación general, aprobada por la Administración Central, y de la iniciativa de las Comunidades Autónomas que tienen competencias para determinar la gestión. Además de la *coordinación* entre la Administración Central y las Comunidades Autónomas para definir pautas de gestión, es indispensable la *incorporación de la población* en la toma de decisiones en zonas cuya actividad principal sea forestal. La participación de la población en el establecimiento de la política forestal es importante no sólo para la puesta en práctica de esta política, sino también para lograr las finalidades del desarrollo rural.

Respecto a la gestión de los montes particulares, se plantea una *liberalización* restringida pero con un cierto grado de competencia de la administración en la toma de decisiones de gestión. Estas restricciones a la gestión privada son consecuencia de la necesidad de intervención del estado para garantizar el cumplimiento de todas las múltiples funciones que desempeña el bosque. Partiendo de la contribución de los bosques al bienestar social, se proponen incentivos y apoyo económico a los propietarios privados de masas forestales, a través del sistema tributario y las subvenciones, con el fin de mantener los valores de interés público. Puesto que las dos terceras de la superficie forestal en España están en manos de propietarios privados, la modificación del sistema tributario y la concesión de subvenciones, sobre todo para compensar las externalidades generadas por los bosques, son herramientas fundamentales para la viabilidad de la actividad forestal y la generación de servicios medioambientales de carácter no económico.

En la Estrategia Forestal se plantean también propuestas de acción en diferentes sectores que se agrupan en cinco direcciones principales: el mantenimiento y la creación de redes, como la red de seguimiento de daños en los montes, la de mejora genética vegetal etc. Para llevar a cabo las acciones se estima esencial la cooperación entre la Administración Central y las CC.AA en la financiación y gestión de estas redes. La coordinación de las actuaciones en materia de lucha contra las amenazas al bosque como incendios forestales, plagas y enfermedades, para mantener el equilibrio de los ecosistemas forestales. Elaboración de grandes planes para mitigar los problemas ambientales como desertificación, cambio climático o restauración hidrológico-forestal. El aumento de la superficie forestal es otro objetivo a lograr. El fomento de la rentabilidad económica y social de los montes, mejorando las estructuras de explotación, transformación, transporte y comercialización, tanto en el sector de madera como en los sectores de otros productos de no madera. La baja rentabilidad económica desincentiva que los empresarios forestales a dedique

recursos financieras a la producción de productos de no madera, cuya demanda está creciendo, es un problema a superar para mantener el principio de multifuncionalidad. La educación ambiental es otra prioridad para sensibilizar a la sociedad sobre el importantísimo papel que desempeñan los bosques en la calidad de vida.

El PFE se ha proyectado para un horizonte de 30 años, y debe servir como documento básico para lograr los objetivos nacionales planteados en la Estrategia Forestal. Aunque la potestad de definir la política forestal la tienen las Comunidades Autónomas, es necesario configurar una política forestal común que garantice el cumplimiento de los acuerdos internacionales asumidos por la Administración Central. El PFE también define objetivos generales, objetivos específicos y acciones en materia forestal, que deben tener en cuenta las Comunidades Autónomas al elaborar sus políticas forestales, basadas en los mismos principios e instrumentos que la EFE, pero con un mayor nivel de detalle para ejecutar las acciones prioritarias propuestas.

En general, la puesta en marcha del PFE contribuirá a generar empleo en las zonas rurales, y a mitigar la contaminación atmosférica que es una de las amenazas para la futura supervivencia de las masas forestales. Mediante el Plan, se pretende crear unos 44.000 nuevos puestos de trabajo rural, el 70 por cien de los cuales se generará en los primeros siete años, y fijar 60 millones de toneladas de CO₂ que compensen las emisiones de gases de efecto invernadero.

Una de las acciones principales específicas del Plan, es la restauración de la cubierta vegetal y la ampliación de la superficie forestal mediante reforestaciones. El Plan propone repoblar 3,8 millones de nuevas hectáreas que aumenten en un 15 por cien la actual superficie forestal. Según el Plan, el número de árboles por habitantes llegará a los 250, que es el doble del número actual. La reforestación se realizará con fines protectores y productores, principalmente en zonas sometidas a elevada erosión, en tierras agrarias, y en zonas con potencial productivo.

Desde un enfoque de protección, la restauración de la cubierta vegetal persigue mejorar la situación actual de degradación, restableciendo las funciones de protección del suelo y regulación hídrica de la vegetación. El problema de desertificación, causado principalmente por la erosión hídrica, es muy acentuado en España. El balance de pérdida de suelo es muy negativo y las pérdidas de suelo se estiman en 50 Tm/ha/año en unos 5,9 millones de ha, cuando el límite tolerable es de 12

toneladas anuales por hectárea. El Plan propone financiar el coste de repoblación del total de tierras de titularidad pública, y la subvención en las tierras privadas que puede alcanzar a toda la superficie.

La repoblación con fines productivos contribuirá a satisfacer una parte de la demanda doméstica de productos madereros. Se estima que actualmente solo se explota con fines madereros el 25 por cien de la superficie forestal. La biomasa proporcionada por las repoblaciones puede aprovecharse con fines energéticos, para lo que se han establecido líneas de subvención pública. También se fomentará el aprovechamiento del corcho, para cubrir su demanda en expansión.

La aplicación de este Plan aumentará la superficie forestal pública y privada sometida a Planes de Ordenación de Recursos Forestales, que pretenden garantizar la optimización de las múltiples funciones de los bosques y mantener bajo control las principales amenazas que tienen los bosques. Por lo tanto, el Plan es el instrumento básico para garantizar la gestión multifuncional sostenible. El coste total de todas las acciones propuestas en el Plan alcanza los 32.200 millones de euros. En los primeros siete años se invertirán 2.200 millones de euros.

1.1 Importancia del trabajo

La importancia de la gestión multifuncional sostenible del bosque radica en la contribución significativa del bosque en la provisión de servicios medioambientales ligadas a problemas como la desertización, la pérdida de biodiversidad biológica, el cambio del clima global, y a la contribución del bosque al desarrollo de las zonas rurales. La interacción del sector forestal con los sectores de la industria de transformación de la madera, a los que proporciona materia prima, y su interacción con los sectores agrícola, ganadero y turístico, con los que comparte el uso de territorio, justifica la importancia que tiene la gestión multifuncional de los bosques.

Las múltiples funciones del bosque se pueden agrupar en cuatro categorías: funciones biológicas, ambientales, socio-económicas y paisajísticas que responden a diferentes necesidades de la sociedad (Rojas 1996). Muchas veces estas funciones están en conflicto entre sí y esta confrontación supone la definición de un nuevo paradigma de política forestal que no descuide ninguna de ellas. En la zona de estudio, los valles del Ansó y Hecho, los cuatro tipos de funciones

que cumplen los bosques tienen una gran importancia para la zona, que posee unos valores de biodiversidad y paisaje muy elevados. Además, una gestión multifuncional óptima de las masas forestales en la zona puede servir para potenciar el desarrollo rural y contrarrestar el grave desequilibrio demográfico.

En la zona de estudio la superficie forestal representa una parte importante, el 42 y el 37 por cien del territorio de Ansó y Hecho. Aunque los recursos forestales son abundantes, su importancia económica ha disminuido a lo largo del tiempo. La explotación maderera se centra en los bosques de pino silvestre, pero los beneficios económicos son bajos debido a que las serrerías sólo transforman madera en productos de bajo valor añadido, como tablones para la construcción. Los factores que limitan la rentabilidad son la falta de disponibilidad de capital, de conocimientos tecnológicos y de mano de obra especializada. Esta falta de rentabilidad fomenta el abandono de los bosques, lo que junto al abandono de tierras, consecuencia de la Política Agraria Común, ha ampliado la superficie forestal abandonada. Gran parte de la propiedad forestal es de los ayuntamientos que son responsables en parte de la gestión. Es necesario potenciar actividades de transformación de la madera de alto valor añadido, seleccionar las zonas orientadas a la explotación de madera y las zonas orientadas a la conservación de la biodiversidad y el paisaje, e integrar a la población local en la toma de decisiones.

Este trabajo plantea la aplicación de una gestión multifuncional óptima que incorpore en la gestión los diferentes bienes y servicios de mercado y de no mercado. Las nuevas preferencias de la sociedad hacia la provisión de las externalidades de bosques, gestionados por los agentes locales privados o públicos, hacen necesario dedicar un esfuerzo de análisis de la gestión. Para conseguir una gestión óptima del bosque, que responda a los criterios de sostenibilidad, multifuncionalidad, equidad social y territorial y eficacia socioeconómica, es necesario incorporar en la toma de decisiones el valor total de los bosques, considerando todos los bienes y servicios de mercado y de no mercado.

La importancia que tienen las externalidades generadas por los bosques ligada a las funciones ambientales, paisajísticas y de refugio de la biodiversidad, debe quedar reflejada en las políticas forestales, que incorporen medidas que establezcan mecanismos de compensación para los servicios de no mercado o que internalicen en el mercado estos servicios. La compensación por la

administración de los servicios de no mercado requiere determinar el nivel apropiado de oferta y el pago con fondos públicos a los agentes que producen las externalidades para incentivarlos y asegurar la viabilidad y la eficiencia económica y social de externalidades que se derivan de la actividad forestal.

1.2 Objetivos del trabajo

El objetivo principal del trabajo es el *análisis de la gestión multifuncional de los bosques de pino silvestre* en los valles de Ansó y Hecho de la comarca de la Jacetania. Este objetivo parte de las funciones económicas, sociales y ambientales de los bosques y de su contribución al desarrollo sostenible de las zonas rurales. El uso múltiple de bosques exige la determinación de una combinación óptima de los productos y servicios ecológicos y medioambientales para satisfacer la demanda de la sociedad.

Para lograr el objetivo principal del trabajo se han elaborado los siguientes objetivos específicos: *estimación de los valores de los servicios ecológicos y medioambientales y sus efectos en la gestión forestal*. Las crecientes demandas para estos servicios ejercen presión para la integración de los temas ambientales en las estrategias de la gestión forestal. La valoración en términos económicos de los servicios medioambientales es el problema principal de la gestión forestal sostenible debido a la ausencia de los mercados por ser bienes públicos. La gestión óptima determinada para la producción de madera podría cambiar si se consideran los servicios medioambientales, para ello se utilizan varios métodos para convertir los servicios de no mercado en unidades monetarias.

La estimación del valor total de los bosques sirve para determinar la importancia de cada uno de sus componentes y para conseguir un mejor uso de los recursos forestales. Mejorar la rentabilidad de los bosques exige la incorporación de todos los bienes y servicios de mercado y no mercado. En muchos casos algunos productos y servicios compiten entre sí y las decisiones sobre la asignación del recurso siguen siendo decisiones económicas que dependen del análisis coste/beneficio. Uno de los desafíos para los gestores de los bosques es buscar un equilibrio entre la producción de una amplia variedad de bienes y servicios y la conservación del recurso.

El logro de una gestión forestal sostenible se debe conseguir en el contexto de la *contribución del sector forestal al desarrollo rural*. Cada uno de los bienes o servicios del bosque cumple una función específica, y la gestión multifuncional debe garantizar el mantenimiento o mejora de cada uno de ellos, garantizando además el bienestar de la población local de la zona.

1.3 Metodología

Las recientes discusiones sobre la gestión sostenible de los bosques, acentúan la necesidad de estimar el valor total del bosque de forma que la valoración pueda utilizarse como guía para la toma de decisiones de gestión. Para ello, es necesario identificar todos los bienes y servicios que los bosques proporcionan, y determinar sus valores.

En este trabajo se van a considerar los servicios de mercado y de no mercado que provee el bosque, de forma que las decisiones sobre las alternativas de gestión se tomen a partir del valor del conjunto de estos servicios. La información sobre los valores de no mercado de los servicios medioambientales se toma de trabajos de valoración realizados en distintos países de Europa y en España.

En el análisis se examina el modelo de Faustmann, que optimiza el valor de la madera que proporciona el bosque, y el modelo de Hartman que optimiza la gestión del bosque incorporando los servicios medioambientales. Ambos modelos se aplican a la zona de estudio, los municipios de Ansó y Hecho, utilizando información local sobre crecimiento de masas forestales de pino silvestre. Los resultados muestran los cambios en el turno de corta cuando se introducen en la toma de decisiones los valores medioambientales. En el trabajo también se comparan dos métodos de corta de masas forestales, la tala rasa y la entresaca, y se realiza una valoración de ambas técnicas de gestión.

El estudio se estructura de la siguiente forma: en primer lugar se describe el medio físico, la población, y las actividades económicas del área de estudio, a continuación se presenta la metodología aplicada y los resultados obtenidos, y finalmente se presentan el resumen y las conclusiones del trabajo.

2. EL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Medio físico

2.1.1 Localización geográfica

El área de estudio incluye los municipios de Ansó y Hecho, que están situados al norte y noroeste de la Comarca de Jacetania, de la Comunidad Autónoma de Aragón, en el sector occidental del Pirineo Aragonés. La zona tiene una superficie de 457,5 Km² y limita con Francia al norte, la Comunidad Foral de Navarra al este, con el municipio de Aragüés del Puerto al este y los municipios de la Canal de Berdún y Puente la Reina al sur.

El medio físico se describe en función del aprovechamiento forestal, y como se expone a continuación se trata de un medio de gran diversidad geológica, litológica, climática y vegetativa. Las características del soporte físico de la cubierta forestal, las condiciones climáticas y la intervención humana han tenido como consecuencia un uso forestal y ganadero del territorio. Las explotaciones forestales y las actividades ganaderas son las principales fuentes de generación de renta, y ocupan el 82 por cien del territorio.

2.1.2 Geología

En la comarca de Jacetania, las estructuras morfológicas se agrupan en cuatro conjuntos fundamentales de forma paralela: el Pirineo Axial, las Sierras Interiores, el Flysch Eoceno y la Depresión Media. En los valles de Ansó y Hecho se encuentran las tres primeras estructuras, mientras que la Depresión Media se ubica al sur de la comarca. A continuación se describen las principales características geológicas del Pirineo Axial, las Sierras Interiores y el Flysch Eoceno.

El Pirineo Axial

Identificado como el eje de la cordillera pirenaica, representa la frontera con el pirineo francés, y en la zona de estudio está presente al noreste de los valles. La extensión principal de esta unidad se encuentra al norte de la comarca y la vertiente norte de la Sierra Bernera rompe su continuidad. Las altitudes están entre los 2.200 y 2.300 metros. Este eje se compone principalmente de materiales paleozoicos, que son los más antiguos y se encuentran intensamente plegados y

fracturados (García y Valero 1998). Los materiales geológicos principales del sector occidental, se presentan en las series sedimentarias permotriásicas – areniscas rojas, arcillas, conglomerados, grauvacas con pizarras – caracterizadas por un color rojo muy destacado en las cabeceras del valle de Aragón Subordán que es un valle profundo de origen glaciar. En algunos casos, las rocas paleozoicas, quedan fosilizadas por la superposición de materiales más recientes mesozoicos. En el sector oriental dentro del pirineo axial, la litología predominante está formada por pizarras, calizas y granitos.

Como consecuencia de la variedad de materiales litológicos y su diferente resistencia frente a la erosión, el relieve es complejo con pequeños macizos calcáreos o cuarcíticos destacados sobre afloramientos pizarrosos y macizos graníticos, en los cuales aparecen las mayores altitudes comarcales (García *et al.* 2001).

Las Sierras Interiores

Las Sierras, al sur del pirineo axial, están formadas por calizas, areniscas y calizas margosas del Cretácico y Paleoceno, que proceden de la sedimentación anterior. Constituyen una pantalla a la influencia atlántica del norte y noroeste acentuada en la Depresión Media. Se trata de un relieve enérgico de sedimentos marinos ricos en fósiles, con fuertes pendientes y con altitudes que alcanzan entre 2.000 y 2.670 metros.

En estas sierras se localizan algunas de las mayores altitudes del Pirineo Central, como el Monte Perdido (3.355 m), Cotiella (2.912 m) y Collarada (2.886 m). A menudo las vertientes adoptan la forma de ladera de fuerte pendiente, habitadas principalmente por el pino negro. En la zona de estudio se localizan la Sierra de Alano y la de Bernera.

El Flysch Eoceno

Las sierras de flysch, situadas al sur del conjunto anterior, presentan una litología más homogénea que ha producido un relieve más o menos uniforme y que no supera los 2.200 m. Las sierras están formadas por margas y areniscas del Eoceno alternadas entre sí. Las laderas tienden a estar regularizadas y cubiertas por un coluvión poco potente, frecuentemente afectadas por

movimientos en masa profundos y superficiales (García y Puigdefábregas 1982). Los depósitos glaciares en los valles principales, son resultado de la extensión de los glaciares desde el norte, durante la última glaciación (García y Valero 1998). En los valles de Ansó y Hecho aparecen relieves en cuesta cuando afloran estratos más potentes de areniscas o calizas intercaladas.

2.1.3 Clima

El clima, es un elemento importante del medio físico, que ejerce una influencia notable en la cubierta vegetal, con factores de especial significación como las precipitaciones y temperaturas. Montserrat (1976) vincula las condiciones climáticas con diferentes modalidades de paisaje, explicando la influencia del clima en la distribución de la vegetación y señalando también que la vegetación es indicadora del tipo del clima que caracteriza una determinada zona.

La comarca de la Jacetania está sujeta a las influencias atlánticas, de clima húmedo, e influencias mediterráneas, de continentalidad atenuada. De la Riva (1997) ha estudiado la relación entre las variables geográficas (longitud, latitud y altitud) y los elementos climáticos (precipitaciones y temperaturas). Aplicando los sistemas de clasificación de Köppen, Gaussen y Papadakis, ha sintetizado la diversidad climática dividiendo la comarca en 8 zonas climáticas. Los valles de Ansó y Hecho los incluye en la zona climática de tipo D, de influencia oceánica mitigada. Ansó y Hecho presentan volúmenes medios anuales de precipitación de 1.217 y 1.227 mm al año, respectivamente, mientras que las temperaturas medias son 9,9 y 10,3 grados. Las poblaciones de hayedo son otro indicador del clima atlántico atenuado en los valles de Ansó y Hecho. Las precipitaciones disminuyen al este de estos valles, aunque se gana altitud, perdiendo el influjo atlántico y acentuándose la tendencia mediterránea. Esta última tendencia, con condiciones más cálidas y menores precipitaciones, es más evidente al sur de los valles.

Precipitaciones

La precipitación es un elemento importante del ciclo vegetativo. La relación entre precipitación y vegetación es muy estrecha, la sequía permanente o la baja capacidad de retención de agua del suelo, puede provocar la desaparición de la vegetación.

Cuadro 2.1 Precipitaciones medias mensuales

	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOS.	SEPT	OCT	NOV	DICIEM	ANUAL
Ansó	120.53	115.47	92.74	95.13	115.15	69.30	47.27	61.21	79.95	145.56	120.42	154.60	1217.34
Hecho	125.23	115.31	93.77	98.72	114.5	78.69	52.89	66.37	72.26	132.65	127.35	148.81	1226.57

Fuente: De La Riva (1997)

De la Riva (1997) distingue tres zonas diferentes en la comarca según el volumen anual de precipitaciones. La primera corresponde a precipitaciones superiores a 1.500 mm/año, que se registran en norte, noreste y noroeste; la segunda corresponde a volúmenes entre 800 mm y 1.500 mm al año, y se define como tipo D mencionado anteriormente; y la tercera zona se caracteriza por precipitaciones por debajo de los 800 mm anuales, al sur de la comarca.

En los valles de Ansó y Hecho, el volumen de precipitaciones disminuye de norte a sur, con alto volumen de precipitaciones en el extremo norte de los valles, que disminuyen conforme se pierde altitud. En los valles occidentales, el gradiente pluviométrico anual es 1,42 mm/m mientras que el de la comarca alcanza los 0,94 mm/m.

El régimen pluviométrico es un indicador de la influencia atlántica en la zona de estudio. El cuadro 2.1 muestra la distribución espacial de las precipitaciones por meses. El mayor volumen de precipitaciones ocurre en diciembre en ambos valles, mientras que en junio se registra el menor. El máximo de precipitación en diciembre, seguido por octubre, enero, noviembre y mayo definen claramente para De la Riva el régimen oceánico de los valles de Ansó y Hecho. En la distribución diaria de lluvias, destaca mayo como el mes con mayor número de días de lluvia, aunque el máximo de las precipitaciones es en invierno y otoño. La interrelación de la altitud, la oceanidad y los fenómenos tormentosos explica el régimen de elevadas lluvias en mayo. Aunque la altitud no es muy elevada en Ansó y Hecho la influencia atlántica aumenta el número de días lluviosos en mayo.

Temperatura

Cuadro 2.2 Temperaturas medias mensuales

	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCT	NOV.	DICIEM	ANUAL
Ansó	2.24	3.22	5.31	7.65	11.35	15.36	18.90	18.79	15.72	10.75	5.97	3.07	9.86
Hecho	3.12	3.82	6.06	8.03	11.25	15.85	19.06	18.78	16.11	10.86	6.55	4.27	10.31

Fuente: De La Riva (1997)

La temperatura es otro parámetro climático que influye a la vegetación, controlando los períodos de la actividad vegetativa y el equilibrio fotosíntesis-respiración. De la Riva (1997) señala que las precipitaciones no presentan un umbral crítico para la existencia de los bosques, mientras que la temperatura es uno de los factores que condiciona la vegetación en determinadas altitudes de la comarca.

El valor de la temperatura media en la comarca oscila entre 6 y 13 grados, y el gradiente altitudinal anual térmico se estima en $0,5^{\circ}$ C cada 100 m. Sin embargo, la configuración del relieve rompe la fuerte dependencia de la temperatura con la altitud. El cuadro 2.2 muestra las temperaturas medias mensuales para los valles de Ansó y Hecho y se observa que la temperatura media mensual mínima se registra en el mes de enero, seguido por diciembre y febrero, y las máximas en el mes de julio. La oscilación térmica estacional entre los meses de invierno y verano llega a los 16,66 grados en Ansó y a los 15,94 grados en Hecho.

Las temperaturas que tienen mayor importancia para la viabilidad de la vegetación, son las temperaturas extremas mínimas y máximas absolutas, que son en torno a los -18 grados y los 40 grados, respectivamente. Las mínimas absolutas se producen en febrero y las máximas absolutas en agosto, aunque las mínimas y máximas medias se registran en enero y julio. El retraso de los valores absolutos respecto a las mínimas y máximas medias, indica según De la Riva una influencia oceánica cada vez más atenuada en los valles.

Además de la amplitud térmica y las temperaturas extremas, el período de heladas es de vital importancia para la vegetación. Las primeras heladas se producen en octubre en la zona y las últimas en junio (en Ansó). El mayor número de días con temperatura inferior o igual a 0° C, se registra en enero.

Las figuras 2.1 y 2.2 muestran las temperaturas y precipitaciones medias mensuales para cada municipio. El mes con temperatura media máxima y precipitación media mínima es julio, mientras que la precipitación media máxima ocurre en diciembre y la temperatura media mínima en enero.

Figura 2.1 Distribución temporal de las precipitaciones y temperaturas medias en Ansó

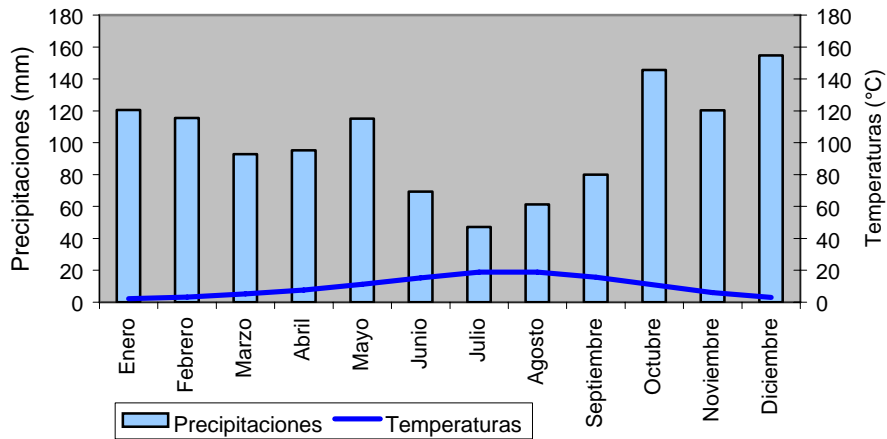
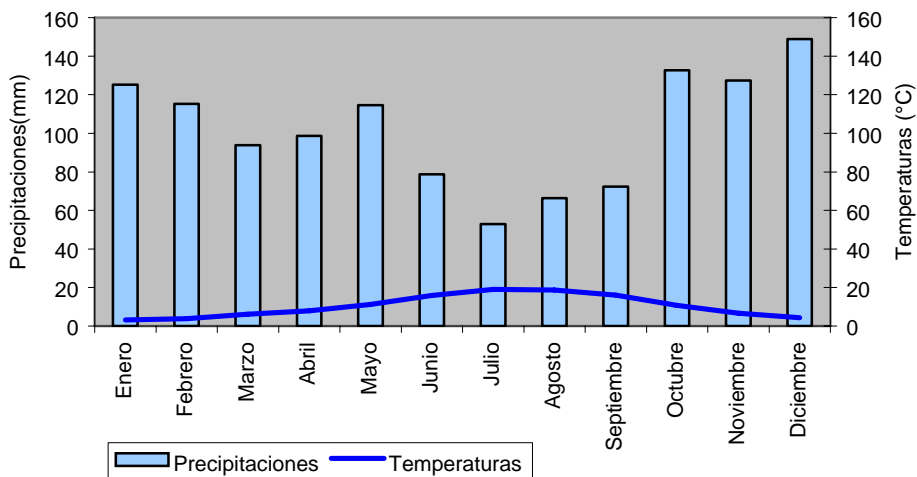


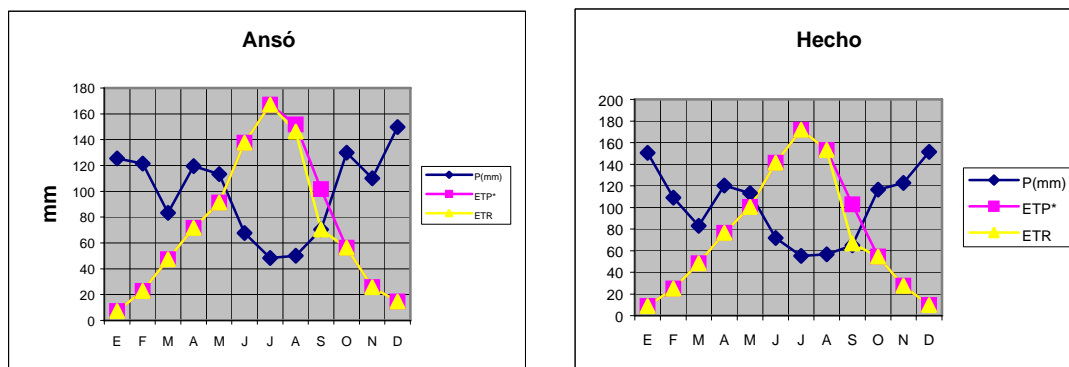
Figura 2.2 Distribución temporal de las precipitaciones y temperaturas medias en Hecho



Balance Hídrico

El clima de la zona de estudio es húmedo debido a las elevadas precipitaciones. La figura 2.3 muestra el balance hídrico anual en Ansó y Hecho, como diferencia entre las precipitaciones y la evapotranspiración de referencia. En Ansó se observa un déficit hídrico en agosto y septiembre, mientras que en Hecho el déficit se observa solo en septiembre. Visto la diferencia de temperaturas, precipitaciones, y la evapotranspiración de referencia que existe en la zona es previsible que el déficit hídrico sea en muy poco tiempo.

Figura 2.3. Balance hídrico anual en Ansó y Hecho



2.1.4 Recursos hídricos

Los cauces principales de los ríos Veral y Aragón Subordán, son representativos de la red hidrológica que atraviesa los valles de Ansó y Hecho, en dirección norte sur, siguiendo la orografía decreciente en altitud hacia la Depresión Media. El río Veral que discurre por Ansó, nace a una altura de 2.200 metros, tiene una longitud total de 52 Km, y la extensión de su cuenca alcanza los 295 Km². El Aragón Subordán¹ recorre al valle de Hecho y nace a una altura de 2.600 metros. El río tiene la misma longitud que el río Veral y una extensión de 358 Km² de cuenca. Los dos ríos vierten sus aguas al río Aragón, y mantienen un caudal continuo a lo largo de todo el año.

Las aportaciones medias son de 130,8 y 364,14 hm³, respectivamente. Los factores principales de variación de caudal a lo largo del año son el régimen de precipitaciones y la aportación de la nieve acumulada. El máximo de caudal de los dos ríos ocurre en mayo, debido a las lluvias de primavera y la escorrentía de fusión de la nieve, y el mínimo en agosto. La influencia de la nieve en el río Aragón Subordán es mayor que la de las precipitaciones (García *et al.* 2001), mientras que en el río Veral la mayor influencia es el régimen pluvial oceánico.

En relación con los parámetros físico – químicos, las temperaturas en invierno son de unos 4° C, y las del verano oscilan entre los 18° C en mayor altitud y los 23° C en zonas más suaves. La conductividad de las aguas es menor en las cabeceras de los ríos y mayor en los tramos finales. En invierno se alcanzan valores de 200 a 400 µS, y en verano los valores son de 100 a 275 µS. En las

¹ La cabecera del Aragón Subordán pertenece al término municipal del Ansó y el sector centro meridional del Veral pertenece al término municipal del valle de Hecho.

zonas de calizas la conductividad alcanza sus máximos valores de entre 400 y 500 μS a causa de la concentración de sales y la presencia de carbonatos, cloruros y sulfatos.

La calidad de agua de los cursos fluviales del territorio estudiado son según la Confederación Hidrográfica del Ebro de tipo A 1 (uso salmónidos y producción de agua potable), que es aquella que necesita un tratamiento físico simple y desinfección. En ninguno de los ríos hay estaciones que midan los parámetros de contaminación de las aguas, y las estaciones más próximas están localizadas en el río Aragón en Jaca, en el río Arga, y en el embalse de Yesa. La identificación de los taxones de macroinvertebrados bentónicos presentes en estos ríos, permite calificar la calidad biológica de estas aguas como de aguas muy limpias, no alteradas de modo sensible.

2.1.5 Suelos

La importancia de la formación del suelo para la vegetación es evidente puesto que afecta a la toma de nutrientes y determina la disponibilidad de agua. El potencial de productividad forestal o agrícola también está estrechamente ligado al tipo de suelo. Por otra parte, la vegetación desempeña un papel substancial en la génesis del suelo aumentando el contenido de materia orgánica, mitigando el impacto de la lluvia en el suelo con consecuencia de la protección de los procesos erosivos. Muchas actuaciones en el dominio forestal, como repoblaciones y elección de especies, han sido realizadas con fines múltiples, para mejorar los aspectos productivos y medioambientales. Desde la óptica ambiental la vegetación contribuye no sólo a la mejora del régimen del agua, a la fijación de CO_2 , proporcionar hábitat a las distintas especies, sino también favorece la conservación del suelo y genera combinaciones de paisaje.

No hay en Aragón una cartografía de suelos sistemática, ni organismo encargado de ella. Los mapas de suelo existentes de la zona de estudio son documentos obsoletos y a menudo de difícil o imposible acceso. Además, los sucesivos préstamos de información entre autores corren el peligro de envilecerla o desfigurarla. Pese a los inconvenientes mencionados, De la Riva (1997) ha sintetizado datos de distintas procedencias y presenta unas características principales de los suelos y un mapa. Para la zona del presente estudio hay cinco tipos de suelo, en los que predomina los suelos pardo calizo más o menos evolucionados.

En el noroeste de los valles de Ansó y Hecho, donde el volumen de las precipitaciones es mayor, se encuentran las *rendsinas* con áreas de *terra rossa* y *terra fusca* sobre calizas, con la tendencia hacia los pardos forestales más lixiviados. Este tipo de suelo favorece las poblaciones de hayedos, abedulares y abetales.

En el norte de los valles, con condiciones topográficas de alta pendiente, se encuentran las *rendsinas pardas sobre calizas*, con tendencia a los suelos pardos forestales de naturaleza también calcárea. La presencia de carbonato cálcico es clara y el contenido de la materia orgánica es apreciable. El pH en superficie es neutro con tendencia hacia el básico en profundidad.

Este tipo de suelo se encuentra también en el noreste en combinación con *terras pardas forestales sobre pizarras y cuarcitos*, y *terras pardas forestales sobre areniscas triásicas*, sobre litología no calcárea. Los suelos sobre cuarcitas tienen un carácter más arenoso y ácido que los suelos sobre pizarras. Se caracterizan por una considerable presencia de arcillas, ausencia de carbonato cálcico y contenido apreciable de materia orgánica. En las *terras pardas forestales sobre areniscas triásicas* el contenido de materia orgánica es algo mayor.

El *suelo pardo calizo forestal sobre flysch eoceno* es el tipo de suelo que se localiza al sur, suroeste y sureste de los valles, donde las pendientes son más suaves. Son ricos en materia orgánica que aumenta el potencial productivo forestal, con pH moderado básico y perfil carbonatado. De la Riva (1997) destaca una degradación de la estructura de los suelos forestales a causa de las alteraciones en la vegetación. La invasión de pino silvestre produce la acidificación del suelo, y la degradación del hábitat del quejigo y el roble produce la pérdida de humus.

Esta tipología edáfica significa un elevado potencial silvopastoral de los valles de Ansó y Hecho. La superficie dedicada a pastos o a uso forestal incluye el 82 por cien del territorio en ambos municipios mientras que la superficie cultivada ocupa el 0,1 y el 5 por cien del territorio, respectivamente en Ansó y Hecho. El resto es superficie improductiva. La zona destaca por su vocación forestal y la escasez de superficie de cultivo.

2.1.6 Flora y vegetación forestal

Las especies representativas de la flora y la vegetación forestal en el territorio de estudio son fundamentalmente de carácter eurosiberiano, con algunas pequeñas áreas en que se aprecia la transición al ámbito mediterráneo. Entre los principales factores físicos de los que depende su distribución espacial y pervivencia, pueden mencionarse la marcada influencia atlántica del *clima* que influye en los tipos de especies, la *topografía* que determina la altitud y la exposición al sol, y el *sustrato geológico*. *La intervención humana* ha alterado a lo largo del tiempo la vegetación natural, y es un factor importante que influye en la flora y la vegetación forestal.

Flora

El valor de la riqueza florística del área de estudio es similar al del territorio montañoso peninsular y es mayor si se compara con la riqueza florística de las zonas de menor altitud. En el Catálogo Florístico del Pirineo Occidental Español (Villar 1980) se describen las 1.200 especies que se encuentran en la zona de estudio, y que incluyen las plantas vasculares. Las comunidades más representadas por el número de especies son las Gramineae, Leguminosae, Compositae, Caryophyllaceae, Cruciferae, Rosaceae, Labiatae, Umbelliferae, Cyperaceae y Ranunculaceae. Los elementos eurosiberianos representan aproximadamente el 30 por cien de la flora, las plantas orófitas el 13 por cien, y los elementos boreo – alpinos el 7 por cien. Las plantas mediterráneas constituyen menos del 20 por cien de la flora, y las especies endémicas el 7 por cien. El resto de las especies son plantas pluriregionales, cosmopolitas y neófitos. Esta estructura de la flora, con el predominio de comunidades que se adaptan al clima húmedo y frío, es un reflejo de la influencia atlántica en la zona.

En relación al espectro de formas biológicas de las plantas, el 52 por cien de las plantas corresponden a los hemicriptófitos que habitan normalmente en los pastos y prados; el 15 por cien corresponde a plantas terófitas, que se encuentran en ambientes abiertos y expuestos al sol; los geófitos representan el 12 por cien y habitan en ambientes de escasa luz (en el interior de bosques frondosos). En los ambientes con fuertes oscilaciones térmicas y fenómenos periglaciares habitan los caméfitos que constituyen el 11 por cien de la flora. Los árboles y arbustos representan el 9 por cien y las plantas acuáticas solo el 0,2 por cien.

Vegetación forestal

La descripción de las principales unidades vegetales, siguiendo a Montserrat (1971), se puede definir por pisos: En el *piso alpino* localizado en las zonas de mayor altitud y que baja hasta los 2.000 metros, se encuentran el tipo de vegetación *Carici rosae – Elyneto sigmetum*, que se desarrolla sobre los sustratos calizos de la Sierra de Bernera. La vegetación de este piso se extiende en mayor superficie al este de la comarca de Jacetania. En altitudes superiores a 2.300-2.400 metros dominan los pastos alpinos psicroxerófilos, y en zonas más bajas los pastos subalpinos – alpinizados destacando la vegetación de matorral.

El *piso subalpino* (por encima de 1.600 metros) situado también en las Sierras Interiores y el Flysch eoceno, se caracteriza por los pinares y abetales pirenaicos. La especie más extendida es el pino negro que puede estar sobre cualquier sustrato y en escorrentías acusadas. En la zona de estudio se encuentran las dos series de vegetación: *rhododendro – pineto uncinatae sigmetum* y *Arctostaphylo – Pineto uncinatae sigmetum*. La segunda se encuentra en los vertientes más soleadas y el pasto *Festuka eskia* es el matorral de degradación característica. La extensión del piso subalpino es mayor al nordeste de la zona, puesto que en el área de estudio la nieve persiste por un período de tiempo más largo. El proceso de deforestación, sobre todo en Ansó, es la causa principal de la extensión de pastos *alpinizados* o *subalpino alpinizados*. De la extensión de estos pastos en Ansó deriva el nombre “piso ansotano”. La vegetación secundaria está representada por los matorrales de rododendro y los rastreros.

El *piso altimontano y montano húmedo* (hasta 1.600 metros), de claro carácter eurosiberiano se caracteriza por las coníferas, los pinares de pino silvestre, los abetales y los hayedos. Los más representativos y los que ocupan mayor superficie en el territorio de estudio y en la comarca son los pinares de pino silvestre, que se desarrollan sobre sustratos calcáreos y exposiciones con fuerte luminosidad. En las umbrías y riveras, con suelos más profundos y húmedos se encuentran las hayas, robles y fresnos que son más tolerables a la luminosidad y la humedad del suelo. Los bosques de pinares de pino silvestre, son bosques densos acompañados por arbustos y musgos, de vegetación secundaria y su evolución regresiva es el erizón.

Montserrat (1971) clasifica los bosques de pino silvestre a partir de las condiciones en las cuales se desarrollan y de la vegetación secundaria que les acompaña y distingue entre pinar *seco con boj* y frecuentemente erizón, y pinar *musgoso con boj*. El primero sustituye el piso de hayas de vertiente septentrional pirenaica y se extiende sobre suelos poco desarrollados, en solanas bien soleadas. El sotobosque es rico y junto al boj y erizón también se encuentra la gayuba, el enebro y la aliaga, especies del dominio submediterráneo que reflejan el ámbito de tránsito mediterráneo de la flora del territorio. El segundo, el pinar musgoso con boj, ocupa espacios con condiciones más húmedas que el primero. El boj es la especie subdominante que aparece por doquier. Se trata de una comunidad permanente, casi climática, que es la denominación de Montserrat para los bosques de pino silvestre. Los pinos silvestres empobrecen el suelo al madurar, y la medida de plantar hayas se recomienda como medida correctora para incrementar la fertilidad del suelo.

Hacia el norte se encuentran los bosques de hayas que necesitan más humedad que los bosques de pino silvestre. Las sierras interiores de Ansó y Hecho son zonas favorables para el desarrollo de esos bosques, ya que cumplen las exigencias de esta especie en cuanto a iluminación, humedad y fertilidad del suelo. En los valles habitan dos tipos de hayas, el haya *basófila* y *umbrófila* y haya *calcícola* y *termófila*. El haya *basófila* y *umbrófila* se desarrolla entre los 900 y los 1.600 metros en umbrías con exposición preferente a nieblas y lluvias. El haya *calcícola* y *termófila* ocupa espacios de menor altitud y es un haya que soporta mejor la sequía, por eso la evolución regresiva es hacia especies más mediterráneas. A veces se encuentran en el piso mesomontano y supramediterráneo que corresponde principalmente a los robles. Se acompañan de roble pubescente, pino silvestre, boj y espinos.

2.1.7 Fauna

La biodiversidad, que en la zona tiene alto valor, es un elemento importante a tener en cuenta en el diseño de medidas de política forestal. Desde el punto de vista faunístico los valles de la zona de estudio, se caracterizan también por una marcada riqueza biológica. Las comunidades de vertebrados catalogadas son mucho más numerosas que las de invertebrados.

De las especies acuáticas, las que predominan son la *trucha común*, los *barbos* y la *madrilla*. La primera se encuentra en los tramos más altos de los ríos y presenta gran interés, tanto para su

explotación económica, como para su explotación turística, puesto que es especie deportiva. Los barbos (*Barbo de Graells*, *Barbo Culirroyo*) están presentes especialmente en los tramos medios e inferiores de la red fluvial, aunque el barbo culirroyo se encuentra también en los cursos altos de los ríos. La madrilla se localiza en la ribera del río Aragón Subordán en Hecho, y también se encuentra el pez lobo, especie considerada de interés especial.

Entre los anfibios, en la zona aparece el *tritón pirenaico*, especie endémica, la *salamandra*, que se distribuye especialmente cerca de bosques y lugares húmedos, el *sapo partero*, el *sapo común*, y la *rana de San Antón*, especie escasa en la Península pero frecuente en el área de estudio. Estas especies se encuentran en su mayoría en altas altitudes y están catalogadas como de interés especial.

En cuanto a la clase reptilia, resalta la presencia entre otros, de la *salamanquesa común*, especialmente en el tramo bajo del río Aragón Subordán, el *lagarto verde* en los bosques de hayas, y la *lagartija roquera*. Las *culebras* son frecuentes en distintas especies y la *víbora áspid* ocupa pisos altos húmedos y subalpinos.

Las aves representan el mayor número de especies dentro de la fauna. Las especies más numerosas se encuentran en los bosques de pino silvestre, quejigales, abetales y hayedos, y las más frecuentes son el *mosquitero papialbo*, el *reyzuelo sencillo*, los *milanos* y *ratoneros*, el *pito negro*, el *tetrao urugallos*, el *zorzal común* y el *trepador azul*. También están censados y son abundantes el *gavilán*, el *cárabo*, el *gorrión alpino*, el *buitre común*, el *águila real*, el *halcón* y el *cernícalo*, el *ánade real*, la *polla de agua*, el *rascón*, el *gorrión chillón* y el *gorrión doméstico*. La *lechuza de Tengman* aún está presente en los valles de Ansó y Hecho.

Entre los mamíferos catalogados destacan por su abundancia el *lince*, con su hábitat preferente en los bosques, el *gato montes*, la *marmota*, la *comadreja*, el *tejón*, el *armiño*, el *desmán del Pirineo* y la *nutría*, que son más frecuentes cerca del río Veral. El *jabalí* y el *corzo* se encuentran en bosques de pino silvestre, bosques mixtos y hayedos. Los *conejos* son escasos en la zona y también es muy reducida la población de *oso pardo* ha reducido en número a causa de las actividades humanas.

2.1.8 Paisaje

El resultado de las relaciones entre los elementos del medio físico descritos previamente, es la configuración de unidades paisajísticas. Además de los elementos físicos y biológicos, la presencia humana es otro factor que a través de sus actividades, influye a la elaboración del paisaje, que se considera como un recurso más del medio natural. Según el análisis y la valoración del paisaje elaborado por el Instituto Pirenaico de Ecología, desde el punto de vista de la conservación y protección de los recursos naturales, el área de estudio se clasifica como zona de alta interés paisajístico. En el territorio de estudio, siguiendo las cuencas hidrográficas, destacan dos grandes unidades paisajísticas: el valle del Veral y el valle del Aragón Subordán, que son los más extensos al oeste de la comarca de Jacetania. A continuación se describen sus características principales.

Valle del Veral

Los elementos más importantes del medio natural que configuran el paisaje son la altitud, la morfología, la vegetación y la red fluvial. A lo largo del valle, las altitudes se incrementan en dirección norte, alcanzando los 2.438 metros en la Mesa de los Tres Reyes. En toda la zona norte, las altitudes superan los 2.000 metros, destacando la Peña Escaurri (2.050 m) y la Paquiza Linzola (2.087 m). El gradiente altitudinal en combinación con otros componentes plasman los rasgos del relieve. Las unidades morfoestructurales que se encuentran en el valle son las sierras interiores, con afloramientos de calizas mesozoicas y eocenas, y el flysch eoceno, cuyos afloramientos aumentan la importancia del paisaje.

Las formaciones vegetales están estrechamente relacionadas con las características climáticas y son los elementos que embellecen el paisaje más importantes. Al oeste de Ansó, en la Sierra del Moral, se encuentran bosques de hayedos y abetales que como se ha explicado anteriormente se desarrollan en vertientes de umbría. Aunque la explotación forestal es intensa, la zona tiene una significación paisajística incuestionable. Entre Ansó y el barranco de Segarra se encuentran bosques de pino silvestre, bastante degradados, pero a partir de este barranco se presentan bosques mixtos de pino silvestre, quejigo y hayas. En el barranco de Salas aparecen bosques de pino silvestre y haya de significación paisajística también importantísima. En los barrancos de Idoya y Marcón además de los contrastes vegetativos se encuentran oposiciones

geológicas, geomorfológicas y topográficas que en conjunto confeccionan un paisaje de gran interés. Más al norte, el contacto de las sierras interiores y la zona del flysch, y la vegetación de frondosas y coníferas forman un paisaje de interés. Los barrancos del río Veral se unen en Zuriza, una zona más llana que su alrededor, presentando contrastes topográficos.

La carretera del valle de Ansó, al lado del cauce del río Veral, la línea eléctrica de 45 kw que provee a la comarca, el conjunto urbano con su originalidad arquitectónica y la serrería de Ansó, son elementos artificiales del paisaje introducidos por las actividades antrópicas. En las cotas inferiores de las laderas alrededor del núcleo de población de Ansó, la carencia del arbolado a causa de la intensa deforestación, es otra expresión de la intervención humana. Las naves ganaderas son consecuencia de las actividades humanas que han cambiado el paisaje.

Las numerosas pistas forestales y las trochas para la explotación forestal, son también componentes negativos introducidos en el paisaje, sin embargo el conjunto de todo lo descrito forma, a lo largo del valle, panoramas paisajísticas de interés indudable.

Valle del Aragón Subordán

Los constituyentes del medio natural y la presencia humana, igual que en el valle del Veral, son responsables de la variedad paisajística encontrada. En el norte del valle se alcanzan altitudes por encima de los 2.200 metros como la Peña Forca (2.391 m), el Visaurín (2.676 m) o el Agüerri (2.449 m). Las unidades morfoestructurales son más variadas puesto que además de las calizas de las Sierras Interiores que contrastan con el flysch eoceno, la vertiente septentrional del valle se encuentra en el Pirineo Axial, que pertenece al término municipal de Ansó.

La vegetación es un componente del medio natural que contribuye al paisaje, y que se encuentra en distintas condiciones. Al sur del área de estudio, en la frontera con el municipio de Puente la reina de Jaca, destacan las laderas deforestadas, algunas de las cuales se utilizan como zonas de pastoreo. A partir del barranco de Paco Fraga aparecen bosques mixtos de pino silvestre y quejigo de gran calidad. El mismo panorama se encuentra en los barrancos de Ardenes y Sueña. Entre el barranco de Baños y el núcleo de Hecho también aparece un bosque denso de pino silvestre que contrasta con los prados irrigados en el fondo del valle de esta zona.

Figura 2.4 La Boca del Infierno en el valle de Hecho



Después del núcleo de Hecho, hay varias formaciones vegetales que no se consideran de especial valor. Predomina la monotonía de las sierras del flysch, donde se ubican masas forestales desarboladas combinadas con matorrales y pinar silvestre. En mayores altitudes se encuentran pinares bastantes densos, y al fondo del valle destaca la ocupación agrícola forrajera.

Hacia el norte del valle se localizan paisajes de mayor calidad, con la predominancia de bosques húmedos atlánticos asociados con prados en el fondo del valle. Los contrastes topofiguras y la confluencia del Flysch eoceno con las Sierras Interiores, se interrelacionan con la vegetación produciendo paisajes muy atractivos. El encajamiento del río en los sustratos calcáreos de las Sierras Inferiores, provoca la aparición de una extraordinaria foz, conocida como La Boca del Infierno (Figura 2.3). En la cabecera del río Aragón Subordán, donde se encuentra la Selva de Oza, el paisaje formado es muy atractivo. En esta zona se manifiestan variedades de todos los elementos del medio físico: contrastes litológicos debido a la confluencia de las Sierras Interiores con el Pirineo Axial; diversidad de las formaciones vegetativas, constituidas por hayas, abetos, pino silvestre y pino negro; prados antrópicos al fondo del valle; y pastizales subalpinos en las cotas superiores. El paisaje maravilloso no ha podido escapar a la sobreexplotación forestal y en consecuencia a la apertura de vías de saca de madera, originando su degradación en ciertas partes.

Como en el valle del Veral, la intervención humana se refleja en elementos como la carretera de Hecho, el núcleo de población, también de gran valor arquitectónico, las naves ganaderas situadas fuera del núcleo y discordante con el entorno, y las pistas forestales. La serrería de Hecho es otro elemento antrópico, de carácter singular, que se añade al paisaje. La ausencia de instalaciones industriales es un aspecto destacable en los valles de los dos ríos principales.

2.2 Estructura demográfica

2.2.1 Distribución de la población

Los municipios de Ansó y Hecho ocupan una gran superficie del territorio comarcal, pero solo tienen un 9 por cien de la población de la comarca. El cuadro 2.3 muestra la distribución de la población por municipios. La población varía entre los 33 habitantes de Fago y los 10.840 habitantes de Jaca, destacando la fuerte concentración en la capital de la comarca.

Cuadro 2.3 Distribución de población por municipio y densidad de población

<i>Municipio</i>	<i>Superficie (en km²)</i>	<i>No. de habitantes</i>	<i>Densidad de población</i>
Aisa	81	403	4,98
Ansó	223,1	533	2,39
Aragüés del Puerto	64,4	132	2,05
Artieda	13,6	106	7,79
Bailo	164,4	298	1,81
Borau	41,7	75	1,80
Canal de Berdún	133,3	428	3,21
Canfranc	71,6	538	7,51
Castiello de Jaca	17,3	182	10,52
Fago	28,8	33	1,15
Jaca	406,3	11.591	28,53
Jasa	8,9	123	13,82
Mianos	14,8	47	3,18
Puente la Reina de Jaca	48,1	258	5,36
Santa Cilia de Jaca	28,1	177	6,30
Santa Cruz de la Serós	27	145	5,37
Salvatierra de Esca	81,2	276	3,40
Sigues	101,8	188	1,85
Hecho	234,4	994	4,24
Villanúa	58,2	349	6,00
Comarca de <i>Jacetania</i>	1.857,9	16.876	9,08
<i>Huesca</i>	15.636,2	205.955	13,17
<i>Aragón</i>	47.719	1.199.753	25,14

Fuente: IAE 2000

Los municipios de Ansó y Hecho ocupan una gran superficie del territorio comarcal, pero solo tienen un 9 por cien de la población de la comarca. El cuadro 2.3 muestra la distribución de la población por municipios. La población varía entre los 33 habitantes de Fago y los 10.840 habitantes de Jaca, destacando la fuerte concentración en la capital de la comarca.

La densidad de población varía entre 1,2 hab/km² y 28 hab/km² con un promedio de 9,1 hab/km². Muchos municipios excepto la capital, se caracterizan por la baja densidad de población como consecuencia del despoblamiento. La densidad media de la comarca es mucho menor que la densidad de la provincia (13,14 hab/km²) y de la Comunidad Autónoma (25 hab/km²), ya de por sí bajas.

2.2.2 Evolución de la población

El cuadro 2.4 muestra la dinámica de la población del área del estudio, de Huesca y de Aragón, entre 1900 y 2001. En los dos municipios, se observa el fenómeno de la disminución continua y acentuada de la población durante el siglo pasado. Ansó ha perdido el 65 por cien de la población, mientras que Hecho ha perdido el 66 por cien. La provincia de Huesca muestra también una tendencia descendente (19 por cien) mientras que en todo Aragón ha habido un crecimiento de población, que se ha concentrado en Zaragoza capital.

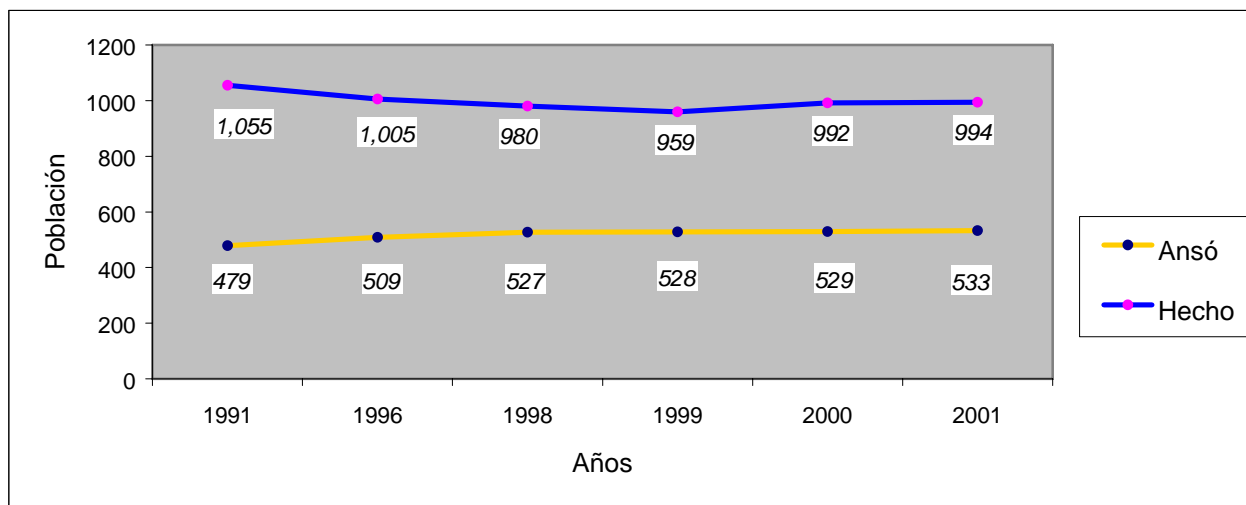
La disminución de población en Ansó y Hecho se explica por la emigración, dirigida a la capital de la comarca, o hacia otras ciudades como consecuencia del desarrollo industrial a lo largo del siglo pasado, y en especial de los años sesenta y setenta, y por las duras condiciones de vida en los pueblos de la comarca. Este fenómeno de despoblación es un problema territorial grave, ya que amenaza la conservación de los recursos naturales de la zona por la degradación del medio como consecuencia del abandono de las actividades tradicionales. Las medidas de política de desarrollo rural en la zona, deben estar dirigidas con carácter prioritario al mantenimiento de la población. La situación de despoblamiento ha mejorado algo en los últimos diez años, en los que se ha frenado la pérdida de población (Figura 2.5).

Cuadro 2.4 Dinámica de población

	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1981	1991	2001	% 2001/1900
Ansó	1.549	1.474	1.226	1.240	1.202	1.010	835	707	548	479	533	-65,6
Hecho	2.935	2.701	2.504	2.328	2.089	1.929	1.761	1.369	1.143	1.055	994	-66,1
Jaca	9.132	9.376	9.404	10.578	9.801	10.789	10.430	10.051	11.076	10.840	11.591	126,9
Huesca	255.270	264.148	265.603	257.459	247.135	237.681	234.041	221.761	214.907	207.810	205.955	-19,2
Aragón	928.247	979.557	1.028.255	1.051.023	1.067.274	1.090.343	1.098.887	1.153.055	1.196.952	1.188.817	1.199.753	29,2

Fuente: IAE 2002

Figura 2.5 Evolución de la población entre 1991 y 2001



La tendencia de estabilización de la población se aprecia también en el saldo migratorio de población entre los años 1988 y 1995 para ambos municipios (Cuadro 2.5).

2.2.3 Estructura de población por grupos de edad

La configuración de las pirámides de población para ambos municipios, del área de estudio, permite analizar la estructura demográfica según el sexo y la edad. La distribución de población según el sexo es más o menos equilibrada en Ansó, donde el 49,8 por cien de la población total son varones y el 50,2 por cien son mujeres, mientras que en el municipio de Hecho destaca el predominio de la población masculina. Los varones en Hecho representan el 52,4 por cien y las mujeres el 47,6 por cien del total.

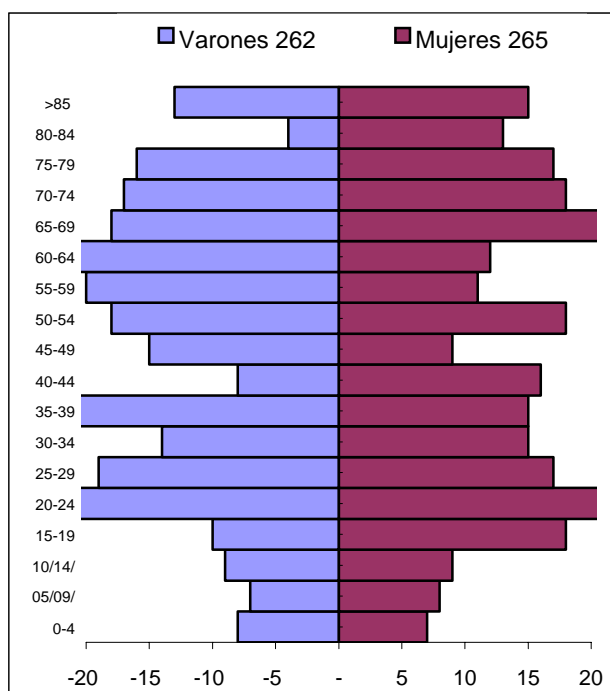
Cuadro 2.5 Saldo migratorio

Municipios	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Ansó	-14	8	-1	8	7	3	10	6
Hecho	26	-4	6	0	8	9	-2	1

Fuente: IAE 1995

Figura 2.6

Pirámide de población de Ansó 1998



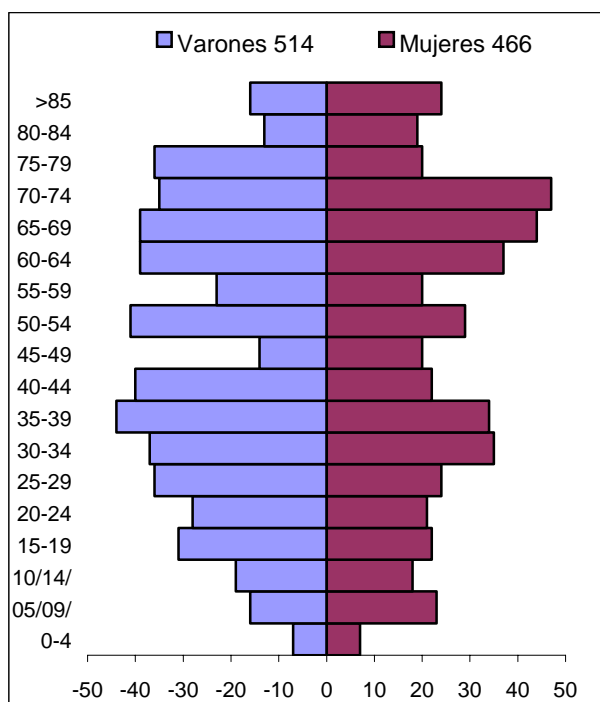
Cuadro 2.6

Población por grupos quinquenales de edad y sexo 1998 (Ansó)

Grupos de edad	Total	Hombres	Mujeres
0-4	15	8	7
5-9	15	7	8
10-14	18	9	9
15-19	28	10	18
20-24	43	21	22
25-29	36	19	17
30-34	29	14	15
35-39	38	23	15
40-44	24	8	16
45-49	24	15	9
50-54	36	18	18
55-59	31	20	11
60-64	34	22	12
65-69	43	18	25
70-74	35	17	18
75-79	33	16	17
80-84	17	4	13
85 y +	28	13	15
Total	527	262	265

Figura 2.7

Pirámide de población de Hecho 1998



Cuadro 2.7

Población por grupos quinquenales de edad y sexo 1998 (Hecho)

Grupos de edad	Total	Hombres	Mujeres
0-4	14	7	7
5-9	39	16	23
10-14	37	19	18
15-19	53	31	22
20-24	49	28	21
25-29	60	36	24
30-34	72	37	35
35-39	78	44	34
40-44	62	40	22
45-49	34	14	20
50-54	70	41	29
55-59	43	23	20
60-64	76	39	37
65-69	83	39	44
70-74	82	35	47
75-79	56	36	20
80-84	32	13	19
85 y +	40	16	24
Total	980	514	466

Fuente: IAE 1998

Cuadro 2.8 Movimiento natural de la población 1981-1997

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Ansó	-9,1	-14,1	-6,9	-8,8	-17,5	-5,5	-1,8	-11	-1,9	-20,4	-18,8	-6	-17,8	-24	-0,6	-1,8	-2,2
Hecho	10,5	-2,6	-11,5	-3,5	0	-0,9	5,6	-1,9	0,0	-5,6	-5,7	-3,9	-4,8	-2,9	-0,3	-0,2	-0,6
Huesca	2,2	2,5	-0,1	-0,5	-1	-1,1	-1,4	-2	-2	-2,1	-2,3	-1,4	-3	-2,9	-0,2	-0,4	-0,4
Aragón	3,1	2,8	1,2	0,8	0,2	-0,2	-0,2	-0,5	-1,1	-1,5	-1,8	-1,2	-2,1	-2	-0,1	-0,3	-0,3

Fuente: IAE 1997

Las pirámides de población reflejan una estructura demográfica envejecida. En ambos municipios, la población menor de 15 años solo alcanza el 9,1 por cien y la mayor de 60 años es el 36 por cien en Ansó y el 37,7 por cien en Hecho. La inversión de la pirámide de población por edades es común en las zonas rurales, como consecuencia del éxodo rural. El cuadro 2.8 muestra la tendencia decreciente del movimiento natural de la población, entre los años 1981 y 1997. Esta tendencia se explica por el envejecimiento de la población y por la emigración de la población más joven.

2.2.4. Nivel de formación de la población

El cuadro 2.9 muestra que la población analfabeta y sin estudios es algo menor en Ansó y Hecho que en el conjunto de Aragón. En ambos pueblos hay un mayor porcentaje de población con estudios primarios y un menor porcentaje de población con estudios secundarios o superiores que en el resto de Aragón. En Hecho se da un elevado porcentaje de estudios primarios (65 por cien) y un porcentaje muy bajo de estudios superiores (2,7 por cien). En consecuencia se detecta en ambos pueblos una necesidad de mayor formación de la población que favorezca la capacidad de emprender actividades que permitan en desarrollo más equilibrado de la zona de estudio.

Cuadro 2.9 Nivel de estudios de la población mayor que diez años

	Analfabetos		Sin estudios		Educación primaria		Educación secundaria		Educación superior		Total
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	
Ansó	3	0,7	76	16,7	217	47,6	127	27,8	33	7,2	456
Hecho	1	0,1	76	7,9	620	64,6	237	24,7	26	2,7	960
Jacetania	158	1,1	2.470	17,0	6.064	41,8	4.637	31,9	1.189	8,2	14.518
Huesca	3.303	1,7	37.724	19,5	81.862	42,2	57.580	29,7	13.411	6,9	193.880
Aragón	19.837	1,8	1.86.179	17,3	430.803	40	359.130	33,4	80.776	7,5	1.076.725

Fuente: IAE 1991

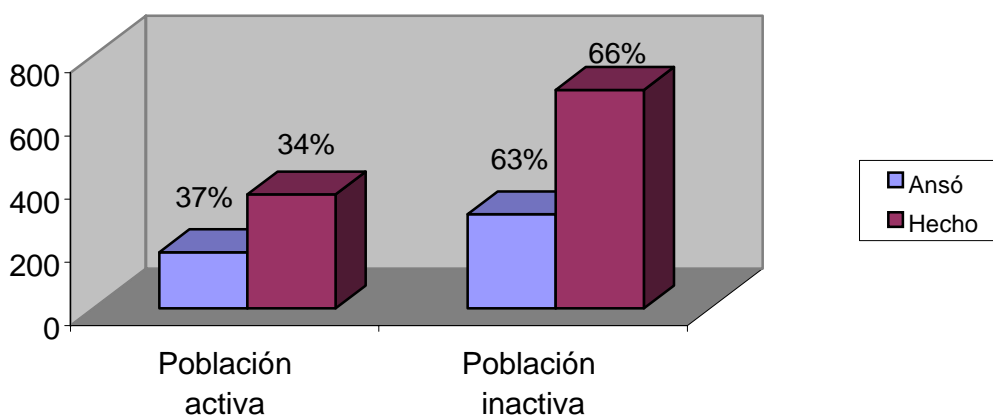
2.2.5 Población activa

El desarrollo de las actividades económicas está condicionado por la relación de población activa e inactiva. En los dos municipios el porcentaje de activos es bajo, el 37 y el 34 por cien respectivamente en Ansó y Hecho, e inferior a la comarca y la Comunidad Autónoma. La figura 2.8 muestra el predominio de la población inactiva sobre la activa.

La población económicamente activa está en su mayor parte ocupada (91 por cien). En Ansó los principales grupos de población inactiva son los jubilados (33 por cien), estudiantes (29 por cien) y las personas dedicadas a labores del hogar (22 por cien), mientras que en Hecho los principales grupos de inactivos son las personas dedicadas a las labores de hogar (34 por cien), estudiantes (26 por cien) y jubilados (24 por cien).

El cuadro 2.10 muestra la ocupación de la población activa por actividad económica. El principal sector es el de servicios, aunque su importancia relativa es inferior al conjunto de Aragón, y el segundo sector es el agrario con una importancia relativa muy superior al conjunto de Aragón. En el sector servicio trabaja una población más joven que en los otros sectores económicos. El mayor porcentaje de población activa que se dedica a la agricultura se explica por el predominio de población envejecida que se dedica a este sector, cuya importancia va disminuyendo con el paso del tiempo.

Figura 2.8 Proporción de la población activa/inactiva



Fuente: IAE, Censo de población 1991

Cuadro 2.10 Distribución de la población según sectores

	Agricultura	Industria	Construcción	Servicios	Total
Ansó	45	35	22	60	162
Hecho	85	80	68	108	341
Jacetania	748	875	775	3.415	5.813
Huesca	14.596	15.058	8.540	3.874	74.068
Aragón	47.746	117.611	38.865	205.224	409.446

Fuente: IAE 1991

El cuadro 2.11 muestra la acentuada especialización productiva de la zona en las actividades madereras y turísticas, ya que la zona cuenta con abundantes recursos forestales y paisajísticos.

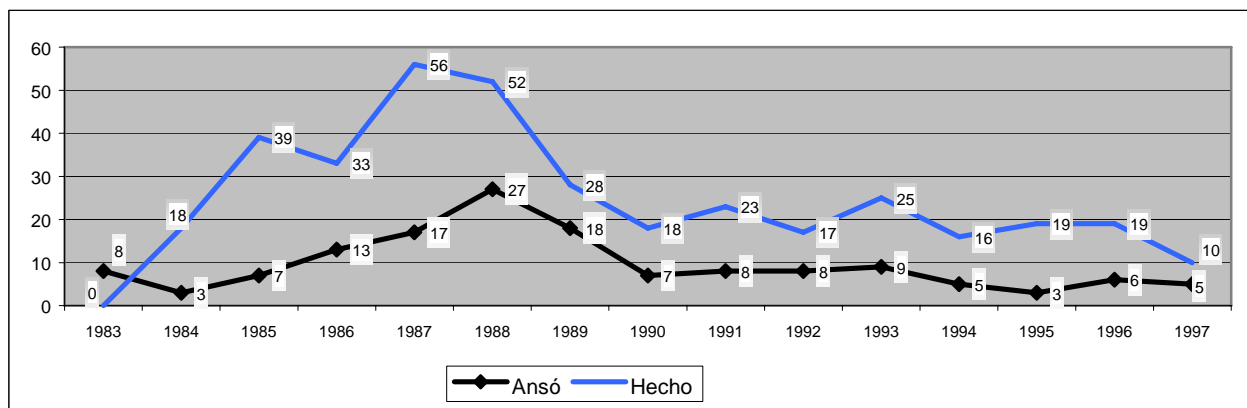
Cuadro 2.11 Distribución de la población según ramas productivas

Municipios	Agricultura	Alimentación bebida, tabaco	Madera y corcho	Ind.química y otros prod minerales	Resto industrias	Construcción	Comercio, rep.vehic.	Hostelería	Transporte, comunic. almacenim.	Administración publica	Resto de servicios
Ansó	45	6	24	0	5	22	13	10	6	6	25
Hecho	85	7	29	9	45	68	12	34	10	22	30

Fuente: IAE 1991

El porcentaje de paro en la zona es similar al de la comarca y Aragón durante los años 1983 a 1997. Entre 1983 y 1988, los municipios experimentan un fuerte aumento del paro, que posteriormente disminuye (Figura 2.9).

Figura 2.9 Evolución de la población parada durante los años 1983 a 1997



Fuente: IAE 2002

2.3 Estructura económica

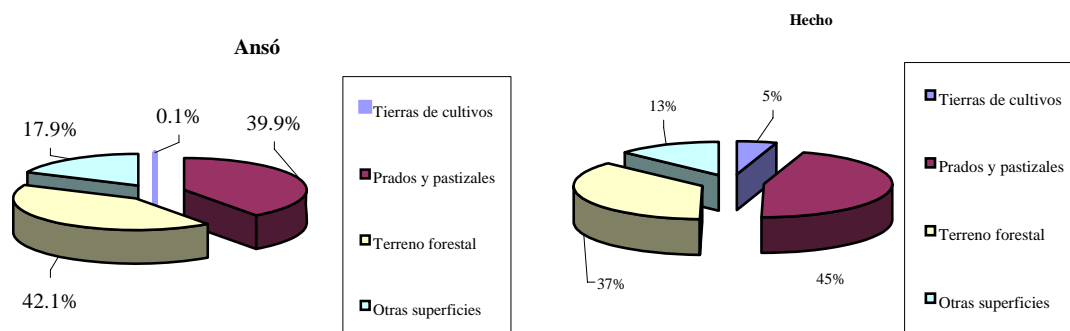
2.3.1 Sector primario

Agricultura y uso de suelo

De los datos del IAE del año 2000 sobre la distribución de tierras, se deduce que la actividad agrícola no tiene mucha importancia en la zona. En Ansó la superficie dedicada a la agricultura ocupa el 0,1 por cien del total municipal, y en Hecho no supera el 5 por cien. La mayor parte de la superficie en Ansó y Hecho es forestal, en torno al 40 por cien (Figura 2.10), debido a sus características climatológicas y de zona de montaña. También destaca la elevada contribución de las superficies de prados y pastizales que son del orden de 39,9 y el 45 por cien, respectivamente, en Ansó y Hecho. El uso agrícola del área de estudio es muy inferior al de la comarca (13 por cien) y al de Aragón (37,6 por cien), mientras que el uso forestal del área es similar al comarcal (43,4 por cien) y se aproxima al nacional (51,4 por cien).

Los datos del cuadro 2.12 sobre superficie cultivada, confirman la débil actividad agrícola de la zona. La agricultura sirve principalmente de apoyo a la actividad ganadera. En el municipio de Ansó la única actividad agrícola es el cultivo de forrajes en regadío, mientras que en Hecho se distinguen varias actividades. En Hecho la superficie destinada a cultivos en regadío es el 58,6 por cien de la superficie cultivada, y los cultivos principales son los forrajes, que ocupan el 62 por cien del total y los cereales que ocupan el 29 por cien de la superficie cultivada. De la superficie cultivada en secano los cereales ocupan el 80 por cien y los forrajes el 17 por cien. Los principales cereales son cebada (65,8 por cien) y maíz. Las hortalizas y los frutales se cultivan para el autoconsumo.

Figura 2.10 Distribución de tierras



Fuente: IAE 2000

Cuadro 2.12 Distribución de la superficie de cultivos en secano y regadío

	Ansó			Hecho		
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	Total
<i>Herbáceos</i>			11	40	54	94
Cereales				33	17	50
Forrajes		11	11	7	36	43
Hortalizas					1	1
<i>Leñosos</i>				1	4	5
Frutales					4	4
Viñedo				1		1
Total cultivos		11	11	41	58	99

Fuente: IAE,2000

Tamaño de las explotaciones agrarias y régimen de tenencia

La característica principal de la estructura de propiedad, es el pequeño tamaño de las explotaciones. El cuadro 2.13 muestra que en ambos municipios la mayoría de las explotaciones, el 85 por cien en Ansó y el 80 por cien en Hecho, tienen una superficie inferior a 10 ha. Entre ellos las explotaciones entre 0,1 y 5 ha son las más abundantes, lo que supone una dimensión muy pequeña.

En cuanto al régimen de tenencia, predomina la propiedad (99%) y el resto es arrendamiento. El sistema de propiedad de pequeñas explotaciones es consecuencia del régimen de herencia de la zona (Cuadro 2.14)

Cuadro 2.13 Explotaciones agrarias según la superficie

	0,1-5 ha	5-10 ha	10-20 ha	20-50 ha	> 50 ha	Explotaciones con tierras
Ansó	13	4	1	0	2	20
Hecho	88	64	34	4	1	191

Fuente: Estudio socioeconómico de la Mancomunidad de los Valles, Fago, Aísa y Borau

Cuadro 2.14 Régimen de tenencia

	Propiedad	Arrendamiento	Aparcería	Otros	Superficie explotación
Ansó	25708	18	0	0	25726
Hecho	22136	151	0	0	22287

Fuente: Estudio socioeconómico de la Mancomunidad de los Valles, Fago, Aisa y Borau

Ganadería

La actividad ganadera es una actividad importante para la economía de la zona de estudio. Tradicionalmente ha sido la ocupación principal y la primera fuente de ingresos para la población, pero en los últimos años su importancia ha ido disminuyendo. El cuadro 2.15 muestra la situación de la ganadería donde destaca la dedicación a vacuno de carne, ovino y caprino y algo de porcino. La explotación de las especies de bovino y ovino utiliza en su mayoría la trashumancia combinada con el cultivo de cereales.

En Ansó, el 65 por cien de las explotaciones son de ganado vacuno y el resto de ovino y caprino, mientras que en Hecho el ganado vacuno de carne constituye el 53 por cien de las explotaciones, el ovino y caprino el 28 por cien, y el porcino el 19 por cien. En el ámbito comarcal la mayor contribución, el 46 por cien, corresponde a explotaciones de ovino y caprino seguido por las explotaciones porcinas con el 35 por cien, y las bovinas con el 19 por cien.

En ganado vacuno, la actividad más importante es el engorde de terneras. Las vacas son de raza Parda y Pirenaica, y algunas veces se aplica el cruce con la raza Charolés. Las dos primeras se caracterizan por una mayor rusticidad y adaptación al medio, pero la raza pirenaica es de mayor rendimiento y calidad. Para la producción lechera se han utilizado vacas de raza Frisona. La raza de ganado ovino adaptada a las influencias ambientales es la ansotana, pero en los últimos años se cruza con la raza aragonesa para mejorar la producción de carne.

El sistema de alimentación del ganado es la trashumancia como técnica que permite utilizar pastos. Durante el invierno el ganado ovino se traslada al norte de la provincia de Zaragoza mientras que en verano trashuma a los pastos de mayor altitud llamados puertos de verano. Antes de pasar a los puertos altos, el ganado ovino pasta en zonas de pastoreo mixto con el ganado mayor.

Cuadro 2.15 Numero de plazas y explotaciones ganaderas

	Porcino			Bovino				Ovino y Caprino			
	Plazas		Explot.	Plazas			Explot.	Plazas			Explot.
	cerdas reprod.	cerdos cebo		ordeño	no ordeño	cebo		ovejas	cabras	corderos cebos	
Ansó	0	0	0	0	329	12	9	8.111	211	689	17
Hecho	42	14	15	0	1.391	0	40	7.034	382	672	21

Fuente: IAE 2000

La misma ruta se sigue para la trashumancia del vacuno, es decir pastorean en la misma superficie con el ovino durante un período corto y en verano se separan cada uno en puertos de su municipio. Los puertos de verano para las vacas corresponden a zonas de menor altitud. La calidad de los puertos de verano se estima según la carga ganadera que soportan. En ambos municipios se aprecia una fuerte carga ganadera de vacuno en la mayoría de los puertos, mientras que la carga de ovino en los puertos es elevada solo en algunos lugares. La trashumancia del ganado vacuno a los puertos aprovecha a las pistas forestales, mientras que el ovino sufre la escasez de infraestructuras debido a las altitudes de los puertos.

Últimamente se está sustituyendo la trashumancia por la ganadería estante. La implantación de estabulaciones invernales de ganado vacuno próximas a los pueblos, como en el caso del polígono ganadero de Hecho, la dedicación a los cultivos forrajeros y prados de siega y el aumento de la carga ganadera en los puertos de vacuno en los fondos de los valles reflejan la mencionada propensión.

Aprovechamiento forestal

El bosque es un recurso natural de vital importancia que contribuye al desarrollo económico y que proporciona servicios medioambientales cada vez más demandadas por la sociedad. Las múltiples funciones y el amplio rango de productos y servicios que aporta el bosque dependen del tipo de gestión que debe orientarse al desarrollo sostenible y la conservación del medio natural. La importancia de los productos o servicios de mercado viene dada por los ingresos obtenidos. Últimamente se está reconsiderando la importancia de los servicios medioambientales.

En este apartado se describe en detalle la gestión de los montes de la zona y la obtención de *madera* que es el bien comercializable proporcionado tradicionalmente por el bosque. La base de la información ha sido la quinta revisión de la Ordenación del Grupo de Montes de Ansó-Fago (2001), y el estudio del Instituto Pirenaico de Ecología (1995).

La zona de estudio dispone de abundantes recursos forestales. El porcentaje de superficie forestal, incluyendo prados y pastizales, se sitúa por encima del 80 por cien en ambos municipios. En el área de estudio se encuentran montes enteramente arbolados o muy poco arbolados. Las zonas altas están desarboladas y se utilizan para pastos. La parte media y baja de los valles, y los alrededores de los núcleos de población también suelen estar desarbolados. La superficie arbolada varía entre el 17,3 por cien (la menor) en Hecho y el 100 por cien entorno a la Foz de Escaurri y Archibu en Ansó, o entorno a la Boca del Infierno en Hecho. Al norte de las sierras interiores en Ansó, y al sur de ellas la superficie arbolada oscila entre el 90 y el 99 por cien.

La estructura de la propiedad es un factor importante que influye en la gestión y la explotación del bosque. La mayoría de los montes del área están catalogados como *Montes de Utilidad Pública* (MUP) y se someten a la intervención directa de la Administración Forestal. La utilidad pública implica la adscripción del patrimonio rústico a un conjunto de individuos. Los valores de la propiedad pública, el 99 por cien en la mancomunidad de Ansó-Fago y en Hecho-Urdues de la superficie total, son las mayores de la comarca. En ambos mancomunidades se practica la gestión conjunta de los bosques por parte de los ayuntamientos que reparten los beneficios en función de proporciones constantes. La declaración de los MUP se hizo principalmente con el objetivo de proteger las funciones ambientales que cumplen los bosques como el hábitat, paisaje, regulación del ciclo del agua, fijación del suelo y protección contra la erosión.

Gestión forestal de los montes ordenados

Los proyectos de ordenación de montes constituyen el marco básico legislativo de la gestión y explotación de los bosques. Su elaboración para los montes del área de estudio empezó en el siglo pasado. Casi todos los montes de la zona disponen de proyectos de ordenación debido a su carácter público. Los proyectos de ordenación permiten detener la deforestación de los bosques por las

acciones humanas. La intervención del hombre consistía en la quema de bosques para la introducción del ganado. El proceso de deforestación alcanzó su máximo en el siglo XVII, debido a la expansión demográfica y a la estructura económica. Puesto que la base de la economía era la ganadería, y su sistema principal de alimentación era trashumante, el proceso de deforestación dependía de los aprovechamientos ganaderos. La propiedad comunal de pastos, bosques y matorrales ha sido siempre predominante, en consecuencia las decisiones de su uso eran públicas, es decir entre los vecinos que compartían las tierras.

En la Edad Media y Moderna la ocupación principal de los habitantes era también la ganadería, sin embargo se aprovechaban otros productos del bosque como la leña para el uso doméstico, o la roturación con fines agrarios. Estos aprovechamientos han aumentado desde entonces. Durante el siglo XVIII la utilización principal del territorio seguía siendo el ganadero como actividad principal generadora de renta, pero se consolidó también la explotación forestal, orientada principalmente a proveer material de construcción, como otra fuente de la producción de la renta. La corta de la madera era más intensa en la zona de estudio y Aragües, que eran los montes más poblados y productivos de Aragón. Se explotaron especialmente los abetos, utilizando el método de la tala selectiva, proceso que causó el cambio de la estructura arbórea: de abetales con haya a hayedos con abeto. El sistema tradicional de explotación ejercía una presión sobre el bosque: ganadería, recogida de leñas, roturación para cultivos, y material de construcción civil y militar.

Las medidas administrativas del siglo XIX, tuvieron gran peso en la gestión de los montes y en la estructura de la propiedad; se empezó a distinguir entre bienes comunes y de propios, y se sentaron las bases del concepto de MUP. El cambio del sistema de gestión y la introducción de las prácticas selvícolas de explotación ordenada dieron lugar a una intensificación y regulación de los aprovechamientos forestales, convirtiéndose el sector forestal en fuente inmediata de renta económica. Los ayuntamientos empezaron a controlar la explotación de los vecinos de los pueblos, para sacar el máximo beneficio económico teniendo en cuenta su persistencia y mejora. La configuración de las primeras *Instrucciones* (1924) sobre los aprovechamientos forestales dio lugar a la explotación ordenada del bosque en función de su posibilidad, accesibilidad y rentabilidad económica. Las zonas con más accesibilidad eran las primeras en explotarse, ya que los costes de transporte condicionaban la rentabilidad económica.

A finales del siglo diecinueve, se realizaron los primeros estudios de reconocimiento de los montes de Ansó y de Fago, pero el proyecto de ordenación de montes se inició en 1918 y fue aprobado en 1926. En los montes de Hecho, el proyecto de ordenación empezó años más tarde, en 1921, y se aprobó en 1927 cuando ya se habían aprobado las *Instrucciones* de 1924 que conferían la tutela de la administración pública sobre los montes de utilidad pública. Con la aprobación de los proyectos empezaron a ganar importancia las cuestiones selvícolas, de tratamiento y método de gestión.

Se prestó una gran atención al método de corta adoptado. El método del aclareo sucesivo uniforme, es decir la corta de toda la masa arbórea al final del turno de transformación, era el método más utilizado antes de la aprobación de proyectos, pero los resultados no satisfactorios de esa estrategia llevaron al uso del método de entresaca o tala selectiva. En los años cincuenta en Ansó y los sesenta en Hecho se abandona el método de la tala selectiva, y las cortas por aclareo sucesivo vuelven a ser el método preferente.

El proyecto de ordenación para el valle de Ansó-Fago tuvo un plazo de vigencia de diez años desde 1928 a 1938, pero permaneció en vigor hasta 1942. Aunque el aprovechamiento forestal era substancial, los aprovechamientos ganaderos eran más importantes. Al mismo tiempo se preservaban los derechos comunales que tenían los habitantes sobre los montes que pudieran interferir con la explotación maderera. El responsable de la ejecución del proyecto era el ayuntamiento pero en 1933 la responsabilidad se transfirió a la sociedad industrias forestales de Ansó.

En relación con el método de corta y la formación de cuarteles el proyecto siguió doble criterio: al norte del valle y en el sector medio poblado por el haya, se formaron cuarteles de reducida dimensión de entre 250 y 300 has, practicando en ellos el método de entresaca y la *ordenación intensa*; mientras que en las zonas de pinar, por la menor densidad y posibles problemas de erosión, se constituyeron cuarteles mayores de aprovechamientos *menos intensivos*. El método de aclareo sucesivo, aplicado hasta entonces, no se consideraba adecuado debido a los problemas de la degradación rápida del suelo y los problemas de regeneración. En el proyecto se adoptaron nuevos criterios básicos como la división en rodales y el cálculo riguroso de la posibilidad maderera.

El proyecto de ordenación para los montes del valle de Hecho era más simple y menos cuidadosa que el de Ansó-Fago debido a las facilidades que se daban a los ayuntamientos, según las Instrucciones de 1924, para acometer las ordenaciones simplificando el proyecto y asegurando un rápido beneficio. Se optó para evitar la división en secciones y cuarteles aunque se adoptó el método de entresaca; se argumentó la elección de especies, preferentemente pino y el recelo ante el papel invasor del haya, y se hizo patente una mayor cesión de los requerimientos del mercado en cuanto al diámetro mínimo del árbol para su aprovechamiento.

Las revisiones periódicas de la aplicación de los proyectos de ordenación, normalmente de diez o doce años, son la forma de controlar la ejecución y de corregir las posibles deficiencias identificadas. En la práctica, la aprobación de las revisiones sucesivas se ha retrasado mediante prórrogas de los estudios anteriores debido a la falta de medios técnicos y de personal para realizarlas. En los montes de Ansó-Fago se han desarrollado cinco revisiones, aprobadas las tres primeras respectivamente en 1943, 1959 y 1972. La cuarta revisión se redactó definitivamente en 1990 pero no fue aprobada mientras que la quinta se aprobó en 2001. En los montes de Hecho se han desarrollado seis revisiones aprobados respectivamente en 1945, 1952, 1961, 1971 y la quinta en 1990, que sigue siendo vigente hasta que se apruebe la última revisión.

La primera revisión de los montes de Ansó-Fago mantuvo el método de entresaca y la división dasocrática practicada en el proyecto de ordenación. Los resultados no satisfactorios de este método adelantaron la segunda revisión, cuyas críticas principales eran el influjo negativo del paso del ganado por el bosque y la aplicación del método de entresaca. La insuficiencia de espaciamiento y de la luz para la regeneración eran los argumentos que apoyaron la crítica de entresaca y la propuesta de aplicar el método del aclareo sucesivo. Una tala selectiva regularizada se consideró como posibilidad de poder eliminar el ganado, pero este método se mantuvo solo en un cuartel.

El método de corta de entresaca en un cuartel y el aclareo sucesivo en el resto aplicado correspondían al método de ordenación por tramos permanentes, pero en la última revisión se ha pasado al método de ordenación del Tramo Móvil, que permite mayor elasticidad en cuanto a la formación del tramo de regeneración y mayor espacio de tiempo para la regeneración, lo que permite a su vez el tratamiento de varias especies en un mismo cantón y con edades de madurez distintas.

Figura 2.11 Masa de pino silvestre después de cortas diseminatorias en el valle de Hecho



El aclareo sucesivo pasa por tres fases: las *cortas preparatorias* que se hacen antes que los cantones entren en destino, las *diseminatorias* que son las cortas más intensas y que afectan a más que 50 por cien de la masa inicial, dejando solo los árboles padre para asegurar la regeneración de la masa, y las *cortas finales* que se aplican sobre los ejemplares dejado para la regeneración (Figura 2.11). Si el eliminar los padres presenta problemas para la masa, los padres no se cortan obteniendo así una masa semirregular.

En masas de pino silvestre las cortas se realizan en menor número y mayor intensidad que en las del abeto y el haya. En los pinares de zonas solana se aplican las cortas por el aclareo sucesivo y uniforme, mientras que en los pinares de zonas de umbría se aplican las cortas por bosquetes (Figura 2.12). Las primeras cortas afectan a toda la superficie en regeneración, mientras que las cortas por bosquetes inician en bosquetes o superficies pequeñas cortando desde el centro hacia los extremos para favorecer la regeneración en el inferior.

Figura 2.12 Aclareo sucesivo por rodales en pino silvestre en valle de Hecho



La última revisión, que tiene un plan de vigencia de 15 años, tuvo en cuenta los acuerdos internacionales sobre la gestión forestal que se traduce en ciertas limitaciones respecto a los aprovechamientos maderables. Los criterios de las limitaciones propuestas se relacionan a la existencia de una ZEPA (al norte) que a su vez es asiento de una Reserva de Caza, a la protección y conservación de varias especies con interés de fauna y flora - el Oso Pardo, el Pico Dorsiblanco, el Pito Negro y el Urugallo - es decir a la riqueza de la biodiversidad de la zona, a cuestiones fisiográficas y de erosión, al valor natural y paisajístico. Las restricciones establecidas para los aprovechamientos parten de la consideración de los usos actuales y los posibles en el futuro e indican la concienciación sobre las múltiples funciones que cumple el bosque. Eso señala el inicio de una nueva etapa de gestión del bosque en la cual se concede importancia tanto a la explotación forestal como a la conservación del medio natural, haciendo hincapié en la protección de la biodiversidad.

La primera revisión de los montes de valle de Hecho de 1941 identificó varias deficiencias, y como consecuencia el proyecto se modificó sustancialmente. En todas las revisiones sucesivas se identificaron muchos problemas de la aplicación del proyecto de ordenación y se propusieron las medidas correctoras. Conviene resaltar el cambio de la actitud frente al haya en la tercera revisión: donde presentaba mejor porte se valoraba en su tendencia invasora por proporcionar madera de valor creciente, y donde presentaba porte defectuoso se apreciaba por desempeñar un papel fertilizante; a pesar de ello las cortas se orientaban a la puesta en luz, que permitiera la regeneración del pino. La cuarta revisión produjo cambios en cuanto al método de corta. Al norte del valle, poblado del haya y abetos, se mantuvo la entresaca, mientras que al sur, poblado por pinar, se adoptó el método del aclareo sucesivo con el fin de buscar el mayor rendimiento económico (De la Riva 1997).

En la década de los setenta la preocupación creciente sobre el estado de los bosques llevó a la aprobación de nuevas *Instrucciones* para la ordenación de montes, cuyos principios básicos eran la flexibilidad, para modificar los planteamientos de los proyectos iniciales, la simplificación, para aligerar la redacción de las ordenaciones, y la elasticidad para otorgar al gestor mayor autonomía en la aplicación. Según las nuevas instrucciones deberían tenerse en cuenta no sólo los factores internos, la densidad, la productividad y la accesibilidad de la masa forestal sino también los factores externos como las exigencias del mercado y los medios técnicos disponibles para la explotación. Al dar una mayor importancia a la productividad, se apoyó el método de aclareo sucesivo para las masas de pinar y el método de entresaca para las masas de haya. En cuanto a la elección de especies, se decidió mantener como principal aquella que viniera siéndolo con anterioridad. Se distinguieron también las prácticas selvícolas para los montes orientados a la conservación, y las prácticas para montes orientados a la productividad.

Características de los montes ordenados y aprovechamientos madereros

La mayoría de los montes de la zona de estudio, están entre los más productivos y de mayores dimensiones de la comarca, y se han sometido a proyectos de ordenación y a revisiones sucesivas. Los proyectos de ordenación son de los más antiguos de la comarca. Las especies que han sido objeto de ordenación son principalmente el pino silvestre, el haya y el abeto. El tratamiento más aplicado es el aclareo sucesivo. Para los montes de Ansó-Fago el método de ordenación de

Tramos Permanentes ha cambiado al método de ordenación a Tramo Móvil que tiende a masas semirregulares o regulares.

En función del método utilizado para la corta de madera se determina el turno y el periodo de regeneración. Para las masas del pino silvestre el turno oscila entre 100/140 años con períodos de regeneración de 20/24/30 años. El turno más aplicado es de 120 años y período de regeneración de 24 años, sin embargo ha habido cambios del turno según los resultados de las revisiones. En la cuarta revisión del proyecto de Hecho el turno para el pinar se redujo a 100 años para la mayoría de las cortas. Para las masas del abeto y el haya el turno es más largo que el de pinar, entre los 120 y 150 años y el período de regeneración, cuando se aplica el aclareo sucesivo, es de 24/26/28/30 años. En la quinta revisión de los montes de Ansó-Fago el turno para el pino se extiende de 100 a los 120 años y se mantiene el turno de 50 años para el haya, mientras que el período de regeneración se extiende hasta los 30 años.

El *volumen maderable* con corteza es un parámetro que indica la riqueza del recurso forestal. La zona de estudio se caracteriza por altos volúmenes maderables que constituyen el 45 por cien del volumen obtenido en la comarca. Las existencias más elevadas por hectárea, superiores a las 250 m³/ha, se encuentran en sectores aislados como en el sector de Eras, Gamueta y Maz en Ansó-Fago, y en el sector suroeste de Oza en el valle de Hecho, con el máximo absoluto de 412 m³/ha. Los espacios más amplios en la zona tienen volúmenes maderables por encima de los 175 m³/ha. También ocupan una superficie considerable los tramos con volúmenes maderables entre 100 y 175 m³/ha y otros con volúmenes entre 65 y 175 m³/ha. En buena parte de la zona se encuentran tramos con existencias maderables inferiores a los 45 m³/ha, que en muchos casos son las superficies repobladas principalmente con pino silvestre pero también con haya y abeto.

Los volúmenes maderables corresponden principalmente a pino silvestre, haya y abeto. El pino silvestre es la especie predominante, extendida en mayor parte al sur de las Sierras Interiores, donde constituye una proporción de entre el 70 y el 100 por cien, pero que también se encuentra en masas mezcladas con haya y abeto. Su presencia se constata tanto en tramos de elevadas existencias maderables por hectárea como en los de menores volúmenes o procedentes de repoblaciones. Los mayores proporciones de las masas de pino silvestre (superiores al 90 por cien de la masa) se encuentran en el sector de Segarra en Ansó, Gabardito en Hecho y en la parte media de ambos

valles. Estos sectores se caracterizan también por elevados volúmenes maderables que en su mayor parte superan los 175 m³/ha.

Los volúmenes maderables de haya tienen un peso importante, con más del 90 por cien de las masas en algunos tramos de los montes de Ansó-Fago como Linza, Maz y Gamueta, tramos caracterizados por los mayores volúmenes maderables del área de estudio. En torno a los tramos mencionados y en algunos tramos aislados en los montes del valle de Hecho, el haya está presente en proporciones entre el 70 y el 90 por cien. En el barranco del Hospital, en el extremo norte de Oza y en la margen izquierda de la Boca de Infierno, el haya tiene un peso entre el 50 y el 70 por cien de los volúmenes maderables. En algunos tramos convive con el abeto en baja proporción y poca importancia para aprovechamiento maderero.

La presencia del abeto es inferior a la del haya y las proporciones más altas (superiores al 70 por cien) se encuentran en diversos tramos de Oza, con volúmenes maderables superiores a los 175 m³/ha, y en algunos enclaves de la parte media de los valles. En masas mezcladas con el haya y el pino silvestre, en gran parte de Oza, alcanza proporciones entre el 50 y el 70 por cien. También en masas mixtas en algunos tramos de la cabecera de Ansó-Fago y en Oza, está presente en proporciones entre el 30 y el 50 por cien. En la parte media-alta de los valles de Ansó y Hecho se encuentra en proporciones inferiores.

El cuadro 2.16 muestra la evolución del volumen maderable de todas las especies bajo la ordenación (pino silvestre, haya y abeto). Los datos reflejan situaciones diferentes en los valles: en Ansó-Fago el volumen maderable ha experimentado una evolución regresiva, pasando de 698.679 a 625.917 m³ pero el volumen maderable que se puede aprovechar equivale al 66 por cien del volumen inicial (464.092 m³).

Cuadro 2.16 Evolución del volumen maderable (en m³)

	Proyecto de Ordenación	1ª revisión	2ª revisión	3ª revisión	4ª revisión	5ª revisión
Ansó-Fago	698.679 (1928-1942)	623.820 (1942-1958)	599.523 (1958-1970)	583.343 (1970-1982)	715.636 (1990-1994)	625.917* (2000-2014)
Hecho-Urdues	567.730 (1927-1938)	432.334 (1941-1947)	584.948 (1948-1957)	642.369 (1958-1967)	699.828 (1968-1990)	830.377 (1991-2002)

* De este volumen la quinta revisión establece un volumen aprovechable 464.092 m³.

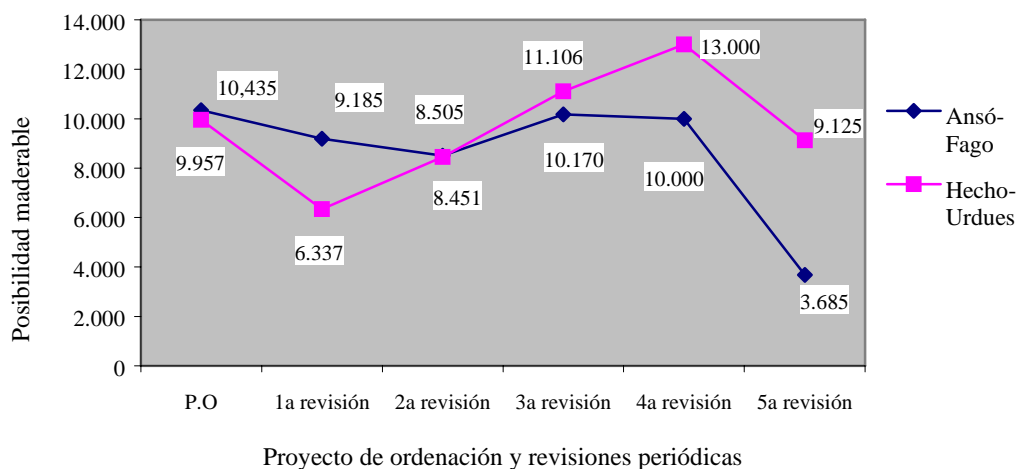
No obstante, el volumen maderable se incrementó hasta los 715.636 m³ entre 1990 y 1994. La tendencia descendente se debe al rejuvenecimiento de la masa, consecuencia del aprovechamiento en sectores antes no cortados, a la evolución en el método de cortas y a la sustitución del turno natural por otro económico, más corto. En Hecho-Urdues la evolución ha sido positiva, siendo el volumen maderable el 146 por cien del volumen inicial. Las prácticas selvícolas en estos montes fueron más conservadoras que en los montes de Ansó-Fago.

El *incremento anual* es otro parámetro importante que indica los crecimientos de la masa. Junto al volumen maderable y el turno de explotación se utiliza para calcular las posibilidades maderables de la zona. En muchos tramos los valores del incremento anual son muy semejantes a los valores de los volúmenes maderables, sin embargo existen diferencias entre diversos sectores. Los máximos valores del incremento anual, superior a 5 m³/ha-año, se encuentran únicamente en el sector de Oza. Los incrementos anuales de 3,5 a 5 m³/ha-año se encuentran en el sector de Gamueta, Maz y Oza del Ansó-Fago, donde predominan el haya y el abeto, y en la cabecera del barranco de Ramaciete del valle de Hecho con predominio del pino silvestre. En muchos otros sectores predomina el pino silvestre, aunque en algunos casos dentro de masas mezcladas, los incrementos anuales alcanzan entre 2,5 y 3,5 m³/ha-año. En los montes chesos y en menor medida en los montes de Ansó-Fago destacan los incrementos entre 2 y 2,5 m³/ha-año. En la mitad meridional, el crecimiento de la masa está por debajo de los 2 m³/ha-año. En algunos sectores los volúmenes maderables no son muy altos, pero los incrementos anuales son elevados.

En función de los parámetros antes mencionados y en función del turno de explotación, se estima la *posibilidad maderable* de la zona. Dentro de la provincia de Huesca, la comarca de Jacetania tiene un peso muy importante en cuanto al recurso maderable. Según el estudio del IPE (1995) la posibilidad maderable de los montes ordenados de la comarca está cercana a los 47.247 m³ mientras que en los montes ordenados de la zona de estudio la posibilidad se estima en torno a los 30.000 m³

La figura 2.13 muestra la evolución de la posibilidad maderable en cada uno de los grupos de montes. Lo que destaca es la variación de la posibilidad a lo largo del tiempo. Para el grupo de montes de Ansó-Fago la posibilidad maderera, no ha experimentado modificaciones de importancia hasta la cuarta revisión, manifestando una ligera tendencia a incrementarse. En la quinta revisión la

Figura 2.13 Evolución de la posibilidad maderable (m³/año)



posibilidad experimenta una enorme disminución, pasando al 37 por cien de lo que era en la cuarta revisión. La posibilidad se fijó en 3.685 m³ de los cuales la mayor parte, el 77 por cien, corresponde a masas de pino silvestre y el resto a haya y abeto. Para los montes de Hecho-Urdués, la quinta revisión estima la posibilidad maderable en 9.125 m³ de la cual el 71 por cien corresponde a pino silvestre, el 15 por cien al haya y el 13 por cien al abeto. La posibilidad sufre una reducción importante después de la primera revisión. Los años siguientes se caracterizan de una tendencia ascendente.

Los cambios de posibilidad maderable han sido función de la política forestal adoptada. La reducción de la posibilidad corresponde a una política de conservación, mientras que el incremento corresponde a una política dirigida a la productividad económica. La fuerte disminución de la posibilidad maderable (63 por cien) de los montes de Ansó-Fago en la última revisión es consecuencia de la intensificación de las medidas de conservación mencionadas anteriormente.

Explotación de la madera

Los montes del área de estudio son los que tienen una mayor producción de madera en la comarca. El aprovechamiento de madera medio anual lo ha fijado la Administración Forestal en los proyectos y revisiones periódicas. En los montes de Ansó-Fago, el aprovechamiento medio anual entre 1986 y 1990 fue 9.628 m³, mientras que en los montes de Hecho-Urdués fue 8.378 m³. En comparación con los volúmenes extraídos durante los años 1970-1974 hay una tendencia decreciente de la explotación de madera.

En los montes de Ansó-Fago el volumen promedio en estos años fue de 11.809 m³, algo parecido en los años ochenta, mientras que en los montes de Hecho-Urdúes el descenso es más significativo, de 16.299 m³ en los años setenta a 8.378 m³ en los ochenta. La misma tendencia decreciente se observa en los montes cercanos de Borau y Aragües-Jasa, mientras que en Aísa sucede lo contrario, un aumento del volumen extraído.

La comparación entre cortas realizadas y previstas refleja la sobreexplotación ocurrida durante el período 1970-1974, con una explotación muy intensiva en algunos superyodos; en el año 1969-1970 se sacó de los montes de Ansó-Fago el doble de la posibilidad, y en los montes de Hecho las cortas superan las posibilidades en 1971-1972. Las cortas muy elevadas durante esos determinados años elevan el promedio de las cortas sucedidas durante 1970-1974. Sin embargo, durante los años 1986-1990 la extracción de madera en los montes de Hecho-Urdúes fue por debajo de la posibilidad, mientras que en los montes vecinos de Aragües-Jasa, Borau y Aísa las cortas efectuadas superaron las posibilidades maderables. En el grupo de montes de Ansó-Fago durante el período 1990-1994 las cortas totales realizadas fueron inferiores a las previstas, sobre todo en relación con el pino silvestre, lo cual ha permitido una recuperación con alto valor potencial forestal en el futuro. Aunque las cortas totales realizadas no superaron a las previstas, sí que se superaron las cortas realizadas de haya y abeto.

Los datos de la última revisión de los montes de Ansó-Fago resaltan la misma tendencia decreciente del volumen extraído. Durante el período 1990-1994 el aprovechamiento medio anual bajó en 9.333 m³ y en los cinco años siguientes (1995-1999) se redujo al 6.821 m³. La intensidad de corta por especies ha sido distinta: la explotación del pino silvestre ha aumentado significativamente durante los últimos años, pasando de un 44 por cien del aprovechamiento total en 1990-1994 a un 70 por cien en 1995-1999; el aprovechamiento del abeto se ha mantenido al mismo nivel del aprovechamiento total, mientras la explotación del haya se ha reducido.

En la provincia de Huesca, el precio de la madera en pie y con corteza más elevado se obtenía en los montes de Aísa y Borau, por encima de 24 €/m³ durante el período 1986-1990, mientras que la de montes de Ansó-Fago se vendió en torno a los 15 €/m³, la madera de Hecho-Urdúes en trono a los 6 a 12 €/m³. El precio de la madera varía también entre los montes del mismo municipio. La evolución de los precios de la madera ha experimentado una reducción que se

acentúa en los últimos años. En el período 1970-1974, el precio comercial era más del doble que el precio del período 1986-1990. El precio medio de la madera para los montes de Ansó-Fago que se espera obtener en el periodo 2001-2014 se estima en 18 €/m³ para.

Los parámetros volumen maderable, crecimiento anual, volumen extraído y precio de la madera, son factores que influyen a la rentabilidad de la explotación de madera. En general, los montes de la zona se caracterizan por una baja rentabilidad económica y no pueden competir ni en calidad ni en precio con la madera importada del norte y centro de Europa. La calidad de la madera es función de factores como diámetro, madera sin nudos, corazón centrado, y la madera de la zona no alcanza unas características apropiadas, por lo que el precio obtenido es bajo. Estos bajos ingresos y los altos costes de explotación, por las fuertes pendientes y la escasez de vías forestales, suponen la no rentabilidad de la actividad. La zona de estudio está especializada en la actividad forestal pero el valor de la actividad es pequeño.

Otros aprovechamientos forestales

La *leña* es un producto del bosque de escasa rentabilidad que se ha aprovechado tradicionalmente. En el sistema tradicional de gestión del territorio, la leña se obtenía de trabajos forestales como limpiezas, desbroces, trozado y descortezado, y su uso principal era como combustible doméstico. Últimamente se observa una tendencia creciente a obtenerla como residuo de las labores de aserrado. Esta tendencia conlleva posibles daños para el monte, ya que si no se recoge, su presencia altera la composición química del suelo y aumenta el combustible disponible. La administración forestal está interviniendo para retirarla del monte. En la quinta revisión del grupo de montes de Ansó-Fago, el aprovechamiento de leñas se limita a las concedidas a vecinos para consumo doméstico. Se prevé aprovechar unos 410.000 kg/año que se obtendrán de bosques de haya y quejigo. Las *setas* y los *hongos* son otros productos que se obtienen del bosque. Para su aprovechamiento se determinan los cantones de donde se pueden extraer, según las normas de preservación y mantenimiento de la diversidad de especies micológicas determinadas por la DGA.

Otros servicios que provee el bosque, y que la sociedad quiere potenciar son la *biodiversidad*, *el ciclo de agua*, *el paisaje*, *protección del suelo* y *actividades recreativas*. Aunque la valoración de estos servicios y beneficios del bosque es compleja, su impacto en la política

forestal es importante. En la quinta revisión de la ordenación de los montes de Ansó-Fago son los condicionantes principales que han modificado los aprovechamientos maderables. Como consecuencia del conocimiento de estos servicios medioambientales se excluye de los aprovechamientos maderables el 18,7 por cien de la superficie arbolada en estos montes.

Perspectiva de la producción maderera

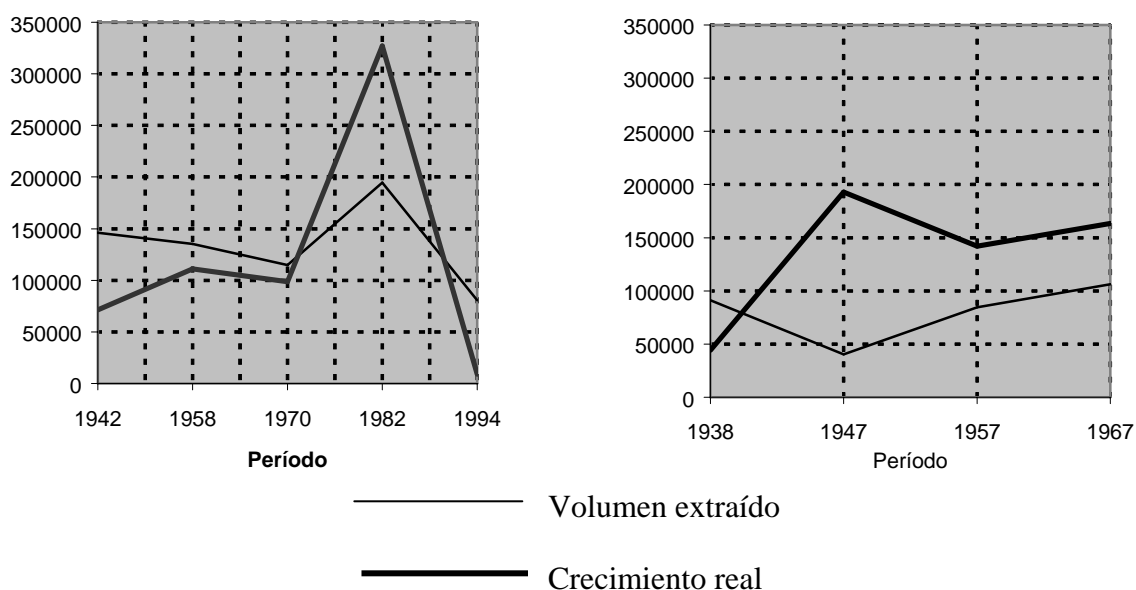
La relación entre las cortas efectuadas y las previstas da una idea de la evaluación del recurso maderable, es decir la sobreexplotación o infrautilización de la madera. La relación del volumen extraído y el crecimiento real corresponde al concepto de *capitalización* o *descapitalización* del monte. En el caso que el crecimiento real supera el volumen extraído, se produce un incremento final de la masa llamada *capitalización* del monte; en la situación contraria el proceso se conoce como *descapitalización*. La figura 2.14 muestra el proceso de capitalización o descapitalización de los montes de la zona en las revisiones sucesivas.

En los montes de Ansó-Fago el crecimiento real nunca superó al volumen extraído durante el proyecto de ordenación y la primera y segunda revisión, y como consecuencia el monte se descapitalizó. Durante la tercera revisión las cortas fueron inferiores a las existencias, especialmente durante los años 1972 a 1982, por lo que aumentó el *stock* de capital de los montes.

Figura 2.14 Capitalización-descapitalización de montes

Ansó-Fago

Hecho-Urdues



El crecimiento real fue mayor que la extracción hasta la cuarta revisión (1994) período en que los montes empiezan a experimentar una evolución negativa, aunque hubo una distinta evolución por especies. A partir de la segunda revisión el pino silvestre es la especie con mayor contribución a la acumulación del capital de los montes. El crecimiento real de la masa superó las cortas en el pino silvestre, mientras que el crecimiento real del haya y el abeto fue inferior a las cortas.

Los montes de Hecho-Urdues manifiestan una tendencia clara a la capitalización a partir de la primera revisión de la ordenación. Entre la segunda y tercera revisión las existencias son crecientes, y posteriormente disminuyen, para recuperarse en los años noventa. La evolución positiva de estos montes corresponde a las prácticas selvícolas más conservadoras que en los montes de Ansó-Hecho. La situación de las especies es parecida a la de los montes de Ansó-Fago: existencias superiores a las cortas para el pino silvestre que se va potenciando y que con frecuencia invade los espacios del haya y el abeto. La evolución del haya y el abeto es desfavorable con crecimientos reales inferiores a las extracciones.

2.3.2 Sector secundario

La economía de la zona se ha basado tradicionalmente en la ganadería, con una actividad industrial poco importante. En 1990 el sector industrial empleaba únicamente el 22 por cien de la población activa. El cuadro 2.17 muestra el número de establecimiento por ramas industriales, y se observa que las empresas corresponden a industrias de alimentación, bebidas y tabaco, y fabricación de productos metálicos. Por mano de obra empleada, la principal industria es la de madera y corcho. La industria maderera empleaba en 1991 en Ansó y Hecho al 73 y el 39 por cien de los asalariados del sector industrial, respectivamente. Esto indica la escasa importancia de otras ramas industriales en la zona.

Cuadro 2.17 Número de locales según ramas industriales

	Alimentación bebida y tabaco	Madera y corcho	Fabricación de productos metálicos	Transformación del caucho	Energía	Construcción
Ansó	3	1	1	1	0	0
Hecho	2	1	3	1	1	1

Fuente: IAE 1990

La especialización de la zona en la industria maderera es consecuencia de los abundantes recursos forestales disponibles. La intensificación de la explotación forestal llevó a la instalación de serrerías en ambos municipios. Actualmente, en las serrerías se realiza únicamente una primera transformación de la madera. Los productos principales elaborados son madera para carpintería, tablones de longitud deseada, y paletas para embalajes. La mayoría de los productos se venden en la provincia de Zaragoza. La estructura de obtención de productos aumenta la orientación hacia la madera de aserrío. El cuadro 2.18 muestra la obtención de productos de la serrería de Ansó.

La explotación del recurso tiene una baja rentabilidad económica por la deficiente calidad del producto. Otros problemas de las serrerías son la falta de mano de obra especializada, la antigüedad de los equipamientos de las serrerías y los altos costes de transporte, debido a la lejanía y deficiencias en las vías principales de comunicación. Hace tres años, la serrería de Ansó amplió y renovó algunos equipos, pero aún con todo sería necesario una renovación tecnológica, inversiones en capital humano, y una orientación hacia productos de mayor valor añadido para asegurar la viabilidad económica de la empresa. Ambos factorías se caracterizan por un bajo nivel tecnológico del proceso de transformación, deficiencias en el capital humano y en la línea de productos, y falta de competitividad en el mercado.

A pesar de las deficiencias mencionadas las serrerías de la zona representan la principal actividad industrial y generan actividades derivadas relacionadas con el sector forestal, como carpinterías, transporte, etc. Estas actividades generan puestos de trabajo no sólo para los habitantes de los municipios sino también para los habitantes de otros municipios cercanos.

Cuadro 2.18 Obtención de productos de la serrería de Ansó

<i>Madera de aserrío</i>	<i>55 por cien</i> de la cual el 4 por cien es de primera calidad, el 6 por cien de segunda calidad, el 20 por cien de tercera calidad y el 25 por cien se destina a construcción y embalaje industrial
<i>Costeros</i>	<i>20 por cien</i>
<i>Corteza</i>	<i>18 por cien</i>
<i>Subproductos</i>	<i>7 por cien</i>

Cuadro 2.19 Población ocupada en las actividades relacionadas con el sector forestal

	Serrerías	Maderistas	Transporte	Carpinterías	Comena	Tragsa	Total
Ansó	13			6	2		21
Hecho	18	11	4	1	9	8	51

Fuente: EIN (2000)

Actualmente, la madera de las serrerías sirve como materia prima para siete carpinterías de pequeña dimensión, situadas cuatro en Ansó y una por cada uno de los municipios de Hecho, Aísa, Boraú y Aragües y proporciona trabajo a diez empleados. La mayor parte de su producción se destina al sector de construcción, aunque en tres casos se trata de artesanos que fabrican muebles u otros productos. Según los últimos datos del estudio socioeconómico (EIN 2000), que sirvió como base a la redacción del P.O.R.N. de la Mancomunidad de los Valles, Fago, Aisa y Borau, las actividades relacionadas con el sector forestal generan en la zona 72 empleos (Cuadro 2.19) respectivamente:

La importante función socioeconómica de las serrerías como fuente de empleo y generación del valor añadido que queda en la zona, hace necesario fomentar esa actividad de forma compatible con la conservación del medio natural. Para ello es esencial ampliar el proceso de producción a segundas transformaciones que incorporen mayor valor añadido, fomentar la artesanía tradicional, ofrecer ayudas y subvenciones que modernicen y hagan competitiva la industria maderera y las actividades derivadas. La gestión de la masa forestal es también imprescindible en cuanto a los aspectos de calidad de la madera y optimización del volumen disponible para los procesos de producción para poder competir en el mercado.

2.3.3 Sector terciario

El sector servicios es importante en la zona, ya que es el sector que genera el mayor número de puestos de trabajo. En 1991 daba empleo al 37 y 32 por cien de la población empleada, respectivamente en Ansó y Hecho. En Ansó las actividades principales eran el comercio con el 22 por cien del empleo, y la hostelería con el 17 por cien, mientras que en Hecho el mayor porcentaje, el 32 por cien, correspondía a la hostelería y el 21 por cien a la administración pública.

La mayoría de las actividades está estrechamente relacionada con *el turismo*, que es un sector con gran potencialidad. Los núcleos de población bien conservados, el paisaje que ofrece el medio natural, y las actividades que se desarrollan son elementos que atraen a los visitantes en la zona. Últimamente se está prestando gran atención al turismo rural. El turismo tiene actualmente un carácter estacional centrandose en el verano, Semana Santa y los fines de semana en invierno.

En la oferta turística se pueden distinguir los distintos tipos de alojamiento vinculados con las actividades ligadas a la naturaleza y al medio natural. El cuadro 2.20 muestra el número de establecimientos por tipos y su capacidad de acogida en cada municipio de la zona. Los hoteles, hostales, pensiones y viviendas rurales suman en total 72 plazas en Ansó y 205 en Hecho.

Los alojamientos se caracterizan por su pequeña dimensión y ofrecen una calidad no muy alta, y un servicio y gestión de tipo familiar. El personal no está muy cualificado y predominan los hostales frente a los hoteles. El carácter estacional del turismo genera empleos temporales y dificulta la rentabilidad de los alejamientos. Los campings están abiertos durante todo el año y tiene una oferta de 2.160 plazas. Se observa una escasez relativa de viviendas rurales, existiendo sólo una en Ansó. El fomento de este tipo de alojamientos es adecuado para la zona debido a que contribuye a la generación de ingresos que repercuten directamente en la economía familiar y evita nuevas construcciones que pueden tener impactos paisajísticos negativos. Los refugios de montaña y las viviendas secundarias son importantes: en la zona hay siete refugios de montaña que tienen una oferta de 279 plazas, y las viviendas secundarias representan alrededor del 40 y el 50 por cien de las viviendas existentes.

Cuadro 2.20 Capacidad de servicios turísticos

	Hoteles y hostales			Pensiones			Viviendas rurales		Camping	
	Establ.	Hab.	Plazas	Establ.	Hab.	Plazas	Establ.	Hab.	Estab.	Plazas
Ansó	1	16	26	2	27	46	1	6	1	1.000
Hecho	6	91	184	2	13	21			2	1.160

Fuente: IPE 1995

En cuanto a las principales actividades relacionadas al medio natural que se desarrollan en la zona destacan las excursiones y travesías, el senderismo, el esquí de fondo, el ciclismo de montaña, el piragüismo y el barranquismo. Las actividades relacionadas con el medio cultural se basan en la existencia de monumentos interesantes, como museos e iglesias, y en la arquitectura popular bien conservada.

Los *recursos cinegéticos y piscícolas* son una fuente de ingresos y forman parte de las actividades de ocio. Su aprovechamiento depende totalmente o parcialmente del bosque, que es el sistema ecológico en el que viven. Por ello, es necesario que la gestión forestal sea multifuncional, y que tenga en cuenta la rica biodiversidad que caracteriza la zona. En la caza se distinguen dos áreas: la Reserva de Caza que está declarada Zona de Especial Protección para los Aves (ZEPA), y los cotos de Mancomunidad y privados. En Ansó el territorio que se utiliza para la caza es de 24.215 ha, el 54 por cien del cual corresponde a la Reserva de la Caza, el 43 por cien a dos cotos mancomunados, y el resto al coto privado de la Pardina de Cillas. En Hecho, la superficie total dedicada a la caza es 23.375 ha, el 27 por cien está incluida en la Reserva, y el resto corresponde a los cotos. Las especies principales que se cazan son el jabalí, el sarrio, el corzo y el ciervo como especies de caza mayor, y la becada como especie de caza menor. Los beneficios que genera esta actividad se incrementan cada año, y en Ansó se estiman en 11.679 € en 1998, con el 99 por cien generado por la Reserva de Caza.

Las especies de pesca de los recursos piscícolas son la trucha común, el barbo y la madrilla. Todos los cursos fluviales de la zona están clasificados como *aguas habitadas por la trucha*. Los cotos de pesca fluvial son aquellos tramos de aguas continentales donde la pesca está sometida a una regulación especial. En la zona hay seis cotos, cuatro son cotos en régimen normal (dos en cada municipio) y dos son cotos de pesca sin muerte (uno en cada municipio). Los ingresos que genera esta actividad son indirectos y toman la forma de gastos en restaurantes, comercio o alojamiento de los pescadores.

Infraestructuras

Carreteras Los accesos a los municipios de la zona se realizan vía infraestructuras que están condicionadas por el medio físico que configura valles estrechos especialmente en el caso de Ansó.

Las carreteras principales son la nacional N-330, que se sitúa al este de la zona y realiza la comunicación por el municipio de Borau, la nacional N-240 que comunica todos los valles al este de la comarca con el centro Jaca y con la capital Navarra, y la carretera C-137 situada al oeste de la zona que permite la salida a Francia. La carretera A-176 de Puente la Reina-Hecho-Ansó-Garde realiza la conexión con otras comunidades autónomas y también con Francia por Isaba.

La carretera principal de acceso al Ansó es la A-1602 que comunica a Biniés y Ansó y que también une los núcleos de la comarca. La vía de Ansó a Zuriza es la HU-V-2024, una vía estrecha que no está en buenas condiciones. La carretera HU-V- 2021 une los núcleos de Ansó y Fago que tampoco está en buenas condiciones. La carretera HU-V-2023 comunica transversalmente Ansó con el valle navarro y la carretera que sale desde Zuriza se destina a Isaba. La carretera HU-V-2131 comunica Hecho con el refugio de la Selva de Oza, mientras que la HU-V-3132 realiza la comunicación con Siresa que está en condiciones adecuadas. La carretera A-176 que comunica Hecho con Embún y Ansó también está en condiciones adecuadas. En general podemos decir que la accesibilidad a los valles es buena.

Pistas forestales. En la Mancomunidad de Ansó-Fago existen 15 pistas forestales de las cuales seis se someten a restricciones de uso, mientras en el Valle de Hecho existen 21 pistas de las cuales solo dos se someten a restricciones de uso. Para facilitar la saca de la madera además de la conservación de las pistas, tanto de tierra como asfaltadas, en la última revisión de los montes de Ansó-Fago se propone construir dos pistas nuevas. Tradicionalmente, las pistas se han utilizado para los aprovechamientos forestales y para la ganadería, por eso han estado sujeta a restricciones, pero últimamente los practicantes de los 4x4 acceden a las pistas sin ningún tipo de control. El nuevo uso genera complicaciones debido al aumento del tráfico en las vías que causa problemas de erosión y contaminación atmosférica. Además de los aprovechamientos tradicionales, las pistas se utilizan como carreteras para unir los núcleos de población entre sí y con los centros de turismo, campings, pistas de esquí y monumentos. Las pistas están asfaltadas pero en malas condiciones.

Caminos y sendas. Se han utilizado para comunicar los núcleos entre sí o con las zonas productivas, y para facilitar el uso ganadero y forestal. Actualmente se encuentran en estado de abandono y deterioro. Su conservación es importante porque se pueden utilizar para generar puestos de trabajo y desarrollar actividades recreativas como rutas de senderismo o cicloturismo. Los

caminos más interesantes son la Via Romana de Cesaraugusta al Pirineo, el camino de Ansó a Hecho, el camino de Hecho a Urdués y el camino de Hecho a Siresa. La mejora de las infraestructuras favorecería el desarrollo de los núcleos de población, y la utilización de los refugios y pistas de esquí de fondo que son las principales atracciones invernales y por tanto beneficiaría el sector turístico.

3. METODOLOGÍA

3.1 Las externalidades de los bosques

Para realizar una gestión sostenible de los bosques es necesario conocer el valor total de los bienes y servicios que provee el bosque, de forma que la toma de decisiones incluya el conjunto de valores que los bosques proporcionan. El producto tradicional de los bosques que se ha considerado en las decisiones de gestión es la madera, sin embargo el bosque genera otros productos y servicios de mercado y de no mercado, cuya importancia para la sociedad es cada vez mayor.

El valor total de los bosques está constituido por el conjunto de bienes y servicios que proveen los bosques. Según los *Criterios e Indicadores Pan-Europeos* los bienes y servicios del bosque son: productos de la madera, otros productos comercializables (caza, pesca, setas), biodiversidad, protección del suelo, ciclo del agua, y actividades recreativas. Merlo y Rojas (2000) clasifican los valores que proveen los bosques en valores de uso directo e indirecto, valores de opción, valores de legado y valores de existencia. Los valores de uso directo son los valores de los productos como madera, leña, corcho, resina, caza, pastos, hongos y frutos, y recreativos, y los valores que contribuyen a la renta local o nacional como serrerías, agroturismo o impuestos. Los valores de uso indirecto son los de protección del suelo y de las cuencas de los ríos, paisaje, regulación del clima, ciclo del agua y conservación de los ecosistemas. El valor de opción recoge el recreo futuro y el potencial de biodiversidad y utilización de paisajes no degradados. Los valores de legado se derivan de la disponibilidad por las generaciones futuras del paisaje, recreo y biodiversidad que proveen los bosques. Los valores de existencia se derivan de la biodiversidad y los ecosistemas no ligados a su utilización.

La gestión multifuncional incorpora todos los valores que generan los bosques, de forma que se seleccione un tipo de gestión que optimice el valor conjunto de los flujos de bienes y servicios que proveen los bosques, tanto comercializables como no comercializables. A menudo, la generación de algunos bienes y servicios está en conflicto con la generación de estos bienes y servicios, por lo que la gestión óptima debe conseguir un equilibrio entre los distintos bienes y servicios proporcionados de forma que se maximice el valor total.

La madera es un bien comercializable en el mercado, y la optimización del valor de la madera es el problema de gestión que primero se resolvió en la economía forestal. En el

denominado problema de Faustmann, se determina la tala óptima de un bosque homogéneo, dados el precio de la madera y los costes de plantación, mantenimiento y corta. Posteriormente se han introducido los valores de los bienes y servicios de no mercado, y el problema de Hartman considera la tala óptima de un bosque homogéneo que incorpora servicios medioambientales.

Los bienes y servicios de no mercado del bosque tienen esencialmente la propiedad de ser *bienes públicos* (biodiversidad, protección contra la erosión etc) y de generar *externalidades* positivas. Los bienes privados o comercializables se caracterizan por la exclusión y la rivalidad en el consumo, mientras que los bienes públicos se caracterizan por la no rivalidad y no exclusión (Glück 2000). Es decir, que un bien o servicio es privado o comercializable cuando puede excluir de su consumo a las personas que no pagan, y cuando hay rivalidad en el consumo, es decir lo que consume una persona reduce la cantidad disponible para ser consumido por otros. Debido a que los bosques se caracterizan por el libre acceso o no exclusión, y la no rivalidad en el consumo, muchos de los bienes y servicios que proveen los bosques son bienes públicos para los que no hay mercado. La falta de mercado implica que tampoco existen precios para estos bienes y servicios. Algunos autores como Merlo y Rojas (2000) señalan que hay una gradación de rivalidad y exclusión en los bienes y servicios de los bosques, y que se podría favorecer la conversión de algunos bienes y servicios en comercializables, mediante cambios institucionales que favorezcan la asignación de derechos de propiedad y la creación de “productos de recreo medioambiental” capaces de generar ingresos.

Otro problema relacionado con la valoración total del bosque son las *externalidades* generadas. Price (1989) define las externalidades como servicios o productos con valores positivos o negativos, para los que no hay mercado. Las externalidades del bosque son efectos externos positivos de servicios medioambientales y productos no comercializados, cuyo valor no queda reflejado en ningún mercado. Las externalidades generadas por el bosque carecen de precio, no tienen derechos de propiedad bien definidos, y aparecen generalmente como bienes públicos con un consumo colectivo. La internalización de estas externalidades es un problema de actualidad, especialmente en los bosques de los países mediterráneos. Una parte importante de las funciones que cumplen los bosques toma la forma de externalidades, por lo que es necesario establecer mecanismos que permitan aflorar el valor de los bosques sumando las contribuciones de todas sus funciones, y apoyándose en los avances de la economía ambiental (Rojas 1999). Algunas veces esta

internalización puede evaluarse a partir de mercados relacionados, como en el caso del valor del paisaje para el turismo, donde puede estimarse un precio a través del aumento del valor de las propiedades de la zona turística, o el caso del valor del ciclo del agua que se evalúa a través de varios métodos (Johnson *et al.* 2001, Perrot y Davis 2001). Para otras externalidades no hay mercados relacionados, como en la conservación de la naturaleza o en la biodiversidad, y la valoración debe hacerse mediante métodos de valoración directa como la valoración contingente.

Una forma de superar el problema de la carencia de precios para las externalidades y los bienes públicos, es la intervención de la administración. Esta intervención toma la forma de establecimiento de propiedad pública, normas de regulación, potenciación de la creación de derechos de propiedad sobre los servicios de los bosques, instrumentos económicos como subvenciones e impuestos, y medidas de educación y responsabilidad social. La intervención del estado promueve la provisión de bienes y servicios, para los cuales no hay incentivos adecuados para los propietarios privados, contribuyendo a la optimización del bienestar social. En Europa las medidas reguladoras no siempre han beneficiado a la población local. A nivel internacional no existe una autoridad central que pueda imponer la provisión de los bienes y servicios forestales de no-mercado. Las subvenciones están orientadas hacia la producción de madera y han sido insuficientes para incentivar las externalidades de los bosques de bajo rendimiento, como los de Aragón. Los instrumentos de creación de mercados intentan transformar los bienes públicos y las externalidades en bienes privados o cuasi-privados, a través de la exclusión, la rivalidad y la redefinición de los derechos de propiedad.

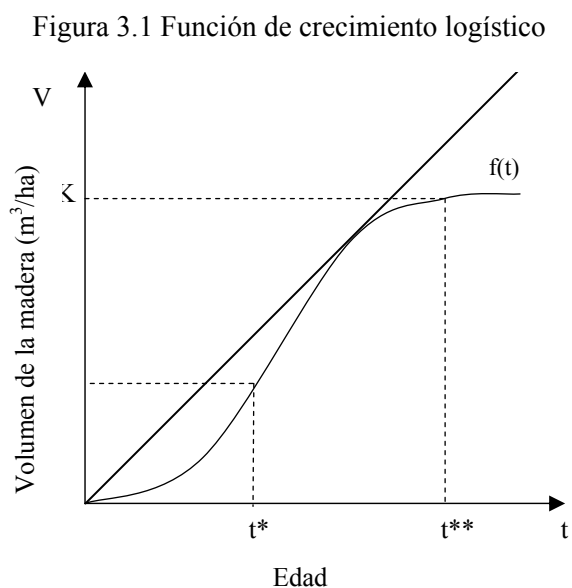
Los métodos utilizados para determinar las alternativas de gestión, una vez que se considera el valor total del bosque, están basados en el análisis coste-beneficio de las alternativas consideradas. Este análisis requiere información sobre los valores de los distintos servicios del bosque, incluyendo los beneficios de los servicios de no mercado. Las técnicas de valoración de los servicios de no mercado más utilizadas son la valoración contingente, el método del coste de viaje, y los precios hedónicos. La valoración contingente estima el beneficio del flujo de servicios de no-mercado creando mercados “hipotéticos” que reflejan las preferencias de los usuarios. La disponibilidad a pagar por los servicios ambientales, o la disponibilidad a aceptar una compensación por los daños ambientales, son los conceptos básicos utilizados para determinar el valor que tiene un bien o un servicio de no mercado para el consumidor. Los estudios de valoración de los servicios

proporcionados por el bosque son numerosos y entre ellos se pueden reseñar los de Kramer et al. (1995), Navrud (1992) para Europa, y Azqueta y Pérez (1996) para España.

3.2 El turno óptimo de explotación de los bosques

La determinación del turno óptimo de la explotación forestal es una cuestión que ha sido examinada por los economistas forestales desde hace siglo y medio. El análisis más simple de una unidad de explotación forestal en la que hay una especie forestal de edad homogénea es el período T entre dos cortas que se denomina rotación, y que genera el máximo valor actual neto de la corta.

El problema del turno óptimo fue formulado por Faustmann en 1849, y resuelto por Pressler en 1860 y Ohlin en 1921 (Romero 1997, Díaz Balteiro 1997). La unidad básica del problema de Faustmann es el *rodal* que representa una unidad de gestión con árboles de edad homogénea que tienen las mismas características. El conjunto de todos los rodales constituye el bosque o plantación forestal. El valor de un rodal depende del volumen de madera que se puede obtener. En un bosque homogéneo el volumen de madera depende de la edad de los árboles y se representa mediante la función de crecimiento $V=f(t)$, donde V es el volumen de la madera (m^3/ha) en el tiempo t , y t es la variable edad de los árboles que es continua ($t > 0$). Diversos autores como Romero (1997) y Hanley *et al.* (1997) plantean que el proceso de crecimiento sigue una función logística, con un volumen máximo de madera igual a K (Figura 3.1).



La función logística se utiliza para representar procesos de crecimiento biológico. La función tiene un crecimiento exponencial rápido al principio hasta alcanzar el período t^* . Posteriormente la tasa de crecimiento va decreciendo, hasta alcanzar el límite superior K en el período t^{**} en que el crecimiento se detiene. K es el máximo volumen de madera que se obtiene.

La relación entre el volumen de madera y el tiempo, es la función de la producción de la madera. La pendiente de la función es el crecimiento de la madera por período de tiempo, al que se denomina el *Incremento Anual Corriente* (IAC). El IAC es el volumen anual que se añade al volumen total, es decir la producción marginal anual del volumen de madera y su expresión matemática es $IAC=f'(t)$. El máximo incremento anual corriente se produce cuando la curva de producción intercepta a la tangente que pasa por el origen. El *Incremento Anual Medio* (IAM) indica el incremento promedio del volumen de la madera en el tiempo, es decir la producción promedio de volumen desde la plantación del bosque. Esta variable se expresa mediante la expresión $IAM = \frac{f(T)}{T}$. La función de producción marginal (IAC) y de producción media (IAM) se interceptan en el máximo IAM.

El turno óptimo de *un ciclo de plantación* es el uso forestal del suelo que corresponde a un solo período T , y no se consideran otros usos del suelo después de la corta. La plantación ocurre en el tiempo $t=0$ y el coste de la plantación c es fijo. Al final del período T el volumen de madera es $f(T)$. Si el precio de la madera es p y no varía con el tiempo, el beneficio obtenido de la tala de madera en el momento T es $pf(T)-c$. El turno que maximiza el valor actual neto (VAN) de dicha expresión es el turno óptimo. El factor de descuento para calcular el valor actual neto en el tiempo T es e^{-rT} donde r es el tipo de interés. La función a maximizar viene dada por la expresión:

$$\text{Máx VAN} = pf(T)e^{-rT} - c \quad [1]$$

La condición de primer orden es:

$$pf'(T) e^{-rT} - rpf(T) e^{-rT} = 0,$$

que implica

$$pf'(T) = rpf(T) \quad [2]$$

o bien
$$\frac{f'(T)}{f(T)} = r \quad [3]$$

La ecuación [2] es la condición necesaria de máximo. La corta se pospone mientras $pf'(T)$, el beneficio marginal de no cortar sea mayor que $rpf(T)$, el coste marginal de no cortar. El período de tiempo T que iguala el beneficio marginal de no cortar con el coste marginal de no cortar es el turno óptimo que asegura la explotación forestal eficiente. Romero (1997) examina en detalle el problema de maximizar el valor actual neto de un ciclo de plantación y a partir de la condición de equilibrio [3] señala que el turno óptimo de la corta depende de la tasa de interés. Según esta condición la rotación T es óptima cuando el crecimiento relativo de la madera iguala el tipo de interés. Si el tipo de interés aumenta el turno óptimo será más corto para que se cumpla la condición [3]. Las principales conclusiones son: i) una tasa de interés baja implica turnos óptimos más largos y viceversa; ii) el coste de establecimiento o mantenimiento no cambia el turno óptimo; iii) el incremento del precio de la madera tampoco afecta al turno óptimo. Estas dos últimas conclusiones cambian en un modelo más complejo.

La crítica principal del turno de un ciclo de plantación es que no considera los costes de oportunidad de la tierra, ya que se considera que todos los beneficios derivan de la gestión de un ciclo y no de la tierra.

3.3 El turno óptimo de Faustmann

El turno óptimo de un ciclo de plantación es válido en caso de disponibilidad ilimitada de suelo, lo que es difícil que ocurra. La rotación de Faustmann considera tanto los parámetros económicos como el coste de oportunidad, suponiendo que el suelo se dedica permanentemente al uso forestal y que se aplica el método del aclareo sucesivo. Después de una corta, el suelo se replanta y se corta de nuevo en ciclos continuados. El problema consiste en determinar el turno óptimo de una serie infinita de plantaciones y cortas sucesivas, de la misma duración. La optimización se alcanza cuando se maximiza el valor actual del flujo perpetuo de beneficios obtenidos de la tala de madera (Montgomery y Adams 1995, Hanley *et al.* 1997).

El valor actual es la suma de una serie geométrica, y viene dado por:

$$\text{VAN} = -c + [\text{pf}(T) - c] e^{-rT} + [\text{pf}(T) - c] e^{-2rT} + [\text{pf}(T) - c] e^{-3rT} + \dots = \quad [4]$$

$$= \sum_{r=1}^{\infty} [\text{pf}(T) - c] e^{-rT} - c = \frac{\text{pf}(T) - c}{e^{rT} - 1} - c \quad [5]$$

$$= \sum_{r=0}^{\infty} e^{-rT} [\text{pf}(T) e^{-rT} - c] = \frac{\text{pf}(T)e^{-rT} - c}{1 - e^{-rT}} \quad [6]$$

La ecuación [6] expresa el valor actual neto a maximizar:

$$\max_T \frac{\text{pf}(T)e^{-rT} - c}{1 - e^{-rT}}$$

La condición de primer orden de máximo viene dada por:

$$\text{pf}'(T) = r\text{pf}(T) + r \frac{\text{pf}(T)e^{-rT} - c}{1 - e^{-rT}} \quad [7]$$

$$\text{o} \quad \frac{\text{pf}'(T)}{\text{pf}(T) - c} = \frac{r}{(1 - e^{-rT})} \quad [8]$$

La interpretación económica de la expresión [7] es que el turno óptimo es el intervalo de tiempo T que iguala el beneficio marginal obtenido al posponer la corta de la masa forestal un período de tiempo más con el coste marginal de oportunidad de no cortar, es el turno óptimo. El término de la izquierda de la ecuación es el beneficio marginal, o incremento del valor por el crecimiento de la madera, y la parte derecha de la ecuación es el coste de oportunidad, suma del coste de oportunidad de corta de la madera (el interés al que se renuncia al posponer la corta) más el coste de oportunidad de la tierra. La condición del turno óptimo puede expresarse como $\text{pf}'(T) = r[\text{pf}(T) + w]$ donde $w = \frac{\text{pf}(T)e^{-rT} - c}{1 - e^{-rT}}$ es el valor de la tierra. En consecuencia, interesa

cortar la plantación cuando la tasa de cambio con respecto al tiempo del valor de mercado de la plantación es igual al tipo de interés multiplicado por el valor de mercado del suelo y del vuelo.

La ecuación [7] es la *fórmula de Faustmann* que determina el turno óptimo de la tala de madera cuando el suelo se dedica a uso forestal permanente, lo que supone que las decisiones actuales afectan al uso futuro. El coste de oportunidad de la tierra es el valor de la tierra descubierta que se dedica al uso forestal permanente, y es igual al valor actual neto máximo que se obtiene de la actividad forestal (Perman *et al.* 1999). El valor esperado de mercado de la tierra depende de los usos alternativos de la tierra. Después de una corta y antes de la replantación, el valor de la tierra tiene que ser positivo para que sea rentable replantar (Conrad 1999). La fórmula de Faustmann implica que si no existen usos alternativos más rentables del suelo, el valor de la tierra es igual al valor actual de una serie infinita de rotaciones. El coste de oportunidad en el caso de infinitas plantaciones incluye el coste de oportunidad de corta de la madera y el coste de oportunidad de la tierra, por lo que es mayor que el coste de oportunidad de un ciclo de plantación que solo incluye madera.

Los análisis de estática comparativa examinan la respuesta del turno óptimo de plantación a los cambios en los parámetros del modelo: precio de la madera, coste de plantación o mantenimiento, y tipo de interés. Como señala Romero (1997), se comprueba que: i) al aumentar (disminuir) el precio de la madera se reduce (alarga) el turno óptimo; ii) al aumentar (disminuir) los costes de plantación o mantenimiento se alarga (reduce) el turno óptimo; iii) al aumentar (disminuir) el tipo interés se reduce (alarga) el turno óptimo.

Conrad (1999) examina que la respuesta del turno óptimo y la oferta de madera frente a cambios a corto y a largo plazo. *A corto plazo*, un aumento en el precio de la madera o en el tipo de interés conduce a un acortamiento del turno óptimo y a un aumento de la oferta de madera, mientras que un aumento en los costes de establecimiento o mantenimiento conduce a un alargamiento del turno. *A largo plazo*, la respuesta de la oferta de madera no está clara debido a la dependencia del valor esperado de la tierra. Un aumento en el tipo de interés conduce a la reducción de la oferta de madera, mientras que un precio mayor de la madera o del coste de establecimiento es ambiguo puesto que también influye el valor esperado de la tierra.

La gestión del bosque basada en la fórmula de Faustmann, sólo considera la madera como único producto y beneficio del bosque. En realidad, el bosque tiene un carácter multifuncional que proporciona una multitud de productos y servicios que han de tenerse en cuenta para determinar el turno óptimo del bosque.

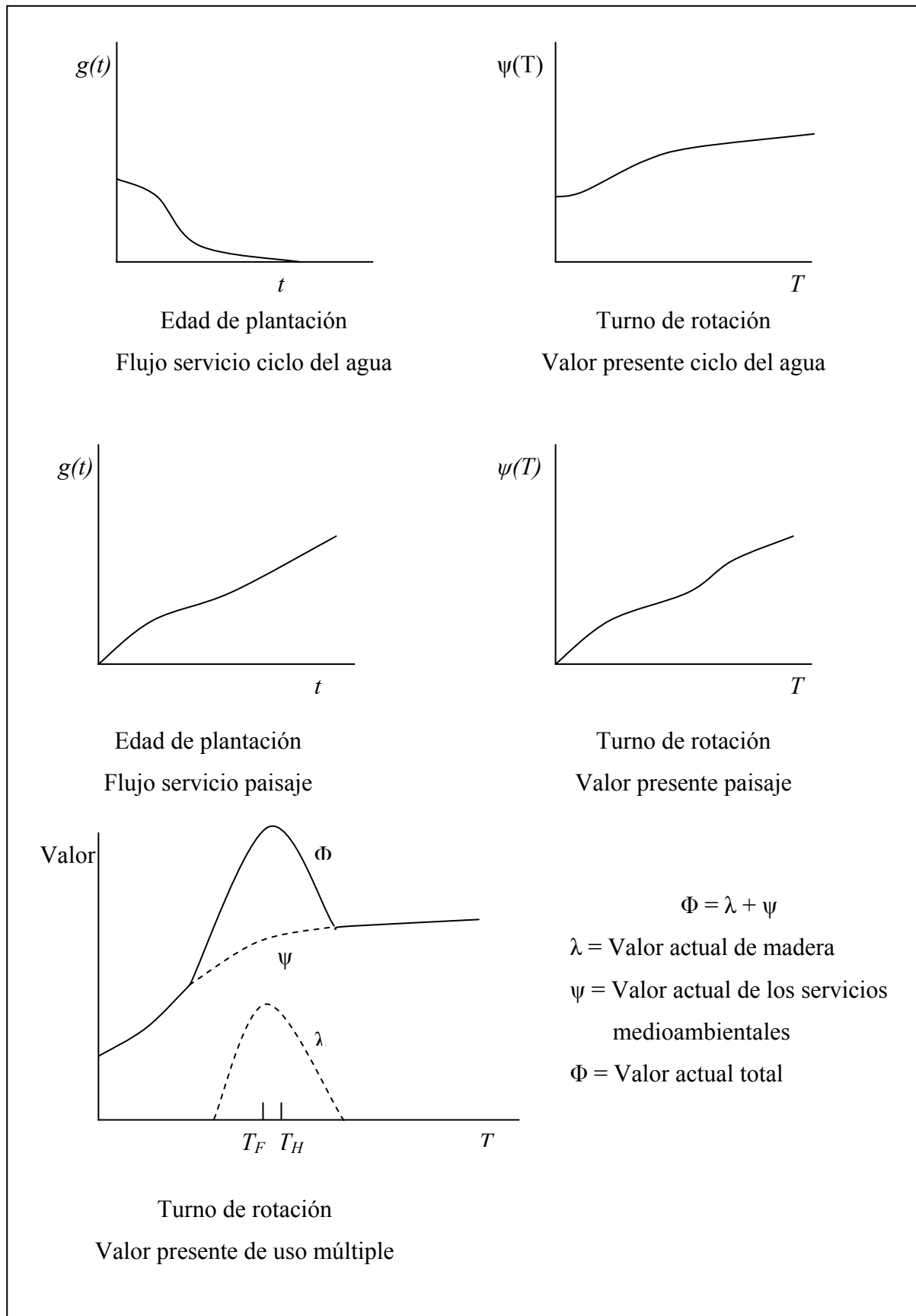
3.4 El turno óptimo de Hartman

El bosque es fuente de diversos productos y servicios que se pueden agrupar en productos y servicios de valor de uso y de no uso (Bishop 1998, Merlo y Rojas 2000). El valor de uso puede ser directo (madera, pastos, caza, plantas medicinales y decorativas), indirecto (protección de las cuencas de los ríos, ciclo del agua, paisaje) y de opción (el uso futuro de los productos y servicios de valor directo e indirecto). El valor de no uso puede ser de legado (la disponibilidad de paisaje, biodiversidad que afecta a las generaciones futuras) y de existencia que se refiere a la satisfacción que produce la mera existencia del recurso (Pearce *et al.* 1989). La mayoría de los productos y servicios se caracterizan por la ausencia de mercados, por ello suelen llamarse productos y servicios de no mercado. Las medidas de política forestal deben tener en cuenta el valor total de los bosques, de forma que las externalidades se incluyan a las decisiones de gestión con un enfoque multifuncional.

El modelo de Faustmann no refleja el valor de los múltiples servicios que provee el bosque aparte de la madera. Hartman generaliza el problema de Faustmann incluyendo los distintos servicios de uso múltiple de un rodal. En el análisis se considera la gestión de un rodal de edad homogénea en la situación inicial antes de la plantación. El problema consiste en seleccionar el turno óptimo que maximiza los beneficios conjuntos de la madera y los demás servicios de uso múltiple (Bowes y Krutilla 1989).

En un bosque homogéneo, el flujo de beneficio neto de los productos de no mercado es $g(t)$, y depende de la edad de la plantación t . Dependiendo del tipo de servicio, $g(t)$ puede aumentar o disminuir con la edad de la plantación, por ejemplo el valor del paisaje aumenta con la edad de los árboles, pero el valor del ciclo de agua disminuye con la edad (Figura 3.2).

Figura 3.2. Valor de uso múltiple: turno de Faustmann (T_F) y turno de Hartman (T_H).



Para un período de rotación T el valor actual de los servicios de no mercado de una hectárea de rodal es:

$$\int_0^T g(t) e^{-rt} dt$$

y el valor actual del beneficio neto de los servicios de no mercado, es la suma actualizada de estos flujos de servicios a lo largo de todos los ciclos de corta:

$$\Psi(T) = \frac{1}{1 - e^{-rT}} \int_0^T g(t) e^{-rt} dt$$

El problema de Hartman consiste en seleccionar el turno T que maximiza el valor actual conjunto de la corta de madera y de los servicios de no mercado de una hectárea de rodal, donde

$$\begin{aligned} \Phi^* &= \underset{T}{Max} (\lambda(T) + \Psi(T)) \\ &= \underset{T}{Max} \left[\frac{1}{1 - e^{-rT}} \left[pf(T)e^{-rT} + \int_0^T g(t)e^{-rt} dt - c \right] \right] \end{aligned}$$

Φ^* es el valor total de una hectárea de rodal y $\lambda(T)$ es el valor de la madera definido en el problema de Faustmann. El valor total de una hectárea de rodal refleja el valor presente de la madera y de los servicios de no mercado. La solución del turno óptimo T_H , ha de satisfacer la condición de primer orden:

$$pf'(T) + g(T) = rpf(T) + r \left(pf(T)e^{-rT} + \int_0^T g(t)e^{-rt} dt - c \right) / (1 - e^{-rT}) \quad [9]$$

donde $g(T) = \int_0^T g(t) e^{-rt} dt$

Los dos primeros términos de la parte izquierda de la ecuación [9] son el incremento marginal en valor por crecimiento de la madera y por el flujo de beneficios de los servicios de no

mercado, que debe ser igual a los dos términos de la parte derecha de la ecuación; el coste de oportunidad de corta de la madera y el coste de oportunidad de la tierra $r\Phi$, donde $\Phi = \frac{1}{1 - e^{-rT}} \left[pf(T)e^{-rT} + \int_0^T g(t)e^{-rt} dt \right]$ es el valor actual neto del bosque o coste de oportunidad de la tierra. La condición de máximo puede expresarse como:

$$pf'(T) + g(T) = rpf(T) + r\Phi \quad [10]$$

o bien

$$\frac{pf'(T) + g(T)}{pf(T) + \phi} = r$$

En el problema de Faustmann, el turno óptimo iguala el beneficio marginal de retrasar la corta un período al coste de oportunidad de no cortar. En la formulación de Hartman el turno óptimo iguala el beneficio marginal del crecimiento de la madera y de los servicios de no mercado a los costes de oportunidad de corta de la madera y de la tierra.

En el caso de que los servicios de no mercado tengan beneficio nulo $g(t)=0$, la expresión [10] es igual al turno óptimo de Faustmann. La función de beneficio de los servicios de no mercado puede ser creciente, constante o decreciente. Si los beneficios crecen indefinidamente con la edad de la plantación no interesa cortar nunca, y si son constantes el manejo del bosque sigue el turno de Faustmann. La rotación de Hartman T_H estará entre la rotación de Faustmann T_F y la rotación que maximiza el valor actual de considerar únicamente los beneficios de los servicios de no mercado $g(t)$. La rotación óptima de Hartman T_H es función del valor de los servicios de no mercado y del valor de la madera. Si el valor de los servicios de no mercado aumenta con la edad de la plantación, la rotación de Hartman superará a la de Faustmann $T_H > T_F$, pero si el valor de los servicios de no mercado disminuye con la edad, la rotación de Hartman será más corta que la de Faustmann T_F (Figura 3.2).

Perman *et al.* (1999) señala que la inclusión de los beneficios de servicios de no mercado, afecta al turno óptimo de dos maneras: i) el valor actual del flujo de los beneficios de no mercado

en cualquier rotación, $g(T) = \int_0^T g(t) e^{-rt} dt$, entra en la ecuación [10] directamente. *Ceteris paribus*, un valor positivo de $g(T)$ implica un valor menor de $f'(T)$, y por tanto el período de rotación T se alarga; ii) beneficios de no mercado positivos incrementan el valor de la tierra, por lo que aumenta el coste de oportunidad de mantener la plantación y en consecuencia el período de rotación T tiende a reducirse. El efecto predominante depende de las funciones del crecimiento de la madera $f(T)$ y de los servicios de no mercado $g(T)$.

Los resultados de los análisis de estática comparativa para la gestión multifuncional son más complejos que en el caso de Faustmann (Bowes y Krutilla 1985): un precio de la madera más elevado (menor) reduce (aumenta) el turno óptimo si la solución de Hartman T_H es mayor (menor) que la de Faustmann T_F cuando se ignoran los costes de plantación. Un aumento proporcional en $g(t)$ para cada edad t alarga (acorta) la rotación en caso de que la rotación de Hartman sea mayor (menor) que la rotación de Faustmann. Un aumento proporcional en el precio de la madera y en los valores de los servicios de no mercado reduce la rotación óptima.

Un aumento en el tipo de interés no implica necesariamente la reducción del turno de corta. Por una parte, si se considera el valor de la madera, un tipo de interés elevado incrementa el coste de oportunidad de retrasar la corta y reduce el turno. Por otra parte, un tipo de interés elevado tiende a aumentar la tasa de crecimiento relativo de los valores de no mercado del rodal definidos por $\frac{g(T)}{\int_0^T g(t)e^{-rt} dt}$. En caso de que la suma de beneficios de no mercado sea mucho mayor que el valor de la madera, un tipo de interés elevado puede alargar la rotación óptima.

Algunos autores señalan que los valores de uso múltiple pueden tener un impacto reducido sobre el turno óptimo (Calish *et al.* 1978). Sin embargo, conviene tener en cuenta la importancia de los servicios de no mercado, ya que algunos bosques pueden tener una productividad baja de madera, o valores de no mercado elevados. Otra cuestión importante se refiere a la consideración de los valores de múltiple uso de un rodal individual y su medición, ya que los valores de uso múltiple de un rodal dependen de las condiciones de gestión de los rodales circundantes, lo que implica que puede haber interacción entre rodales y ser necesario un análisis más complejo.

3.5 Máximo rendimiento sostenible

El criterio de máximo rendimiento sostenible, viene dado por el máximo incremento anual medio o máximo rendimiento sostenible biológico (Newman 1988). Este criterio genera el máximo volumen medio anual de madera, y maximiza el valor del producto medio anual. La gestión de bosques según este criterio ignora el tipo de interés ($r=0$), y el máximo rendimiento sostenible se alcanza cuando el incremento anual corriente iguala al incremento medio anual (Hartwick *et al.* 1998). La expresión matemática es $f'(T) = \frac{f(T)}{T}$ y el problema a maximizar se define por la expresión (Bowes y Krutilla 1985):

$$\text{Max } \frac{pf(T) - c}{T}$$

y la condición necesaria de máximo es:

$$\frac{pf'(T)}{pf(T) - c} = \frac{1}{T}$$

El turno óptimo de máximo rendimiento T_M iguala el crecimiento relativo de la madera al valor anual medio. Comparando con el turno de Faustmann T_F , el valor de $r/(1-e^{-rT})$ es mayor que el valor de $1/T$, y como consecuencia la rotación T_M es mayor que la rotación de Faustmann T_F . Samuelson (1976) argumenta que cuando la tasa de interés en la rotación de Faustmann es cero, la rotación óptima es la del máximo rendimiento. Algunos autores sugieren que la rotación de máximo rendimiento fomenta los valores de uso múltiple del bosque.

3.6 El modelo de explotación forestal en la zona de estudio

En el modelo de explotación forestal de la zona se han planteado los problemas de Faustmann y Hartman. Para definir los dos problemas es necesario conocer la función de crecimiento de los árboles, los parámetros precio de la madera, los costes de explotación, el tipo de interés, y la función del flujo de los servicios de no mercado que se va a considerar: paisaje y ciclo del agua.

La zona de estudio abarca los valles de Ansó y Hecho y en la zona se ha estudiado la especie *Pinus Sylvestris L.* La función de crecimiento de la madera se ha especificado como una función logística, que suele utilizarse en los procesos de crecimiento biológico. La función tiene un crecimiento muy rápido al principio y posteriormente la tasa de crecimiento se va reduciendo. La ecuación diferencial que representa la dinámica del crecimiento logístico se expresa como:

$$f'(T) = \alpha f(T) - \frac{\alpha [f(T)]^2}{\beta} \quad [11]$$

donde α y β son parámetros de la ecuación, y el parámetro β expresa el volumen de crecimiento máximo de la madera. El primer término a la derecha de la ecuación diferencial, $\alpha f(T)$, genera un crecimiento lineal, y el segundo, $\alpha [f(T)]^2$ es el término cuadrático que retarda el crecimiento hasta llegar el máximo volumen β .

Al integrar la ecuación [11] se obtiene la función de crecimiento logístico:

$$V = f(T) = \frac{\beta}{(1 + e^{\gamma + \alpha T})}$$

El aspecto interesante del modelo, ya mencionado, es que la tasa inicial de crecimiento aumenta rápidamente hasta un período de tiempo, en el que se produce un mayor aumento del volumen de madera. Posteriormente, la tasa de crecimiento empieza a descender hasta que el volumen de madera alcanza el límite superior β .

La especificación de la función de crecimiento se introduce en la fórmula de Faustmann para obtener el turno óptimo:

$$\max_T \left(p \frac{\beta}{(1 + e^{\gamma + \alpha T})} e^{-rT} - c \right) / (1 - e^{-rT})$$

Como se observa, la función a maximizar depende de los parámetros α , β y γ , el precio de la madera p , el coste de explotación c , y el tipo de interés r .

El turno óptimo de Hartman incorpora funciones de flujo de servicios de no mercado. En el trabajo se han considerado los servicios uso recreativo del paisaje y ciclo del agua. La función del uso recreativo del paisaje se ha especificado como una ecuación no lineal con dos parámetros, y el valor del paisaje depende de la edad de los árboles. La función expresa el valor del paisaje como función creciente de la edad de la masa forestal y se define mediante la expresión:

$$g_p(t) = b_0(1 - e^{-bt})$$

La función especificada para el ciclo del agua es una ecuación con tres parámetros, decreciente con la edad de la masa forestal. La ecuación se define mediante la expresión:

$$g_a(t) = c_0 + c_1e^{-c_2t}$$

Los parámetros son positivos y el signo negativo del parámetro c_2 reduce el valor del ciclo del agua cuando aumenta la edad de la masa forestal.

La fórmula de Hartman optimiza el turno T que maximiza el valor actual neto total de la masa forestal. El turno óptimo se determina con un objetivo de bienestar social que incorpora los beneficios derivados de la madera y los beneficios derivados de las externalidades ambientales. El turno óptimo de Hartman se obtiene al maximizar la expresión:

$$\max_T \left[\frac{1}{1 - e^{-rT}} \left(p \frac{\beta}{(1 + e^{\gamma + \alpha T})} e^{-rT} + \int_0^T b_0(1 - e^{-bt})e^{-rt} dt + \int_0^T (c_0 + c_1e^{-c_2t})e^{-rt} dt - c \right) \right]$$

4. RESULTADOS

En el trabajo se han estudiado dos enfoques distintos de gestión forestal, asumiendo que el suelo se dedica permanentemente a la actividad forestal. El primero contempla la gestión forestal óptima que maximiza el valor de la madera, y el segundo la gestión forestal óptima multifuncional, que maximiza el valor de la madera y de los servicios de no mercado o externalidades ambientales: el uso recreativo del paisaje y el ciclo del agua. Los dos enfoques se han aplicado para dos métodos de corta: el aclareo sucesivo uniforme y la entresaca.

4.1 Obtención de los datos para estimar las funciones

Para obtener la función del crecimiento de la masa por el método de aclareo sucesivo se han empleado los datos de producción de la especie de *Pinus Sylvestris L.* del sistema pirenaico, elaborados por el INIA (1986). La información corresponde a la producción de la especie en 30 parcelas en las provincias de Huesca y Lérida, como zonas típicas de producción de pino silvestre en España. La mayoría de las parcelas están localizadas en la zona de estudio y en los municipios cercanos. Las tablas de producción se han elaborado a intervalos de edad de diez años, desde una edad inicial de 30 años hasta una edad límite de 120 (Cuadro A.1 del Anexo).

Entre las varias variables que influyen a la producción de la madera de pino silvestre, se han seleccionado las que tienen una mayor importancia en relación con el objetivo del trabajo: el *diámetro cuadrático medio* (en cm) de cada edad, *el volumen antes de corta* (m^3/ha) de la masa, *el volumen que se produce después de la corta*, la *masa total* que es igual a la suma del volumen extraído y del volumen de la masa después de la corta, y el *crecimiento medio anual* y el *crecimiento corriente anual*. El *crecimiento medio anual* para cada intervalo de tiempo es el cociente del volumen después de la clara, tanto de la masa principal como total, dividido por la edad, mientras que el *crecimiento corriente anual* es la diferencia del volumen de la masa total y el volumen correspondiente a la clase de edad anterior dividido por el número de años que conste el intervalo.

Los datos de precio, coste de plantación y tratamientos selvícolas, y coste de talar la masa forestal empleados proceden de la empresa Tecnosylva que los utiliza en la realización de presupuestos para la ordenación de montes de pino silvestre y que se aproximan a los de la zona de estudio. Estos datos se han utilizado para calcular la rotación por el método de aclareo sucesivo

uniforme. El modelo que determina la rotación maximiza el valor actual neto de los ingresos menos los costes. Los ingresos de la madera son iguales al precio de la madera por el volumen de madera producida, y los costes incluyen el coste de plantación, el coste de tratamiento y el coste de corta de la masa al final del período de rotación. El precio de la madera de pino silvestres es 72,12 €/m³, los costes de plantación y tratamiento son 2.404,05 €/ha, y el coste de cortar la masa al final del período de rotación es 15,63 €/ha.

El turno óptimo se ha calculado desde el punto de vista social, por lo que se ha tomado un tipo de interés del uno por cien, más bajo que el tipo de interés del mercado. Perman *et al.* (1999), Montgomery y Adams (1995), y Romero (1997) señalan que el tipo de interés de mercado penaliza a las generaciones futuras. La validez del tipo de interés de mercado como referencia válida de la tasa de descuento social, es cuestionable ya que depende de condiciones que no se cumplen en la práctica: existen fallos de mercado y las tasas de preferencia temporal o las tasas de retorno del capital que se observan en los mercados pueden ser pautas inapropiadas para la tasa de descuento social.

Otro argumento en contra de la tasa de descuento es que la maximización de la función de utilidad social puede ser incompatible con la sostenibilidad. Perman *et al.* (1999) señalan que una tasa de descuento no puede deducirse a partir de criterios éticos, ya que las cuestiones de equidad entre generaciones y de sostenibilidad son incompatibles con la selección de una tasa de descuento apropiada. En este trabajo se ha optado por una solución pragmática, seleccionando una tasa de descuento inferior al tipo de interés del mercado.

En los cálculos del turno óptimo de Hartman se han incorporado los servicios de no mercado del uso recreativo del paisaje y del ciclo de agua. Debido a la ausencia de mercados para estas externalidades, se ha intentado internalizar sus valores mediante la técnica de la transferencia de valores (benefit transfer) que consiste en utilizar los valores estimados de beneficios de los servicios ambientales de otros trabajos y transferidos a la zona de estudio (Scarpa *et al.* 2000a).

Para estimar la función del uso recreativo del paisaje, se ha estimado inicialmente el número de visitas/ha-año y posteriormente el precio de cada visita. El valor estimado del paisaje es el producto del número de visitas por el precio de cada visita. Para el número de visitas se han

utilizado los datos sobre los visitantes en la provincia de Huesca durante el período 1995 - 2000 y los visitantes de la zona disponible para el año 1995.

Según los datos del Consejo Económico y Social de Aragón (1996 y 2001), la estimación del número de visitantes en Huesca en el año 1995 ascendió a 365.000, y en el año 2000 ascendió a 530.000 visitantes. Durante ese período la provincia experimentó un aumento del número de visitantes del 45 por cien. El estudio del Instituto Pirenaico de Ecología (1995) estima que en el año 1995 la zona de estudio recibió unos 182.000 visitantes, que constituyen el 50 por cien de los visitantes de la provincia. Se ha supuesto que en el período 1995 - 2000 el número de visitantes de Ansó y Hecho ha experimentado la misma evolución que el de la provincia, es decir un aumento del 45 por cien. A partir de esta estimación, se ha evaluado el número de visitas en la zona de estudio para el año 2000 en unas 264.000. Dividiendo el número anual de visitas por la superficie forestal arbolada de la zona (20.000 ha) se ha estimado que la zona recibe unas 13 visitas/ha-año.

En cuanto a la estimación del valor de cada visita mediante la técnica de transferencia de valores, se ha acudido a la literatura nacional e internacional sobre este tema (Azqueta y Perez 1996, Caparrós et al. 2001, Kriström y Skanberg 2001, Merlo y Boschetti 2001, Plan Forestal Español 2002, Navrud 1992, Scarpa et al. 2000b, Scarpa *et al.* 2000c). Los valores estimados varían de un país a otro según el tipo de gestión que se aplica, las características del bosque, y el método de valoración. Aplicando la técnica de transferencia de valores, el valor estimado de cada visita es 14,75 €. Así pues, el valor estimado del uso recreativo del paisaje para la zona de estudio es 191,75 €/ha-año, que es el producto de número de visitas, 13 visitas/ha-año, por el valor de cada visita, 14,75 €/visita.

Para estimar el valor del ciclo del agua se han empleado datos sobre la demanda de agua y el precio del servicio del ciclo del agua de los bosques. Según el Libro Blanco del Agua en España (MIMAM 2000), la demanda anual de agua en la cuenca de Ebro es 7.150 hm³, de los que 313 hm³ abastecen la demanda urbana y 415 hm³ abastecen la demanda industrial. Puesto que el territorio de la Comunidad Autónoma de Aragón provee el 50 por cien del caudal de agua del Ebro, se ha estimado que el territorio de Aragón provee 364 hm³/año de agua a la demanda urbana e industrial. En cuanto al precio del servicio del ciclo del agua que proveen los bosques, Rojas (1999) estima un valor de 0,05 €/m³, y en la zona de estudio se ha utilizado un valor de 0,06 €/m³. El valor estimado

del servicio del ciclo del agua de los bosques de Aragón es igual a 21.840.000 €. Dividiendo esta cantidad por las hectáreas de superficie forestal arbolada (528.700 Ha), se obtiene un valor para el servicio de ciclo del agua de los bosques igual a 41,5 €/ha-año.

En el método de entresaca, los datos empleados en los cálculos para optimizar los beneficios proceden también de la empresa Technosylva, y corresponden a la gestión de una masa de pino silvestres de estructura irregular con árboles de edad heterogénea. En el modelo se calcula el VAN de los beneficios y costes de una estructura irregular del bosque con el método de entresaca. Los ingresos que se derivan de la madera son iguales al precio de la madera de cada clase diamétrica por el volumen de madera producido. El período de intervención considerado en la gestión de la estructura irregular es cada 15 años. En el cuadro A.2 del Anexo se exponen los datos de la *masa inicial* para cada clase diamétrica, la *masa extraída* y el *volumen cortado*, y los *precios* respectivos. Los costes de los tratamientos selvícolas de la estructura irregular y los costes de corta alcanzan los 1.436 €/ha.

En el método de aclareo sucesivo, la estimación de los parámetros de las funciones del crecimiento de la masa, y de las funciones de valor del uso recreativo del paisaje y del ciclo del agua, se ha realizado mediante el programa econométrico SHAZAM. El procedimiento utilizado ha sido la regresión no lineal con el método de máxima verisimilitud. Para solucionar los problemas de convergencia se han reestimado las ecuaciones utilizando distintos valores iniciales de los parámetros de cada función. La optimización del turno óptimo se ha realizado utilizando el programa Mathematica, definiendo la función objetivo como el valor actual neto de los costes y de los bienes y servicios proporcionados.

4.2 Estimación de las funciones

Los resultados de la gestión del bosque se obtienen a partir de la estimación de las funciones utilizadas. La función del crecimiento logístico se define como:

$$f(T) = \frac{\beta_0}{(1 + e^{\gamma + \alpha T})} - \beta_1$$

y en la estimación se obtiene la siguiente expresión:

$$f(T) = \frac{839}{(1 + e^{2,4333 - 0,045895T})} - 62,999$$

Los parámetros estimados tienen los signos esperados y son significativos. El valor de $\alpha = -0,04589$ es negativo y reduce el crecimiento hasta el máximo volumen de la madera $\beta_0 = 839 \text{ m}^3$. El parámetro $\beta_1 = -62,999$ es la ordenada en el origen. La representación gráfica de esta función logística toma la forma de una curva en forma de S (Figura 4.1).

Para estimar los servicios de no mercado en los cálculos del turno óptimo de Hartman, se ha definido el valor de los servicios como función de la edad de la masa forestal. La función del uso recreativo del paisaje se define mediante la expresión:

$$g_p(t) = b_0(1 - e^{-b_1t})$$

y los resultados de la estimación son:

$$g_p(t) = 192,01 (1 - e^{-0,0172t})$$

Los signos de los parámetros son apropiados y significativos. La Figura 4.2 muestra la relación entre el valor del uso recreativo del paisaje y la edad de la masa, e indica que este valor aumenta con la edad de la masa forestal.

Figura 4.1 Función de crecimiento logístico de la masa forestal de *Pinus Sylvestris* en m^3/ha

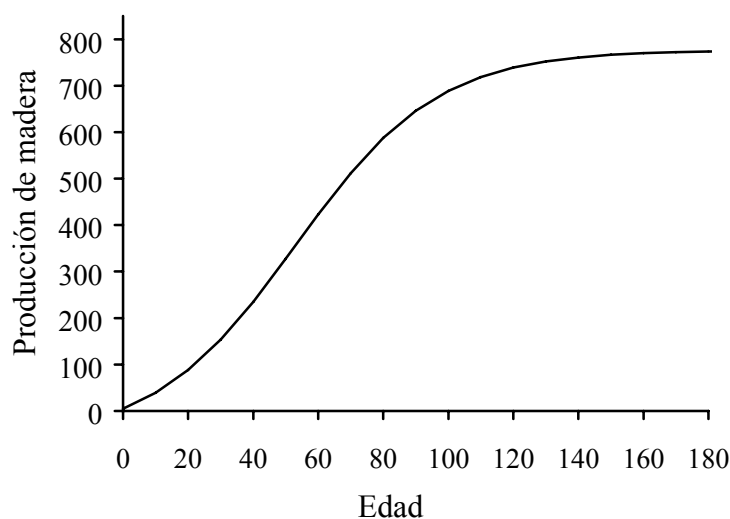
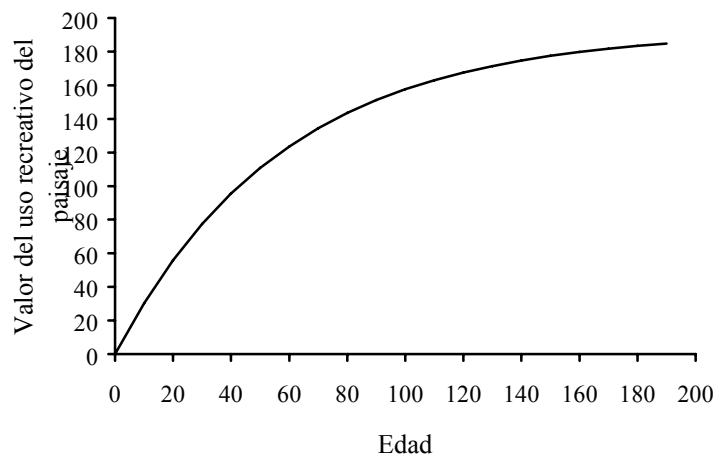


Figura 4.2 Función del uso recreativo del paisaje en €/ha



La función del ciclo del agua se define como:

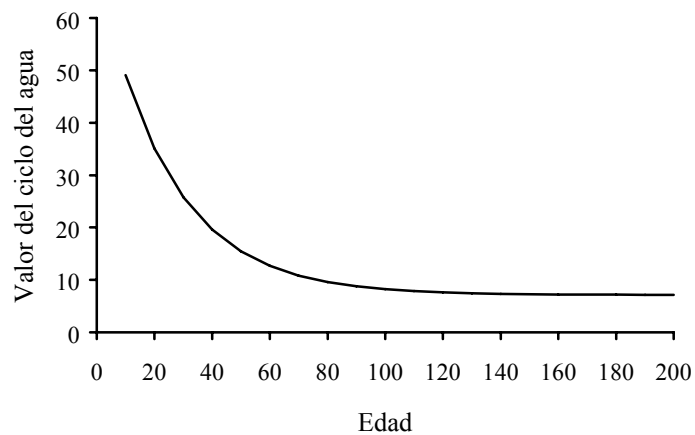
$$g_a(t) = c_0 + c_1 e^{-c_2 t}$$

y los resultados de la estimación son:

$$g_a(t) = (7,1338 + 62,861 e^{-0,0405t})$$

La Figura 4.3 muestra la relación entre el valor del uso recreativo del paisaje y la edad de la masa forestal e indica que el valor disminuye conforme aumenta la edad de la masa.

Figura 4.3 Función del ciclo del agua en €/ha



4.3 Turno de Faustmann

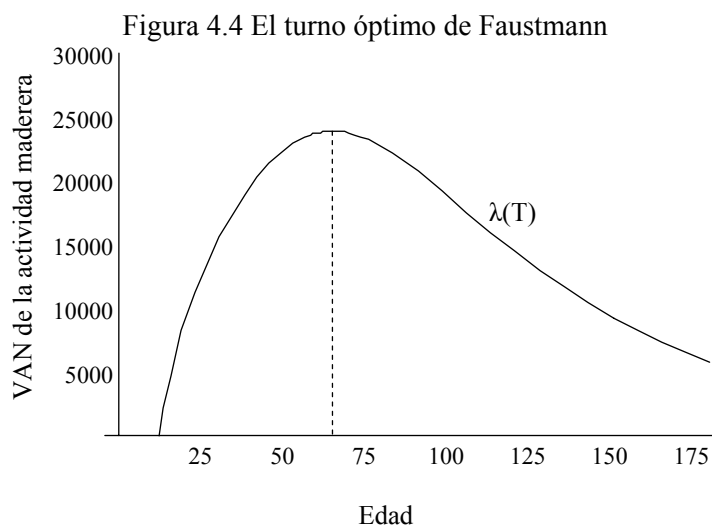
Las funciones estimadas y los datos de precio, costes de plantación y tratamiento, coste de corta de la masa al final de la rotación, y tipo de interés constituyen la información necesaria para calcular el turno óptimo. Cuando se aplica el método de aclareo sucesivo uniforme y la masa forestal se gestiona con el fin de maximizar el VAN de la actividad maderera, el turno óptimo de Faustmann T_F , se determina mediante la expresión:

$$\max_T \frac{(p - c_c) * \left(\frac{\beta_0}{(1 + e^{\gamma + \alpha T})} - \beta_1 \right) * e^{-rT} - c_{pt}}{1 - e^{-rT}}$$

donde $p = 72,12 \text{ €/m}^3$ es el precio de la madera, $c_c = 15,63 \text{ €/ha}$ es el coste de corta de la masa al final del período de rotación, $c_{pt} = 2.404,05 \text{ €/ha}$ es el coste de plantación y tratamientos selvícolas, $r = 0,01$ es el tipo de interés, y $\frac{\beta_0}{(1 + e^{\gamma + \alpha T})} - \beta_1$ es la función de crecimiento logístico estimada anteriormente. Los resultados del turno óptimo T_F , se han obtenido maximizando la expresión:

$$\max_T \frac{(72,12 - 15,63) * \left(\frac{839}{(1 + e^{2,4333 - 0,045895T})} - 62,999 \right) * e^{-0,01T} - 2.404,05}{1 - e^{-0,01T}}$$

Los resultados indican que el turno óptimo que produce el máximo VAN ronda los 65 años y el VAN obtenido de la actividad maderera es 23.909 €/ha. La Figura 4.4 muestra las relaciones entre la edad de la masa forestal y el VAN de la actividad maderera.



Cuando se ignora el tipo de interés ($r=0$) la rotación de Faustmann aumenta y se iguala a la rotación de máximo rendimiento sostenible o de máximo volumen medio anual de madera. Esta rotación óptima ronda los 79 años, que coincide con el turno de máximo rendimiento sostenible en las tablas de producción de pino silvestre en el sistema pirenaico (INIA, 1986), y el máximo volumen medio anual de la madera es 7,3 m³/ha. Sin embargo, los resultados del trabajo difieren de los resultados de Rojo y Montero (1996) para el sistema central con régimen moderado de claras. El máximo rendimiento sostenible para pino silvestre de alta calidad de la mejor calidad, lo obtienen estos autores para un turno de 76 años con un crecimiento medio anual de 15,90 m³/ha.

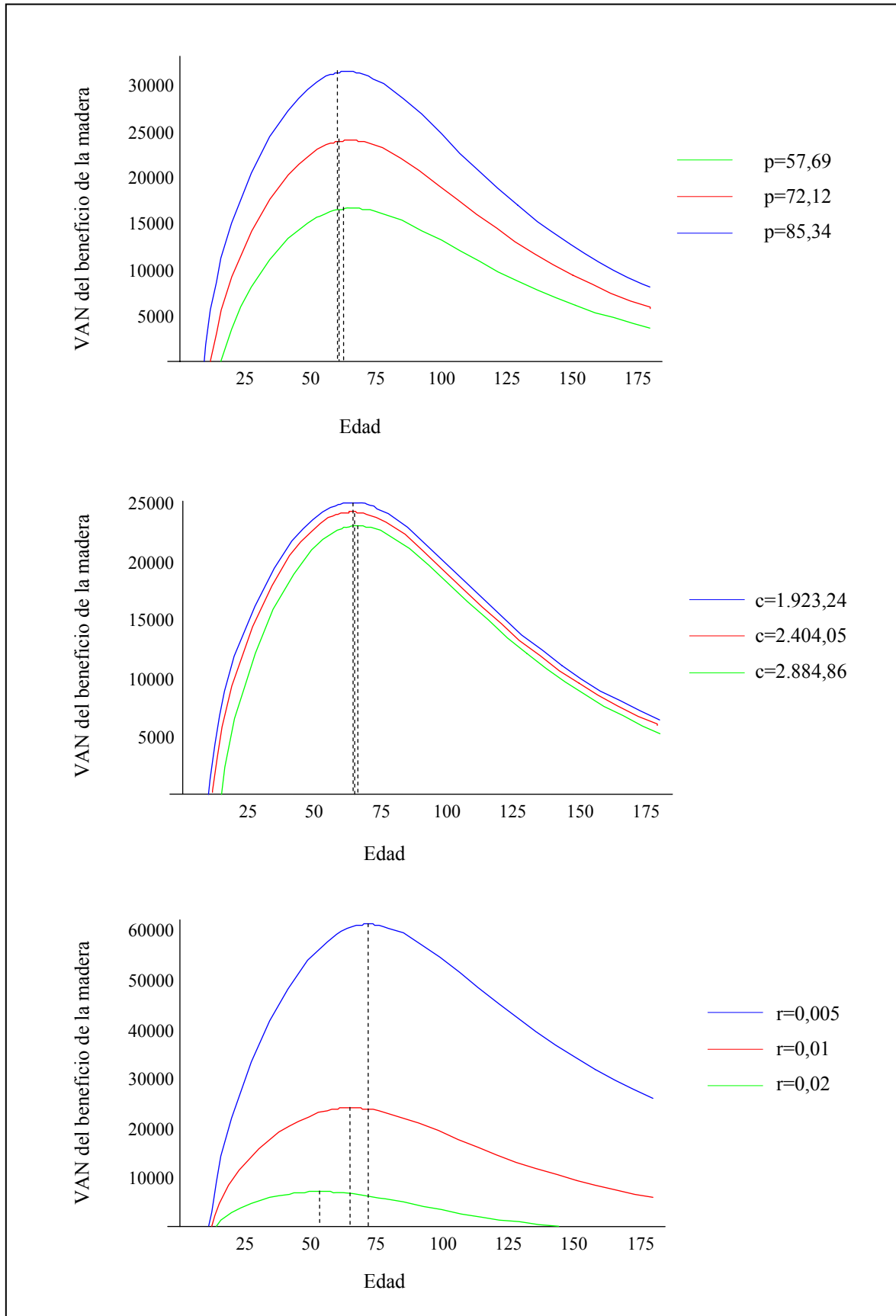
Se ha realizado un análisis de estática comparativa para determinar la influencia de las variaciones en el precio, costes de plantación y tratamientos selvícolas, y tipo de interés en el turno óptimo. El cuadro A.3 del Anexo muestra los resultados de los turnos óptimos obtenidos y los VAN correspondientes, para un aumento y disminución del 20 y el 40 por cien del precio y de los costes de plantación y tratamientos selvícolas. Los resultados muestran la sensibilidad del turno óptimo frente a estos cambios.

En el cuadro 4.1 se observa que un aumento (disminución) del 20 por cien en el precio de la madera, *ceteris paribus*, reduce (alarga) el turno óptimo un año (dos años) y aumenta (disminuye) el VAN en un 31 por cien (-31 %) de la actividad maderera.

Cuadro 4.1 Turno de Faustmann ante variaciones en el precio, el tipo de interés y los costes.

Precio (€/m ³)	Tipo de interés (%)	Coste (€/ha)	Turno óptimo (años)	VAN (€/ha)
57,69	1	2.404,05	67	16.533
72,12	1	2.404,05	65	23.909
86,55	1	2.404,05	64	31.307
72,12	0.5	2.404,05	72	60.943
72,12	1	2.404,05	65	23.909
72,12	2	2.404,05	53	6.992
72,12	1	1.923,24	64	24.919
72,12	1	2.404,05	65	23.909
72,12	1	2.884,86	66	22.909

Figura 4.5 Turno de Faustmann ante cambios en el precio, los costes y el tipo de interés



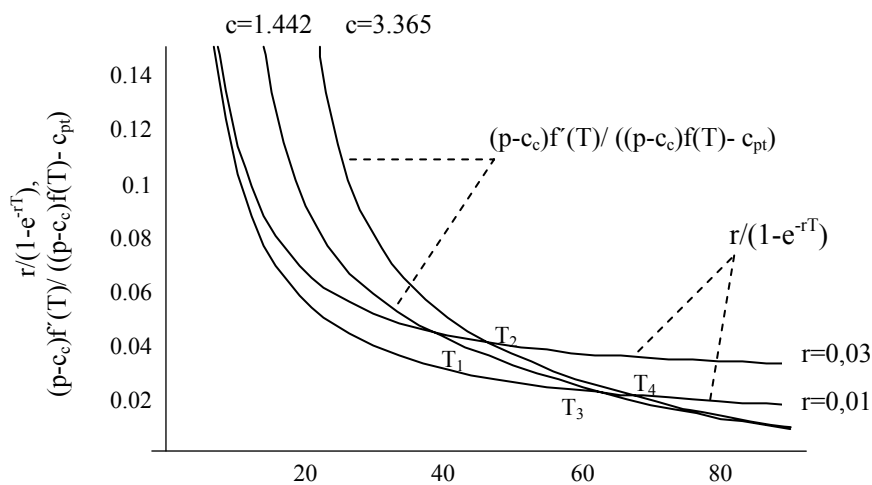
Un aumento (disminución) del 20 por cien en los costes de plantación o tratamientos, *ceteris paribus*, produce un ligero alargamiento (reducción) del turno óptimo de un año y una ligera disminución (aumento) en el VAN del 4 por cien. Un aumento del 1 por cien (disminución del 0,5 por cien) en el tipo de interés, *ceteris paribus*, reduce (alarga) el turno óptimo a 12 años (+7 años) y disminuye (aumenta) el VAN en un 71 por cien (+150 %). La figura 4.5 muestra el VAN de la actividad maderera para los distintos precios, costes y tipos de interés, y se comprueba que el mayor impacto sobre el VAN y el turno lo producen los cambios en el tipo de interés y en el precio.

El análisis de estática comparativa puede aplicarse a la condición necesaria de máximo o fórmula de Faustmann:

$$\frac{(p - c_c)f'(T)}{(p - c_c)f(T) - c_{pt}} = \frac{r}{(1 - e^{-rT})}$$

que es la ecuación [2] del capítulo 3. El término $\frac{(p - c_c)f'(T)}{(p - c_c)f(T) - c_{pt}}$ indica que la duración de la rotación aumenta conforme se incrementan los costes c_{pt} de plantación y tratamiento. La razón es que el incremento de costes reduce el valor del bosque y por tanto aumenta la rentabilidad del rodal. El término $r/(1 - e^{-rT})$ es estrictamente creciente para aumentos en el tipo de interés r , y como el término $(p - c_c)f'(T) / ((p - c_c)f(T) - c_{pt})$ es estrictamente decreciente en T , la duración del período de rotación T se reduce (Hanley et al. 1997).

Figura 4.6 Estática comparativo del turno de Faustmann



La figura 4.6 muestra los cuatro turnos óptimos para las combinaciones de costes $c_{pt}= 1.442$ y $c_{pt}= 3.365$ €/ha, y de tipos de interés $r=0,01$ y $r=0,03$. Al incrementar los costes de plantación y tratamiento, la curva $(p-c_c)f'(T)/((p-c_c)f(T)-c_{pt})$ se desplaza hacia la derecha, y se alarga el turno óptimo. Al aumentar el tipo de interés r , la curva $r/(1-e^{-rT})$ se desplaza hacia arriba, y el turno óptimo se reduce. En la figura se observa que el turno $T_1=39$ años, $T_2= 46$ años, $T_3= 63$ años, y $T_4= 67$ años.

4.4 Turno de Hartman

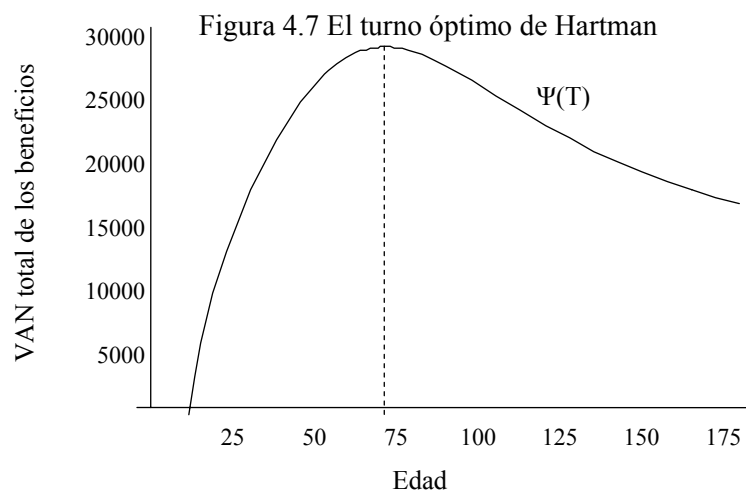
En la gestión forestal multifuncional se considera tanto la actividad maderera como los servicios de las externalidades medioambientales. Bajo este enfoque, el turno óptimo de Hartman T_H , maximiza el VAN total de la actividad maderera y los servicios medioambientales, y se define como:

$$\max_T \left[\frac{1}{1-e^{-rT}} \left((p-c_c) * \left(\frac{\beta_0}{(1+e^{\gamma+at})} - \beta_1 \right) * e^{-rT} + \int_0^T b_0 (1-e^{-bt}) e^{-rt} dt + \int_0^T (c_0 + c_1 e^{-c_2t}) e^{-rt} dt - c_{pt} \right) \right]$$

Introduciendo la estimación de los parámetros, la función a maximizar viene dada por:

$$\max_T \left[\left((72,12 - 15,63) * \left(\frac{839}{1+e^{2,4333-0,045895T}} - 62,999 \right) * e^{-0,01T} \right) / (1-e^{-0,01T}) + \int_0^T 192,01 * (1-e^{-0,0172t}) * e^{-0,01t} dt + \int_0^T (7,1338 + 62,861 * e^{-0,0405t}) * e^{-0,01t} dt - 2.404,05 \right]$$

En la gestión forestal que incorpora las externalidades positivas, el turno óptimo T_H , ronda los 71 años y genera un VAN total de 29.000 €/ha (Figura 4.7).



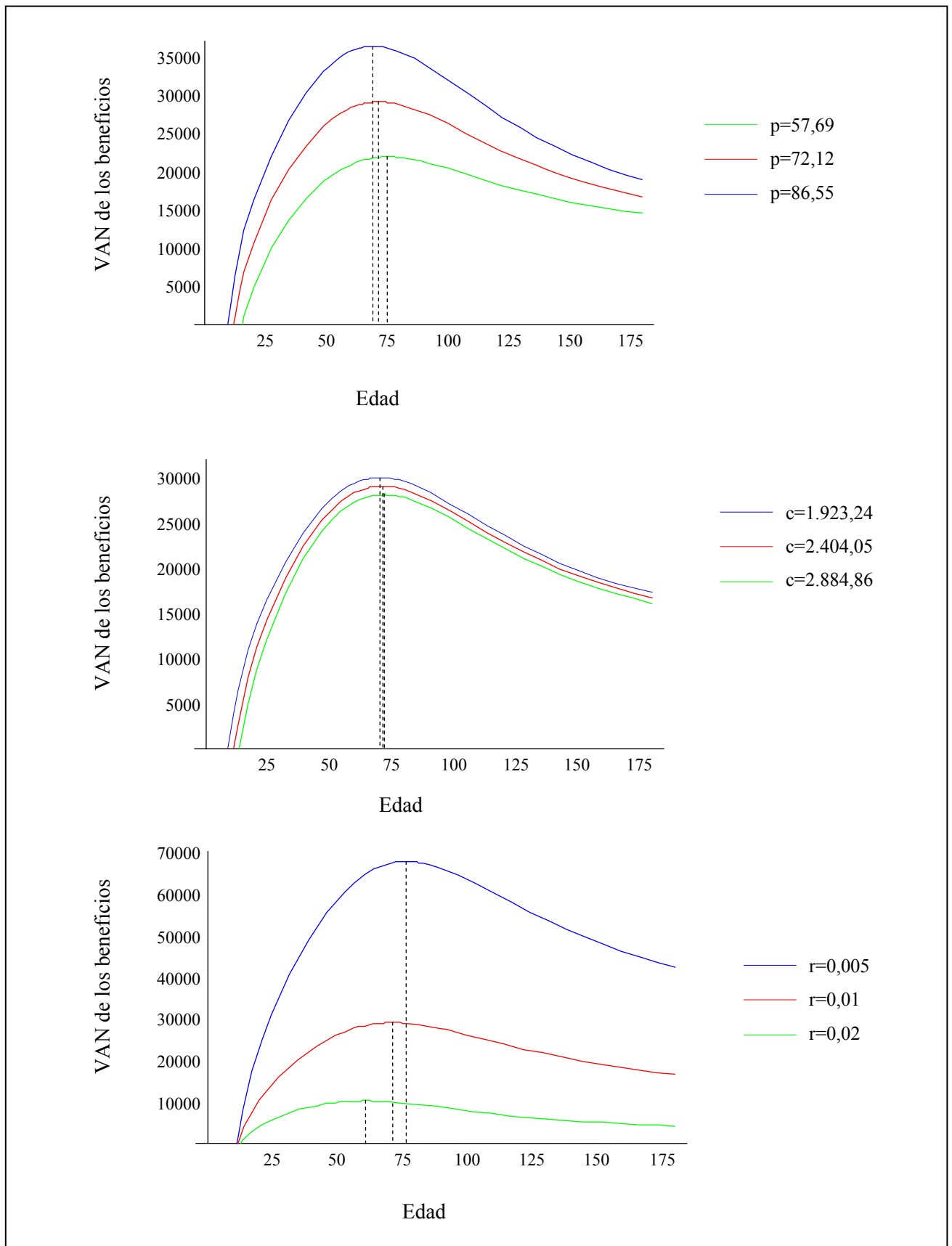
En el análisis de estática comparativa se han simulado variaciones en el precio, costes de plantación y tratamientos, y tipo de interés para determinar la respuesta del turno óptimo de Hartman (Cuadro A.3 del Anexo). Los resultados indican que el turno de Hartman responde de forma similar al turno de Faustmann, aunque la respuesta es más suave en el turno de Hartman. Si el tipo de interés aumenta del 1 al 2 por cien, el turno óptimo T_H se reduce de 71 a 61 años (T_F de 65 a 53 años) y el VAN total cae de 29.001 a 10.226 €/ha, mientras que si el tipo de interés baja del 1 al 0,5 por cien, el turno óptimo pasa de 71 a 76 años (T_F de 65 a 72 años) y el VAN aumenta de 29.001 a 67.619 €/ha (Cuadro 4.2). La figura 4.8 muestra el efecto de las variaciones sobre el turno de Hartman, siendo mayor el impacto del tipo de interés y los precios, como sucedía en el turno de Faustmann.

El turno de Hartman responde de manera similar ante cambios en el valor del uso recreativo del paisaje y el valor del ciclo del agua (Cuadro A.4 del Anexo); un aumento (reducción) en el valor de las externalidades alarga (reduce) levemente el turno óptimo e incrementa (reduce) el VAN. En el cuadro 4.3 se observa que el efecto de los cambios en el valor uso recreativo del paisaje es mayor que el efecto de los cambios en el ciclo del agua. Si el valor del uso recreativo del paisaje aumenta un 40 por cien, el turno T_H pasa de 71 a 74 años y el VAN total se incrementa un 5 por cien, mientras que si el valor del ciclo del agua aumenta un 40 por cien, el T_H pasa de 71 a 72 años y el VAN se incrementa un 2 por cien.

Cuadro 4.2 Turno de Hartman ante variaciones en el precio, el tipo de interés y los costes.

Precio (€/m ³)	Tipo de interés (%)	Coste (€/ha)	Turno óptimo (años)	VAN (€/ha)
57,69	1	2.404,05	75	21.810
72,12	1	2.404,05	71	29.001
86,55	1	2.404,05	69	36.286
72,12	0.5	2.404,05	76	67.619
72,12	1	2.404,05	71	29.001
72,12	2	2.404,05	61	10.226
72,12	1	1.923,24	71	29.947
72,12	1	2.404,05	71	29.001
72,12	1	2.884,86	72	28.062

Figura 4.8 Turno de Hartman ante variaciones en el precio, los costes y el tipo de interés



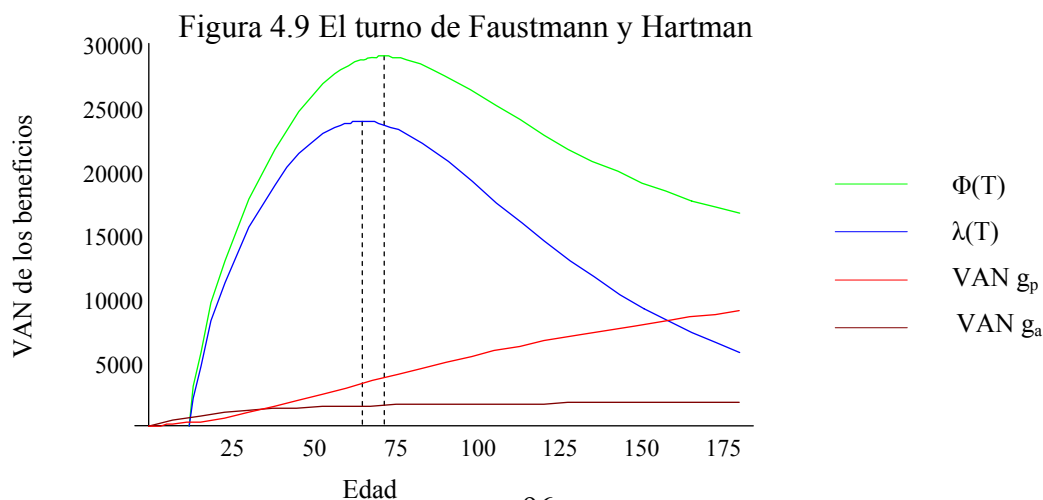
Cuadro 4.3 El turno de Hartman ante cambios en el valor de las externalidades

Variación	Uso recreativo del paisaje			Ciclo del agua		
	60%	100%	140%	60%	100%	140%
T_H	69	71	74	71	71	72
VAN_H	27.533	29.001	30.354	28.371	29.001	29.631

Si se comparan los resultados de los dos enfoques de gestión forestal, incluyendo o excluyendo los servicios medioambientales (Cuadro A.3 del Anexo), se aprecia que la rotación óptima de la gestión multifuncional T_H , es mayor que la rotación óptima de la gestión que solo considera la actividad de la madera T_F , y que la gestión multifuncional proporciona mayores beneficios. El turno T_H es 71 años y el turno T_F es 65 años, que corresponden a un VAN de 29.001 y 23.909 €/ha, respectivamente. El efecto del servicio paisaje es mayor que el efecto del ciclo del agua: el paisaje aumenta el turno óptimo un 9 por cien y el VAN un 15 por cien, mientras que el ciclo del agua aumenta el turno óptimo un uno por cien y el VAN un 6 por cien. El alargamiento del turno óptimo y el aumento de los beneficios es consecuencia del valor de las externalidades incorporadas en la gestión forestal y su relación con la edad de la masa forestal. Los valores de las externalidades, VAN_{g_p} y VAN_{g_a} aumentan conforme se incrementa la edad de la masa forestal (Figura 4.9).

4.5 Método de entresaca

Un procedimiento de gestión de bosques distinto a la estructura homogénea de edades, es la gestión de bosques con estructura irregular. En la estructura irregular hay una distribución de los árboles en clases diamétricas y la gestión se realiza por el procedimiento de entresaca. En la gestión de entresaca apropiada para la zona, se ha considerado un período de quince años, en los que se realiza una corta de árboles de forma que tras la corta se vuelve a la distribución en clases diamétricas que había al inicio del período de quince años, es decir a la situación inicial.



La información sobre esta gestión de entresaca se muestra en el cuadro A.2 del Anexo. El valor actual neto de la entresaca viene dado por:

$$VAN = \frac{I - c}{e^{rT} - 1}$$

donde $I = 4.790$ €/ha son los ingresos obtenidos de la madera cada $T=15$ años, $c = 1.436$ €/ha son los costes de corta y de los tratamientos selvícolas, y r es el tipo de interés igual al uno por cien. Los resultados obtenidos indican que el VAN de la producción de madera por el procedimiento de entresaca es de 20.725 €/ha.

En el análisis de estática comparativa se ha estudiado el efecto del cambio en los precios de madera por clase diamétrica, costes de corta y tratamientos selvícolas, y tipo del interés sobre el VAN de la madera (Cuadro A.5 del Anexo). En el cuadro 4.4 se observa que un aumento (disminución) del 20 por cien en los precios de madera por clase diamétrica *ceteris paribus*, aumenta (reduce) un 29 por cien (-29%) el VAN de la actividad de madera, mientras que un aumento (reducción) del 20 por cien en los costes, reduce (aumenta) un 9 por cien (+9%) el VAN. El aumento del 1 por cien (disminución del 0,5%) del tipo de interés provoca una fuerte reducción del VAN del 54 por cien (+108%).

Introduciendo la valoración de los servicios medioambientales en la gestión por entresaca, se observa que el VAN alcanza los 41.620 €/ha. Los resultados del análisis de estática comparativa se muestran en el cuadro A.6 del Anexo, donde se observa una relación directa entre el valor de las externalidades y el VAN.

Cuadro 4.4 VAN de la actividad maderera por el procedimiento de entresaca

Variación	Ingresos			Costes			Tipo de interés		
	80%	100%	120%	80%	100%	120%	80%	100%	120%
VAN	14.805	20.725	26.644	22.498	20.725	18.952	43.064	20.725	9.587

Cuadro 4.5 Respuesta del VAN ante cambios en la valoración de las externalidades

Variación	Uso recreativo del paisaje			Ciclo del agua		
	60%	100%	140%	60%	100%	140%
VAN	34.456	41.620	48.784	40.426	41.620	42.814

El cuadro 4.5 muestra que al aumentar el valor del paisaje un 40 por cien el VAN sube 17 por cien, y que al disminuir el valor del paisaje un 40 por cien el VAN baja un 21 por cien. El ciclo del agua es una externalidad cuyo valor es menor que el paisaje, por lo que el efecto de las variaciones de su valor sobre el VAN también son menores. El VAN de la madera es 20.725 €/ha mientras que el VAN total que incluye los valores medioambientales es mucho mayor y alcanza los 41.620 €/ha.

4.6 Comparación de los criterios de gestión y métodos de corta

Para comparar el criterio de gestión de la madera y gestión multifuncional y los métodos de corta por aclareo sucesivo con estructura uniforme y entresaca con estructura irregular, se utiliza el VAN que generan ambos criterios de gestión y métodos de corta. La comparación se ha realizado utilizando los valores de los parámetros del escenario base para ambos métodos. En el método del aclareo sucesivo y uniforme el precio de madera es 72,12 €/m³, los costes de plantación y tratamientos selvícolas son 2.404,05 €/ha, el coste de corta final 15,63 €/ha, y el tipo de interés es uno por cien. Los datos de los precios de cada clase diamétrica correspondientes al método de corta de entresaca se muestran en el cuadro A.2 del Anexo.¹ Los costes de tratamientos selvícolas de la estructura irregular son 1.436 €/ha, y el tipo de interés es el uno por cien.

El cuadro 4.6 muestra que la gestión multifuncional forestal, independientemente del método de corta que se aplica, proporciona mayores beneficios que la gestión en la que solo se considera la actividad maderera. Como se ha mencionado, el resultado es consecuencia de incorporar los servicios medioambientales, y de la relación de su valor con la edad de la masa forestal. Si el único beneficio de la masa forestal que se considera es la madera producida, el VAN es 23.909 €/ha cuando se emplea el método del aclareo sucesivo y uniforme, y 20.725 €/ha si se utiliza el método de entresaca. Comparando los dos resultados se concluye que si la política forestal está basada únicamente en la obtención de madera, el método del aclareo sucesivo es más rentable que el método de entresaca.

Cuadro 4.6 Comparación de los enfoques de gestión y los métodos de corta

Método de corta	VAN de la actividad maderera (€/ha)	VAN de los servicios medioambientales (€/ha)	VAN total de la gestión multifuncional (€/ha)
Aclareo sucesivo	23.909	5.092	29.001
Entresaca	20.725	20.895	41.620

Si se consideran los beneficios de la madera y de los servicios medioambientales paisaje y ciclo del agua, el VAN total del método de aclareo sucesivo es 29.001 €/ha, mientras que el VAN total del método de entresaca es 41.620 €/ha, o sea el 44 por cien mayor. Al incluir en la gestión del bosque los servicios medioambientales, el método de entresaca es preferible al método de aclareo sucesivo, ya que el valor de los servicios medioambientales es mucho mayor en la entresaca. En la entresaca la actividad maderera y los servicios medioambientales del paisaje y ciclo del agua tiene un valor similar.

Si se consideran otros servicios medioambientales como biodiversidad o fijación de CO₂, el valor de la actividad maderera reduce su importancia respecto al valor total. Este resultado se confirma en los trabajos realizados sobre la evaluación del valor total del pino silvestre en España. Novillo y Castellano (2000) han estimado el valor del uso múltiple del monte de Valsaín (Segovia) poblado por el pino silvestre, y señalan que si se considera el valor de los productos de mercado madera, pastos, leña, caza y frutos, el beneficio de madera representa el 94 por cien del beneficio total. Al considerar los servicios de no mercado que generan valores de opción, legado, existencia y recreo, la situación cambia ya que los servicios ecológicos y medioambientales representan el 70 por cien de los beneficios, el uso recreativo el 10 por cien, y la madera y otros productos de mercado (pastos, leña, caza y frutos) representan solo el 20 por cien. Caparrós (2000) analiza el valor que proporcionan los diferentes usos del pinar “Cabeza de Hierro” (Madrid), y estima que la mitad del valor procede de los servicios uso recreativo, biodiversidad y fijación de CO₂, mientras que la otra mitad procede del valor de madera, pastos y caza (pastos y caza proporcionan el 10 por cien).

Díaz Balteiro (2000) examina la respuesta del turno óptimo de pino silvestre cuando se incluyen los servicios ecológicos y medioambientales, y señala que para maximizar la fijación de

¹ El precio de la madera de entresaca es también de 72,12 €/m³ para clases diamétricas superiores a 30 cm.

CO₂ en los pinares del monte de Navafría (Segovia) debe alargarse el turno óptimo, lo que supone una reducción del 30 por cien del VAN. El mismo autor ha estudiado la respuesta del turno óptimo de otras especies de crecimiento rápido (*Populus sp*) y medio (*Pinus radiata*) cuando se incluye en la gestión del bosque la fijación de CO₂, y también se observa un alargamiento del turno óptimo (Díaz Balteiro 2002). Otros trabajos de Díaz Balteiro (1998), muestran que el turno óptimo se alarga al incluir en la gestión de bosques el paisaje, resina, frutos y recreo, lo que coincide con los resultados del presente trabajo. En contraste con los resultados de este trabajo el turno óptimo se reduce al incluir el ciclo del agua, y los pastos y setas también acortan el turno óptimo.

En concordancia con los resultados obtenidos en este trabajo, se observa que el tipo de gestión está cambiando en la zona de estudio, como muestran las modificaciones introducidas en la quinta revisión de la ordenación del grupo de montes ordenados de Ansó-Fago (DGA 2001). La gestión de las masas de pino silvestre por el método de aclareo sucesivo con Tramo Permanente, se sustituye por el aclareo sucesivo con Tramo Móvil y estructura semirregular de la masa forestal. Como señalan Prieto y Díaz Balteiro (2001), diversos factores técnicos y socioeconómicos, y la dificultad de aplicar el procedimiento de Tramo Permanente contribuyen al abandono de las ordenaciones de montes. El procedimiento del Tramo Móvil es un modelo de gestión más flexible en cuanto al período de regeneración de la masa que fija la amplitud de la clase de edad. Si en algunos cantones del Tramo Móvil no se logra la regeneración durante el período previsto, el método permite extender la regeneración hasta dos períodos. Puesto que en los cantones de regeneración puede haber varias clases de edad se consiguen estructuras semirregulares de la masa. El procedimiento de Tramo Móvil permite aplicar los principios básicos de la ordenación de montes: la persistencia y estabilidad de las masas, rendimiento sostenido y por lo tanto alcanzar el máximo de utilidades. El procedimiento atiende tanto a la función económica como a las diversas funciones medioambientales; protección contra la erosión, conservación de los hábitats de fauna y flora, mejora de la calidad del suelo y del ciclo del agua, y disminución de los impactos negativos ecológicos y paisajísticos.

En el área de estudio, el método de entresaca se está aplicando en pequeñas zonas donde los servicios medioambientales de protección contra la erosión y protección de la biocenosis limitan el aprovechamiento maderero. En la quinta revisión se enfatiza la importancia de los servicios medioambientales y ecológicos, pero no se cuantifican sus beneficios. Estos beneficios se incluyen

de manera implícita ya que el turno óptimo se alarga de 100 a 120 años. En este trabajo, la consideración de los servicios medioambientales produce un alargamiento del turno óptimo que alcanza los 71 años, aunque solo se han considerado los servicios paisaje y ciclo del agua. La inclusión de otros servicios medioambientales y la introducción de un precio de la madera inferior a los 72,12 €/m³, podría alargar sustancialmente el turno.

Una propuesta realizada en el Plan de Ordenación de Recursos Naturales (IPE, 1995), es la de realizar una explotación forestal intensiva en zonas forestales situadas al sur de los municipios de Ansó y Hecho, y reducir de forma drástica la extracción de madera en las zonas al norte de los municipios, por su elevado valor ecológico y medioambiental. Esta propuesta tiene el inconveniente de que sería necesario un período de varias décadas para empezar a obtener madera, lo que impediría la continuidad de las empresas de aserrado de madera y provocaría la pérdida de los puestos del trabajo de las serrerías. Los habitantes que dependen de la actividad maderera necesitan mantener esta actividad ya que las serrerías dan empleo directo a 31 personas sobre una población de 458 habitantes en Ansó y Hecho. El enfrentamiento entre el ayuntamiento de Ansó y la administración forestal muestra que este conflicto tiene importancia para la población local. Ahora bien, la propuesta del IPE favorece los servicios medioambientales y ecológicos, como la conservación de los hábitats de la biodiversidad y el uso social recreativo, lo que favorece el otro polo de actividad económica para la zona que constituyen los servicios ligados al turismo.

La incompatibilidad del uso forestal productor de madera con otros usos exige la estimación del valor total del bosque, para determinar la importancia de cada uso, que sirve como elemento para elaborar las medidas de política forestal. De esta forma se debe encontrar un equilibrio entre la producción conjunta de múltiples bienes y servicios. Al tener en cuenta los criterios de evaluación económica se dispone de una información más apropiada que sirve para mejorar la toma de decisiones de gestión, el diseño de medidas de política forestal, y el apoyo de la sociedad, y la participación de la población local (Prieto y Díaz Balteiro 2001).

La continuidad de la actividad maderera requiere inversiones en la mejora tecnológica de las serrerías y en los recursos humanos, que sirvan para diversificar la producción y conseguir productos de valor añadido más rentables. La alternativa de potenciar los servicios turísticos, en el marco de la amplia oferta turística de la comarca de la Jacetania, también requiere inversiones en

infraestructura turística y en recursos humanos. La población local debe organizarse y examinar estas alternativas con el apoyo de la administración. Tanto la alternativa de modernizar la actividad maderera como la de potenciar los servicios turísticos requieren un esfuerzo serio por parte de los grupos sociales y de interés de la zona, de puesta en común de recursos privados y de coordinación con el apoyo y los recursos públicos de la administración.

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

5.1 Resumen

En el trabajo se ha estudiado la gestión multifuncional de los bosques de pino silvestre en los municipios de Ansó y Hecho, considerando las distintas funciones de los bosques y los múltiples bienes y servicios que generan. El enfoque del trabajo ha consistido en examinar el método de aclareo sucesivo y de entresaca. En el método de aclareo sucesivo se ha determinado el turno forestal que optimiza simultáneamente la actividad de producción de madera y los servicios de no mercado. Los servicios de no mercado que se han considerado en la gestión multifuncional son el uso recreativo del paisaje y el ciclo del agua.

La sociedad está tomando una mayor conciencia sobre las funciones que desempeñan los bosques y en especial sobre los servicios ecológicos y medioambientales. Estos servicios no tienen mercado, y la creciente demanda social de protección de estos servicios de no mercado supone un cambio en la gestión de los bosques que incorpore los valores de la multiplicidad de los productos y servicios de los bosques. La gestión multifuncional y sostenible es el principio que debe guiar las orientaciones de la política forestal nacional e internacional.

La zona de estudio abarca los municipios de Ansó y Hecho situados en la comarca de la Jacetania, con una superficie de 457,5 km² y una población de 223 habitantes en Ansó y 234 habitantes en Hecho. La baja densidad de población de la zona (3,31 hab/km²) y su envejecimiento cuestionan la conservación del medio natural. La zona destaca por su vocación forestal y ganadera, favorecidas por las características del soporte físico de la cubierta forestal, las condiciones climáticas y la intervención humana. El territorio tiene una gran diversidad litológica, geológica, climática, faunística y florística.

La vegetación forestal se define por pisos según la altitud, los tipos del suelo y la vegetación primaria dominante. Una de las especies forestales esenciales es el pino silvestre, que se encuentra sobre todo en el piso altimontano y en el piso montano húmedo. Los bosques de pinares de pino silvestre, son bosques densos acompañados por arbustos y musgos. A partir de las condiciones en que se desarrollan y la vegetación secundaria que les acompaña, se distingue el pinar *seco con boj* y frecuentemente erizón, y el pinar *musgoso con boj*. Gran parte de los ecosistemas forestales son masas mixtas de pino silvestre y haya, mezcladas con abeto en las partes más altas. Al norte de la

zona con influencia atlántica predominan los bosques de hayas que necesitan más humedad que los bosques de pino silvestre.

Como consecuencia de la variedad florística, la zona se caracteriza también por la diversidad en las especies de fauna, sobre todo especies catalogadas de protección tales como el Oso pardo, el Urugallo, el Pico Dorsiblanco y el Pito Negro. La diversidad vegetativa combinada con la morfología, la altitud y la red fluvial se plasma en panoramas paisajísticos de interés indudable como la Selva de Oza o la Boca del Infierno. Los elevados valores ecológicos, medioambientales y paisajísticos del área de estudio son consecuencia de la diversidad faunística y florística y deben armonizar con la explotación forestal. Las explotaciones forestales y las actividades ganaderas son los principales recursos y ocupan el 82 por cien del territorio, mientras que la superficie de cultivo es muy escasa y sirve de apoyo a la actividad ganadera. Sin embargo, en ambos municipios la mayoría de la población está empleada en el sector servicios.

Los abundantes recursos forestales y paisajísticos marcan la especialización productiva en las actividades madereras y turísticas. Las serrerías de Ansó y Hecho son la principal actividad, aunque se caracterizan por su baja rentabilidad económica debido a la falta de inversiones, al bajo nivel tecnológico del proceso de transformación de productos, a la carencia de formación de recursos humanos, escaso valor añadido de la producción y a la competitividad de los productos en el mercado. A pesar de todo, las serrerías tienen una importante función económica como fuente de ingresos para la población, y provisión de puestos de trabajo, como muestra el conflicto entre el ayuntamiento de Ansó y la administración forestal.

El sector turístico es de carácter estacional u tiene una gran potencial. Este potencial se basa en el paisaje que ofrece el medio natural, los núcleos de población bien conservados, y las actividades turísticas a desarrollar como el esquí de fondo, el senderismo, el ciclismo de montaña, etc. Además, el 54 por cien de la superficie de Ansó y el 27 por cien de la de Hecho están incluidos en la Reserva de Caza, que a su vez coincide con los límites de la Z.E.P.A, cuyo aprovechamiento depende totalmente o parcialmente de los bosques, que son los sistemas ecológicos en los que habita la fauna.

Los montes de la zona son propiedad de los ayuntamientos y han tenido proyectos de ordenación y sucesivas revisiones. Las modificaciones realizadas tras las revisiones periódicas corresponden especialmente a los aspectos relacionados con los tratamientos selvícolas, en función principalmente de la producción de la madera y de algunos servicios medioambientales como la protección contra la erosión y la mejora de la calidad del suelo. Sin embargo, la última revisión de los montes ordenados de Ansó-Fago del año 2000, incorpora las nuevas tendencias al considerar los múltiples productos y servicios medioambientales que proporcionan los bosques en la gestión forestal. Además de los productos de mercado, como madera, pastos, leña, setas, hongos y caza, se presta gran atención a la biodiversidad, la protección contra la erosión, el paisaje, el ciclo del agua y la mejora de la calidad del suelo.

La incorporación de los servicios ecológicos y medioambientales a la gestión de los bosques de pino silvestre, se traduce en un alargamiento del turno óptimo de 100 a 120 años y a un acotamiento del aprovechamiento maderero al 19 por cien de la superficie total forestal. Sin embargo, los beneficios ecológicos y medioambientales no se expresan en unidades monetarias, lo que debilita su consideración en la gestión forestal. Seguramente, los servicios ecológicos y medioambientales son los beneficios más importantes que proporcionan los bosques de la zona.

Para configurar políticas forestales adecuadas que incorporen el flujo de los productos y servicios que generan los bosques es imprescindible la evaluación económica de estos flujos. La carencia de mercado es el problema principal en el cálculo del valor económico total de los bosques, que se divide en *valor de uso* y *valor de no uso*. El valor de uso puede ser directo, indirecto, de opción y de legado. El valor de uso directo corresponde a productos y servicios que se pueden utilizar como materia prima o bien de consumo y que tienen un mercado: madera, plantas medicinales, pastos, leña, resina, hongos y frutos. El valor de uso indirecto es el de los productos y servicios que aseguran el sostenimiento y protección de la actividad económica, y pueden reflejarse en los precios de ciertos productos y servicios, como protección contra la erosión, ciclo del agua, reducción de la contaminación atmosférica, paisaje, ciclo de nutrientes. El valor de opción corresponde al potencial de biodiversidad y utilización de paisajes no degradados. El valor de existencia, se refiere a la satisfacción que produce la mera existencia del recurso ligado a la biodiversidad y el valor intrínseco, para lo que no hay mercados.

Algunos de los servicios de no mercado que proporcionan los bosques son *bienes públicos*, como la biodiversidad y la protección contra la erosión, y generan *externalidades* positivas. Las externalidades son efectos externos positivos de los servicios medioambientales y productos no comercializados, cuyo valor no queda reflejado en ningún mercado. Debido a que gran parte de las funciones son externalidades, la internalización de estas externalidades es un problema de actualidad, especialmente en los bosques de los países mediterráneos. Las técnicas más utilizadas para la valoración de los servicios de no mercado y de las externalidades son la valoración contingente, el método del coste de viaje, y los precios hedónicos. El concepto básico que se suele utilizar para internalizar el valor de los servicios de no mercado y de las externalidades, es la disponibilidad a pagar por los servicios ambientales o la disponibilidad a aceptar una compensación por la degradación ambiental.

La valoración económica de la producción de madera y de los bienes y servicios de no mercado proporciona una mayor información clave para determinar las alternativas de gestión. Cuando se consigue información sobre el valor económico total del bosque, las decisiones sobre las alternativas consideradas se basan en el análisis coste-beneficio para lograr la optimización del flujo continuo de los bienes y servicios que generan los bosques. La optimización del valor de la madera es el primer problema de gestión que se resolvió en la economía forestal. El denominado problema de Faustmann, determina el turno forestal que optimiza el valor de la producción maderera de un bosque homogéneo, dados el precio de la madera y los costes de plantación, mantenimiento y corta. Posteriormente se han introducido en el problema de Hartman los valores de los bienes y servicios de no mercado, y el problema determina el turno forestal de una masa de edad homogénea, en el que se optimiza el valor de la producción maderera y de los servicios de no mercado. En el presente trabajo se ha considerado el turno óptimo y el valor actual neto de la actividad maderera y los servicios medioambientales, para analizar la gestión que optimiza el valor de la madera, y la gestión multifuncional que maximiza el valor del conjunto de los múltiples beneficios.

El turno óptimo de Faustmann es el período T entre dos cortas que genera el máximo valor actual neto del volumen de madera cortado. La relación entre el volumen de madera y la edad de la masa forestal, es la función de producción de la madera. El turno forestal óptimo determina la producción de madera, y para su cálculo se considera un bosque homogéneo en el que el volumen de madera depende de la edad de los árboles. La función de crecimiento de la madera que se utiliza

en el trabajo es de tipo logístico, con un crecimiento exponencial rápido al principio, una posterior reducción de la tasa de crecimiento, hasta que el crecimiento se detiene, alcanzando el máximo volumen de madera.

El turno de Faustmann T_F , maximiza el valor actual neto de la actividad de producción de madera. El modelo maximiza el VAN de la actividad maderera de un bosque homogéneo, cuando el suelo se dedica permanentemente al uso forestal, y se aplica el método de tala completa. Se supone que el precio de la madera, los costes de plantación, tratamientos y corta, y el tipo de interés son constantes. El turno de Faustmann es el período de tiempo T que iguala el beneficio marginal obtenido al posponer la corta de la masa forestal un período de tiempo más, con el coste marginal de oportunidad de no cortar. Las series infinitas de plantación y cortas sucesivas, implican la existencia del coste de oportunidad de la tierra. Cuando no se considera el coste de oportunidad de la tierra, es decir cuando el uso forestal del suelo corresponde a un solo período de rotación, el turno óptimo iguala el beneficio marginal de no cortar con el coste marginal de no cortar.

En los análisis de estática comparativa se confirma el resultado teórico de que al aumentar (disminuir) el precio de la madera el turno de Faustmann se reduce (alarga); al aumentar (disminuir) los costes de plantación o mantenimiento el turno de Faustmann se alarga (reduce); y al aumentar (disminuir) el tipo interés el turno se reduce (alarga). Cuando el tipo de interés en la rotación de Faustmann es cero, la rotación óptima es la del máximo rendimiento sostenible.

El problema de Hartman determina el turno que maximiza el VAN del flujo de los múltiples beneficios de los bosques. El turno de Hartman T_H , maximiza el VAN de todos los productos y servicios del bosque bajo las mismas condiciones que el turno de Faustmann, pero incluyendo la actividad maderera y el flujo de los servicios de no mercado. Se supone que en un bosque homogéneo el flujo de beneficio neto de los servicios de no mercado depende de la edad de la plantación. La relación entre el valor de los servicios de no mercado y la edad de la masa forestal puede ser positiva o negativa, el flujo del servicio paisaje aumenta con la edad de los árboles, pero el flujo del ciclo de agua disminuye con la edad. El turno de Hartman es el período de tiempo T que iguala el beneficio marginal del crecimiento de la madera y de los servicios de no mercado, con los costes de oportunidad de corta de la madera y el coste de oportunidad de la tierra.

La rotación óptima de Hartman T_H es función del valor de los servicios de no mercado y del valor de la madera. Si el valor de los servicios de no mercado es nulo el turno de Hartman es igual al turno de Faustmann. Si el valor de los servicios de no mercado aumenta con la edad de la plantación, la rotación de Hartman superará a la de Faustmann $T_H > T_F$, pero si el valor de los servicios de no mercado disminuye con la edad, la rotación de Hartman será más corta que la de Faustmann.

Los análisis de estática comparativa del turno de Hartman son más complejos que en el turno de Faustmann: si la solución de Hartman T_H es mayor (menor) que la de Faustmann T_F cuando se ignoran los costes de plantación, un precio de la madera más elevado (menor) reduce (aumenta) el turno óptimo de Hartman; si la solución de Hartman T_H es mayor (menor) que la de Faustmann T_F , un aumento proporcional en el flujo de los servicios medioambientales $g(t)$ para cada edad t alarga (acorta) la rotación de Hartman; un aumento proporcional en el precio de la madera y en los valores de los servicios de no mercado reduce la rotación óptima. Un aumento en el tipo de interés no siempre reduce el turno de Hartman, ya que si la suma de beneficios de no mercado es mucho mayor que el valor de la madera, un tipo de interés elevado puede alargar la rotación óptima.

En el trabajo se ha estudiado la gestión que optimiza el valor de la madera y la gestión multifuncional que maximiza el valor del conjunto de la madera y los servicios medioambientales para dos métodos de corta: el método del aclareo sucesivo y el método de entresaca. Para ambos métodos de corta se ha calculado el valor actual neto de la actividad maderera y el valor actual neto de la madera y los servicios medioambientales.

El turno de Faustmann con el método del aclareo sucesivo y uniforme se ha determinado utilizando los datos de producción de pino silvestre en los Pirineos, elaborados por el INIA (1986). Los datos de precios, costes de plantación, tratamientos selvícolas, y coste de corta proceden de la empresa Tecnosylva que realiza estudios de ordenación de montes de pino silvestre. En los cálculos del turno de Hartman se han incorporado los servicios de no mercado del uso recreativo del paisaje y del ciclo de agua. Estos valores se han estimado mediante la técnica de la transferencia de valores, que consiste en utilizar para la zona de estudio los valores estimados de servicios ambientales de otros trabajos. En la valoración del uso recreativo del paisaje, se han empleado datos sobre el

numero de visitantes en la zona de estudio y en la comarca, y se ha acudido a la literatura nacional e internacional sobre el tema. El valor del ciclo del agua se ha estimado empleando datos sobre la demanda de agua para determinar el precio del servicio del ciclo del agua de los bosques. En los servicios de no mercado, paisaje y ciclo del agua, se ha estimado un valor del uso recreativo del paisaje que aumenta con la edad de la masa forestal, mientras que el valor del ciclo del agua disminuye conforme aumenta la edad de la masa.

La gestión por el método de entresaca corresponde a la gestión de una masa con estructura irregular, en la que la distribución de la edad de los árboles es heterogénea. En la entresaca, se ha calculado el VAN a partir de los ingresos y los costes que se generan cada quince años. Los ingresos de la madera son iguales al precio de la madera de cada clase diamétrica por el volumen de madera producido. Los datos empleados de los precios de cada clase diamétrica, y de costes de plantación, tratamiento y cortas proceden también de la empresa Tecnosylva. El tipo de interés empleado en los cálculos realizados para ambos métodos de corta es menor que el tipo de interés del mercado puesto que se intenta buscar el máximo del bienestar social. Los fallos de mercado y las tasas de preferencia temporal o las tasas de retorno del capital que se observan en los mercados hacen que el tipo de interés de mercado sea inapropiado como pauta de la tasa de descuento social.

Los cálculos que determinan el turno óptimo cuando se aplica el método del aclareo indican que el turno de Hartman T_H es mayor que el turno de Faustmann T_F , y menor que el turno de máximo rendimiento sostenible T_M , por lo que la gestión multifuncional proporciona mayores beneficios que la gestión enfocada únicamente en la actividad maderera. La inclusión de las externalidades incrementa el valor del bosque, y tanto el valor del paisaje como el valor del ciclo del agua se incrementan al aumentar la edad de la masa forestal.

Las simulaciones realizadas para determinar los efectos sobre el turno de Faustmann y de Hartman de variaciones en el precio de la madera, en los costes de plantación, tratamiento y corta, y en el tipo de interés, indican que ambos turnos responden de forma similar. Un aumento del 20 por cien en el precio de la madera *ceteris paribus*, reduce el turno de Faustmann en un año con un aumento del VAN del 31 por cien. El turno de Hartman se reduce dos años con un aumento del VAN del 25 por cien. Un aumento del 20 por cien en los costes de plantación y tratamiento, alarga un año ambos turnos con una disminución en el VAN del 4 (T_F) y el 3 cien (T_H). El aumento del

tipo de interés del 1 al 2 por cien, provoca una caída de 12 años del turno de Faustmann y del 71 por cien en el VAN, mientras que el turno de Hartman cae 10 años y el VAN asociado disminuye un 65 por cien. El aumento en el valor del paisaje un 40 por cien alarga el turno T_H en un 4 por cien e incrementa el VAN en un 5 por cien, mientras que un aumento de 40 por cien del ciclo del agua aumenta el turno T_H uno por cien y el VAN en un 2 por cien.

En el método de corta por entresaca, la gestión multifuncional proporciona unos beneficios de 41.620 €/ha que son mucho mayores que los beneficios de 29.001 €/ha si solo se considera la actividad maderera. El análisis de estática comparativa indica que un aumento del 40 por cien en el precio de la madera incrementa el VAN de los beneficios totales en un 57 por cien, un aumento del 40 por cien en los costes reduce el VAN en 17 por cien, y un aumento del tipo del interés del 1 al 2 por cien reduce el VAN a la mitad. Un aumento del 40 por cien en el valor del paisaje y el ciclo del agua incrementa el VAN un 20 por cien.

Al incluir los servicios medioambientales en el método de entresaca, aumenta considerablemente el VAN y el valor de los servicios medioambientales supera al VAN de la madera. Los resultados del trabajo indican que es preferible el método de entresaca al método de aclareo sucesivo, cuando se incorporan en la valoración los servicios medioambientales.

Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con los resultados de otros trabajos sobre el valor económico total de bosques, y sobre la respuesta del turno óptimo si se incluyen servicios medioambientales en la gestión. Novillo y Castellano (2000) señalan que entre los productos que tienen mercado como madera, leña, pastos, caza y frutos, la actividad maderera es la que proporciona un mayor beneficio, mientras que si se considera la actividad maderera y los servicios ecológicos y medioambientales, los beneficios de los servicios medioambientales son los principales contribuyentes al valor económico total.

Díaz Balteiro (2000 y 2002) señala que al incluir la fijación de CO_2 en la gestión de bosques de pino silvestre, *Pinus radiata* y de *Populus sp.*, se observa un alargamiento del turno óptimo. El mismo efecto produce la inclusión en la gestión del recreo, paisaje, frutos y resina (Díaz Balteiro 1998), mientras que al contrario del resultado del presente trabajo, el autor señala que el ciclo del agua reduce el turno óptimo.

5.2 Conclusiones

La gestión multifuncional de los bosques de pino silvestre que incorpora el flujo de los servicios medioambientales proporciona mayores beneficios que la gestión que considera únicamente la producción de madera. El turno que optimiza el valor de los múltiples bienes y servicios es mayor que el turno que optimiza el valor de la madera. La gestión multifuncional por el método de entresaca con una masa forestal de estructura irregular, es preferible a la gestión multifuncional con estructura homogénea, ya que el valor actual neto del bosque es mayor con el método de entresaca.

La gestión multifuncional integra tanto la función económica de producción de madera y las funciones ecológicas y medioambientales que son cada vez más importantes para la sociedad. En consecuencia, la gestión multifuncional responde mejor a las nuevas preferencias y necesidades sociales que la gestión centrada en la actividad productiva de madera. La importancia que está tomando las funciones ecológicas y medioambientales de los bosques, tiene como consecuencia una revalorización de estas funciones que se consideraban secundarias en la toma de decisiones de gestión, y una mejor asignación de los recursos forestales.

En el presente trabajo se ha cuantificado el aumento del valor del bosque y del turno de corta, al incluir los servicios medioambientales paisaje y ciclo del agua. El efecto del paisaje sobre el turno óptimo y el valor del bosque es mayor que el efecto del ciclo del agua. Los beneficios de los servicios medioambientales dependen del tipo de gestión: la gestión con estructura irregular de la masa forestal genera un valor mucho mayor que la gestión con estructura homogénea. En la gestión con estructura irregular, los servicios paisaje y ciclo del agua tienen la misma importancia que la producción de la madera.

La consideración de otros servicios ecológicos y medioambientales de los pinares de la zona como la diversidad florística y faunística, supondría reconocer que los servicios ecológicos y medioambientales tienen un valor superior a la actividad maderera, y que dichos servicios constituyen el uso preferencial de estas masas forestales. Ahora bien, la estimación del valor de los servicios medioambientales es compleja debido a la carencia del mercado y a las limitaciones de los métodos actuales de valoración, pero es una tarea de gran importancia para responder a las

exigencias actuales de la sociedad.

La estimación del valor total de los bosques es una herramienta imprescindible en la toma de decisiones de gestión forestal, ya que proporciona información sobre la importancia de cada una de las funciones que cumplen los bosques, y sirve de apoyo para establecer prioridades en la magnitud de los flujos de bienes y servicios generados. Los beneficios de los bosques están estrechamente ligados a los métodos de ordenación de las masas forestales y a los tipos de los tratamientos selvícolas que se practican. Los resultados indican que en las masas de pino silvestre de los municipios de Ansó y Hecho, los beneficios que proporciona del método de entresaca son superiores en casi un 50 por cien a los beneficios del método por aclareo sucesivo, y que en la entresaca el valor de los servicios medioambientales supera el valor de la producción de madera. La información sobre el valor económico total que genera el sector forestal es esencial en la gestión de los bosques porque asegura el cumplimiento de las funciones más importantes de las masas.

La zona de estudio es una zona rica en recursos naturales y con elevado valor ecológico, medioambiental y paisajístico. Los recursos forestales son los recursos más importantes de la zona. La potenciación de actividades relacionadas con los bosques en el sector maderero y turístico contribuye al desarrollo rural de la zona. Las actividades madereras generan puestos de trabajo directos en las empresas forestales, e indirectos en la carpintería, construcción y transporte. Las actividades turísticas tienen un gran potencial que debe desarrollarse. Ambos tipos de actividad sirven para mitigar el problema de despoblamiento que caracteriza la zona, y contribuyen a la conservación del medio natural, y al aumento del bienestar de la población. Aunque las empresas forestales son de pequeñas dimensión representan la actividad industrial principal de la zona y hoy en día tienen una importancia clave para la población local. Su continuidad debe asegurarse mediante inversiones en modernización tecnológica y recursos humanos que permitan elaborar productos de mayor valor añadido más competitivos. Paralelamente, el elevado valor ecológico y medioambiental que sustentan las masas forestales es la base sobre la que puede desarrollarse actividades turísticas de calidad que no degraden el entorno y aseguren el bienestar de la población local.

Las futuras líneas de investigación están relacionadas con las limitaciones del estudio realizado. Un primer aspecto consistiría en incorporar otros flujos de los productos y servicios

ecológicos y medioambientales como la biodiversidad, fijación de CO₂, protección contra la erosión, pastos, caza, leña, y frutos, que no se han estimado en este trabajo. La cuantificación de los servicios medioambientales que no tienen mercado, es una tarea importante a pesar de las dificultades que presenta. Al incluir el conjunto de los productos y servicios que proporcionan los bosques, el tipo de gestión puede variar desde un enfoque que fomenta la explotación de madera, hasta un enfoque que atenúa la explotación maderera y potencia la conservación de los ecosistemas forestales y sus funciones ecológicas y medioambientales. Otra línea de trabajo consiste en estudiar el efecto sobre la provisión de servicios de la interacción espacial y temporal entre las unidades básicas forestales, es decir entre los rodales. Finalmente, otro aspecto que merece atención es la modelización de la gestión de bosques de estructura irregular, y los efectos de las distintas distribuciones de edad sobre los valores del bosque.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

Bishop J. 1998. The economics of non-timber forest benefits. An overview. Ternational Institute for Environment and Development. London

Bowes M. y 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. pp 531-569.

Bowes M. y J. Krutilla. 1989. The economics of multiple-use forestry. Resources for the future. Washington D.C

Buttoud G. 2000. How can policy take into consideration the full value of forests. *Land Use Policy* 17:169-175.

Calish S., R. Fight y D. Teeguarden. 1978. "How do nontimber values affect Douglas-fir rotations" *Journal of Forestry* 76: 217-221

Caparrós A. (2000). Valoración económica del uso múltiple de un espacio natural. Analisis aplicado en los pinares de la Sierra de Guadarrama. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Complutense de Madrid (inédito).

Caparrós A., P. Campos. y G. Montero. 2001. Applied multiple use forest accounting in the Guadarrama pinewoods (Spain). *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales: Fuera de Serie* n.º 1. 91-108.

Conrad J. 1999. Resource Economics. Cambridge University Press. Cambridge.

Consejo Económico y Social de Aragón. 1996. Situación Económica y Social de Aragón en 1995. Informe Anual. Zaragoza.

Consejo Económico y Social de Aragón. 2001. Situación Económica y Social de Aragón en 2000. Informe Anual. Zaragoza.

De la Riva J. 1997. Los Montes de la Jacetania. Caracterización física y explotación forestal. Zaragoza.

Díaz Balteiro L. y C. Romero. 1995. Rentabilidad financiera de especies forestales arbóreas de crecimiento medio y lento en el vigente marco de ayudas públicas. *Revista española de economía agraria*, 171:85-108

Díaz Balteiro L. 1997. Turno forestal económicamente óptimo: una revisión. *Revista española de economía agraria*, 180:181-224

Díaz Balteiro L. 1998. Fundamentos económicos del turno forestal óptimo al incorporar diversos bienes y servicios. *Revista española de estudios agrosociales y pesqueros*, 184:159-182

Díaz Balteiro L. 2000. La captura de carbono como subrogado de la gestión sostenible de montes: aplicación al monte de Navafría. En Rojo, A. et al.(Eds.): *Actas del congreso de ordenación y gestión sostenible de montes*. Tomo II.77-85

Díaz Balteiro L. 2002. Influencia de políticas ambientales en la captura de carbono por parte de las masas forestales. *Economía agraria y recursos naturales*. 153-169

Diputación General de Aragón 2001. 5ª Revisión de la Ordenación del Grupo de Montes Ordenados de Ansó-Fago (Huesca). Diputación General de Aragón. Zaragoza.

García J., S. Beguería, H. López, A. Lorente y M. Seeger. 2001. Los recursos hídricos superficiales del Pirineo aragonés y su evolución reciente. Logroño.

García J. y J. Puigdefábregas. 1982. Formas de erosión en el flysch eoceno surpirenaico. *Cuadernos de Investigación Geográfica*. Procesos en Geomorfología, Tomo VIII (1-2): 85-124. Logroño.

García J. y L. Valero. 1998. Historical geomorphic processes and human activities in the central spanish pyrenees. *Mountain research and development*, Vol.18 No.4.309-320

Glück P. 2000. "Policy means for ensuring the full value of forests to society" *Land Use Policy* 17:177-185.

Hanley N., J. Shogren y B. White. 1997. *Environmental Economics in Theory and Practice*. Oxford University Press. Oxford. 335-355

Hartwick J. y N. Olewiler. 1998. *The Economics of Natural Resource Use*. Second Edition. Addison-Wesley. New York.

Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). 1995. *Bases Ecológicas para un Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Mancomunidad de los Valles, Fago, Aísa y Borau*. Jaca

Johnson N., A. White y D. Perrot-Maître. 2001. *Developing markets for water services from forests*. World Resources Institutes. Washington D.C.

Perrot-Maître D., y P. Davis. 2001. *Case studies and innovative financial mechanisms for water services from forests*. World Resources Institutes. Washington D.C.

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

Kriström B. y K. Skanberg. 2001. *Monetary forestry accounting including environmental goods and services*. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales: Fuera de Serie* n.º 1. 7-26.

Merlo B. y A. Boschetti. 2001. *Environmental accounting in agriculture and forestry: a stepwise approach*. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales: Fuera de Serie* n.º 1. 69-90.

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

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, e Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. 1986. Tablas de producción de densidad variable para *Pinus Sylvestris L.* en el sistema Pirenaico. Comunicaciones I.N.I.A. Serie: Recursos Naturales. N.43. Madrid.

Ministerio de Medio Ambiente. 2000. Libro Blanco del agua en España. Dirección General de Oras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. Madrid.

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

Ministerio de Medio Ambiente. 2002. Plan Forestal Español. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

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

Montserrat P. 1971. La Jacetania y su vida vegetal, CAZAR. Zaragoza

Montserrat P. 1976. Clima y paisaje. *P. Cent. pir. Biol. exp. Vol. 7*, fasc. I: 149 a 171. Jaca

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

Newman D. 1988. The optimal forest rotation: A discussion and Annotated Bibliography. United States Department of Agriculture. Forest Service. General Technical Report SE-48. North Carolina.

Novillo A. y E. Castellano. 2000. Valoración económica de la biodiversidad de los ecosistemas forestales de los montes vecinales de Valsaín (Segovia). En: Rojo, A. Ket al (Eds.): *Actas del ongreso de ordenación y gestión sostenible de montes*. Tomo II: 411-418

Pearce D., A. Markandya y Barbier E., 1989. Blueprint for a green economy. Earthscan. London.

Perman R., Y. Ma, J. McGilvray y M. Common. 1999. Natural Resource and Environmental Economics. Longman. Second edition. London.

Powell I., A. White y N. Landall-Mills. 2001. Developing markets for the ecosystem Services of Forests. World Resources Institutes. Washington D.C.

Price C. 1989. The Theory and Application of Forest Economist. Basil Blackwell Ltd, Oxford

Prieto A. y L. Díaz Balteiro. 2001. El papel de las ordenaciones históricas ante la inclusión de nuevos métodos de gestión forestal. Actas de la III reunión sobre evolución de ordenaciones históricas. *Cuad.Soc.Esp.Cien.For.* 11:119-124

Rojas E. 1996. Reflexiones sobre política forestal en el umbral del siglo XXI *El Campo*.

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

Royo A. y A. Montero. 1996. El pino silvestre en la sierra de Guadarrama. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

Romero C. 1997. Economía de los recursos ambientales y naturales. Alianza Editorial. Segunda edición. Madrid

Samuelson P. 1976. Economics of forestry in an evolving society. Republished at *Journal of Forest Economics* Vol. 1 No.1 1995. 115-149

Scarpa R., G. Hutchinson, S. Chilton y J. Buongiorno. 2000a. Reliability of benefit value transfers from contingent valuation data with forest specific attributes. *Economics Energy Environment*. Nota di Lavoro 34.00, Fondazione ENI Enrico Mattei, Milano

Scarpa R., J. Buongiorno, J. Hseu y K. Abt. 2000b. Assesing the non-timber value of forests: A revealed preference, hedonic model. *Journal of Forest Economics* Vol. 6 No. 2. 83- 108

Scarpa R., S. Chilton y G. Hutchinson. 2000c. Benefit estimates from forest recreation: Flexible functional forms for WTP distribution. *Journal of Forest Economics* Vol. 6 No. 1. 41- 54

Tecnosylva. 2001. Gestión de masas arboladas con estructura irregular de *Pinus Sylvestris*. León

TRAGSATEC. 1998. Estudio socioeconómico que ha de servir de base a la redacción del P.O.R.N. de la Mancomunidad de los Valles, Fago, Aisa y Borau. Zaragoza

Villar L. 1980. Catálogo florístico del Pirineo Occidental español. *P.Centr. Pir. Biol. exp.* Vol 11. 422 pp. Jaca.

ANEXO

Cuadro A.1 Tabla de producción de *Pinus Sylvestris L.* en la provincia de Huesca y Lérica.

Calidad I. Régimen moderado de claras.

Edad	Diámetro	Volumen antes de claras	Volumen después de claras	Masa total	Crecimiento		
					Medio		Corriente
					MP	MT	MT
30	13,4	151,8	139,8	151,8	4,7	5,1	-
40	19,2	227,5	207,9	239,5	5,2	6,0	8,8
50	24,4	299,1	275,9	330,7	5,5	6,6	9,1
60	29,1	362	337,5	416,8	5,6	6,9	8,6
70	33,3	418	392,3	497,3	5,6	7,1	8,1
80	37,1	464,7	441	574	5,5	7,1	7,7
90	40,4	506,3	480,9	652	5,3	7,2	7,8
100	43,6	541,4	519	707	5,2	7,1	5,5
110	46,4	572,7	551,8	749	5,0	6,8	4,2
120	49	598,5					

Cuadro A.2 Estructura de la masa forestal de *Pinus Sylvestris* en el método de entresaca

Clase diamétrica	Masa inicial pies/ha	Masa extraída pies/ha	Volumen cortado m3	Precio € m3	Total
10-15	340	110	16,5	24,04	397
15-20	226	90	22,5	42,07	947
20-25	133	75	26,25	42,07	1.104
25-30	58	35	17,5	60	1.050
30-35	25	15	10,5	72,12	758
35-40	11	5	5	72,12	361
40-45	5	2	2,4	72,12	174
Total	798	332	100,65		4.790

Cuadro A.3 El turno de Faustmann y Hartman ante cambios en precio, costes y tipo de interés.

$p^* = 43,27$	$r^* = 0,0025$						$r = 0,01$						$r = 0,02$						$r = 0,04$					
	T_F	T_H	VAN_F	VAN_H	T_F	T_H	VAN_F	VAN_H	T_F	T_H	VAN_F	VAN_H	T_F	T_H	VAN_F	VAN_H	T_F	T_H	VAN_F	VAN_H				
	c^*	1.442,42	76	82	65566,6	65566,6	73	83	28.953,2	35.972,3	66	80	11.150,1	16.565,6	55	70	3.019,4	6.466,7	39	53	-163,4	1.660,8		
	1.923,24	78	84	62819,3	71.000,2	74	84	27.388,1	34.562,8	68	82	10.164,3	15.700,4	57	72	2.304,2	5.833,4	42	55	-763,7	1.117,2			
	2.404,05	79	85	60.114,6	68.468,9	76	86	25.847,8	33.175,4	69	84	9.195,2	14.847,5	59	74	1.603,9	5.207,4	45	57	-1.346,0	580,0			
	2.884,86	80	86	57.450,0	65.976,3	77	88	24.330,5	31.809,2	71	86	8.241,2	14.006,5	61	76	916,0	4.588,4	48	60	-1.915,5	48,0			
	3.365,67	82	88	54.823,7	63.521,4	78	89	22.834,9	30.463,8	72	88	7.301,0	13.176,9	63	78	238,8	3.975,7	50	62	-2.475,2	-479,6			
$p = 57,69$																								
	1.442,42	75	78	104.131,0	111.830,0	71	77	46.543,8	53.225,0	64	73	18.536,9	23.647,9	52	62	5.742,8	8.981,7	34	45	735,7	2.420,9			
	1.923,24	76	79	101.329,0	109.144,0	72	78	44.946,5	51.731,3	65	74	17.528,6	22.724,0	54	64	5.004,7	8.311,3	37	47	100,0	1.848,4			
	2.404,05	77	80	98.557,7	106.488,0	73	79	43.367,3	50.253,5	67	75	16.533,0	21.809,7	55	65	4.280,1	7.648,0	40	49	-513,4	1.284,5			
	2.884,86	78	81	95.815,5	103.859,0	74	80	41.805,3	48.791,0	68	76	15.549,3	20.904,5	57	66	3.566,8	6.991,2	42	51	-1.111,1	727,6			
	3.365,67	78	82	93.101,3	101.256,0	75	81	40.259,5	47.343,2	69	77	14.576,6	20.007,9	58	68	2.863,4	6.340,3	44	52	-1.696,9	176,5			
$p = 72,12$																								
	1.442,42	74	77	142.733,0	150.285,0	70	75	64.157,0	70.677,2	63	70	25.940,2	30.901,5	50	59	8.484,6	11.606,0	30	40	1.672,4	3.254,7			
	1.923,24	75	78	139.903,0	147.542,0	71	76	62.542,7	69.141,5	64	71	24.919,4	29.947,0	52	60	7.732,2	10.912,5	34	42	1.006,2	2.657,3			
	2.404,05	76	79	137.096,0	144.822,0	72	77	60.942,7	67.618,5	65	72	23.909,0	29.000,6	53	61	6.992,1	10.225,9	36	44	366,6	2.070,8			
	2.884,86	76	79	134.313,0	142.123,0	73	77	59.356,3	66.107,8	66	72	22.908,5	28.061,9	54	62	6.262,3	9.545,7	38	45	-254,6	1.493,1			
	3.365,67	77	80	131.551,0	139.447,0	73	78	57.783,1	64.609,1	67	73	21.917,1	27.130,6	56	63	5.541,8	8.871,2	40	47	-862,0	922,4			
$p = 86,55$																								
	1.442,42	74	76	181.377,0	188.842,0	70	73	81.791,8	88.216,8	63	68	33.355,7	38.226,6	49	56	11.237,2	14.281,1	28	36	2.634,6	4.133,5			
	1.923,24	74	76	178.529,0	186.064,0	70	74	80.166,8	86.655,5	63	68	32.326,9	37.252,7	50	57	10.474,8	13.571,4	31	38	1.940,7	3.513,5			
	2.404,05	75	77	175.701,0	183.305,0	71	75	78.553,8	85.104,9	64	69	31.307,0	36.286,0	52	58	9.723,6	12.868,3	33	40	1.277,5	2.906,8			
	2.884,86	75	77	172.892,0	180.565,0	72	75	76.952,1	83.564,6	65	70	30.295,4	35.326,0	53	59	8.982,1	12.171,3	36	42	635,3	2.310,5			
	3.365,67	76	78	170.101,0	177.842,0	72	76	75.361,4	82.034,4	66	71	29.291,8	34.372,5	54	60	8.249,2	11.479,9	37	43	8,8	1.722,5			
$p = 100,97$																								
	1.442,42	73	75	220.002,0	227.409,0	70	72	99.419,1	105.781,0	62	66	40.769,7	45.579,8	48	54	13.993,0	16.981,4	26	34	3.614,7	5.042,5			
	1.923,24	74	76	217.143,0	224.608,0	70	73	97.786,9	104.203,0	63	67	39.735,4	44.592,6	50	55	13.223,1	16.259,3	29	36	2.894,5	4.401,3			
	2.404,05	74	76	214.300,0	221.824,0	71	73	96.164,9	102.633,0	63	68	38.708,8	43.611,6	51	56	12.463,6	15.543,6	31	38	2.209,4	3.775,9			
	2.884,86	75	77	211.473,0	219.054,0	71	74	94.552,7	101.073,0	64	68	37.689,5	42.636,6	52	57	11.713,1	14.833,9	33	39	1.548,0	3.162,5			
	3.365,67	75	77	208.662,0	216.300,0	72	74	92.949,9	99.521,0	65	69	36.677,1	41.667,5	53	58	10.970,7	14.129,5	35	40	904,2	2.558,8			

p^* precio de la madera

c^* coste de plantación y tratamientos

r^* tipo de interés

Los turnos que producen un VAN negativo no tienen sentido económico.

Cuadro A.4 El turno de Hartman respecto a variaciones del valor de las externalidades

Variaciones	$r = 0,0025$		$r = 0,005$		$r = 0,01$		$r = 0,02$		$r = 0,03$		$r = 0,04$	
	T_H	VAN_H	T_H	VAN_H	T_H	VAN_H	T_H	VAN_H	T_H	VAN_H	T_H	VAN_H
Valor del paisaje												
0,6 func	77	142.456	75	65.605	69	27.533	58	9.394	49	4.045	41	1.726
0,8	78	143.633	75	66.604	70	28.259	59	9.805	50	4.300	43	1.896
0,9	78	144.226	76	67.109	71	28.628	60	10.014	51	4.429	43	1.983
1	78	144.822	76	67.619	71	29.001	61	10.226	51	4.561	44	2.071
1,1	78	145.421	77	68.132	72	29.378	62	10.440	52	4.694	44	2.160
1,2	79	146.023	77	68.650	73	29.759	62	10.657	53	4.829	45	2.250
1,4	79	147.236	78	69.700	74	30.354	64	11.099	54	5.103	46	2.433
Valor del ciclo del agua												
0,6 func	78	144.055	76	66.902	71	28.371	61	9.721	51	4.139	43	1.709
0,8	78	144.438	76	67.260	71	28.686	61	9.973	51	4.350	44	1.890
0,9	78	144.630	76	67.439	71	28.843	61	10.100	51	4.455	44	1.980
1	78	144.822	76	67.619	71	29.001	61	10.226	51	4.561	44	2.071
1,1	78	145.013	76	67.798	71	29.158	61	10.352	52	4.666	44	2.161
1,2	78	145.205	76	67.977	71	29.316	61	10.479	52	4.772	44	2.252
1,4	78	145.589	76	68.335	72	29.631	61	10.732	52	4.983	44	2.433

Cuadro A.5 Beneficios proporcionados del método de entresaca

Variaciones	I - c	r = 0,0025		r = 0,005		r = 0,01		r = 0,02		r = 0,04	
		VAN	VAN _s	VAN	VAN _s	VAN	VAN _s	VAN	VAN _s	VAN	VAN _s
<i>I</i> * = 2.874											
c*	862	52.654	136.549	25.833	67.728	12.433	33.328	5.751	16.146	2.447	7.593
	1.149	45.143	129.038	22.148	64.043	10.659	31.554	4.931	15.326	2.098	7.244
	1.436	37.632	121.527	18.463	60.358	8.886	29.781	4.110	14.506	1.749	6.895
	1.723	30.121	114.016	14.778	56.673	7.112	28.007	3.290	13.685	1.400	6.546
	2.010	22.611	106.506	11.093	52.988	5.339	26.234	2.470	12.865	1.051	6.197
<i>I</i> = 3.832											
	862	77.724	161.619	38.134	80.029	18.352	39.247	8.489	18.885	3.613	8.758
	1.149	70.214	154.109	34.449	76.344	16.579	37.474	7.669	18.064	3.264	8.409
	1.436	62.703	146.598	30.764	72.659	14.805	35.700	6.848	17.244	2.914	8.060
	1.723	55.192	139.087	27.079	68.974	13.032	33.927	6.028	16.424	2.565	7.711
	2.010	47.681	131.576	23.394	65.289	11.258	32.154	5.208	15.603	2.216	7.362
<i>I</i> = 4.790											
	862	102.795	186.690	50.434	92.329	24.272	45.167	11.227	21.623	4.778	9.924
	1.149	95.284	179.179	46.749	88.644	22.498	43.394	10.407	20.802	4.429	9.575
	1.436	87.773	171.669	43.064	84.959	20.725	41.620	9.587	19.982	4.080	9.225
	1.723	80.263	164.158	39.379	81.274	18.952	39.847	8.766	19.162	3.731	8.876
	2.010	72.752	156.647	35.694	77.589	17.178	38.073	7.946	18.341	3.382	8.527
<i>I</i> = 5.748											
	862	127.866	211.761	62.734	104.629	30.191	51.087	13.966	24.361	5.943	11.089
	1.149	120.355	204.250	59.049	100.944	28.418	49.313	13.145	23.541	5.594	10.740
	1.436	112.844	196.739	55.364	97.259	26.644	47.540	12.325	22.720	5.245	10.391
	1.723	105.333	189.228	51.679	93.574	24.871	45.766	11.505	21.900	4.896	10.042
	2.010	97.823	181.718	47.994	89.889	23.098	43.993	10.684	21.080	4.547	9.692
<i>I</i> = 6.706											
	862	152.936	236.831	75.034	116.930	36.111	57.006	16.704	27.099	7.108	12.254
	1.149	145.426	229.321	71.350	113.245	34.338	55.233	15.884	26.279	6.759	11.905
	1.436	137.915	221.810	67.665	109.560	32.564	53.459	15.063	25.459	6.410	11.556
	1.723	130.404	214.299	63.980	105.875	30.791	51.686	14.243	24.638	6.061	11.207
	2.010	122.893	206.788	60.295	102.190	29.017	49.913	13.423	23.818	5.712	10.858

*I** Ingresos

c* costes

VAN de los beneficios de madera

VANS de los beneficios de madera y externalidades

Cuadro A.6 VAN ante cambios del valor de las externalidades en entresaca

Variaciones	r = 0,0025	r = 0,005	r = 0,01	r = 0,02	r = 0,03	r = 0,04
<i>Valor del paisaje</i>						
108	142.905	70.595	34.456	16.418	10.433	7.461
144	157.287	77.777	38.038	18.200	11.615	8.343
162	164.478	81.368	39.829	19.091	12.206	8.784
180	171.669	84.959	41.620	19.982	12.797	9.225
198	178.860	88.550	43.411	20.873	13.388	9.666
216	186.051	92.141	45.202	21.764	13.979	10.107
252	200.433	99.323	48.784	23.546	15.161	10.990
<i>Valor del ciclo del agua</i>						
18	166.875	82.565	40.426	19.388	12.403	8.931
24	169.272	83.762	41.023	19.685	12.600	9.078
27	170.470	84.361	41.322	19.834	12.699	9.152
30	171.669	84.959	41.620	19.982	12.797	9.225
33	172.867	85.558	41.919	20.131	12.896	9.299
36	174.066	86.156	42.217	20.279	12.994	9.372
42	176.463	87.353	42.814	20.576	13.191	9.519



006435

