

# GESTIÓN DE MASAS DE *PINUS RADIATA* EN GUIPÚZCOA

Antonio Prieto\*, Luis Díaz Balteiro\*, Andrés Hernando\*, Vicente Dorronsoro\*\*  
& Horacio Gilabert\*\*\*

\* Departamento de Economía y Gestión de las Explotaciones e Industrias Forestales. E.T.S.I. de Montes. Ciudad Universitaria, s/n. 28040 MADRID

\*\* Dpto. de Agricultura y Pesca. Diputación Foral de Guipúzcoa. Pza. de Guipúzcoa, s/n. 20004 SAN SEBASTIÁN

\*\*\* Pontificia Universidad Católica de Chile. Departamento de Ingeniería Forestal. Santiago de Chile

## 1. INTRODUCCIÓN

Según el Inventario Forestal realizado en 1986 (GOBIERNO VASCO, 1988) la superficie ocupada por el pino radiata en el País Vasco, es de 162.976 hectáreas, distribuidas de la siguiente manera: Álava, 15.587 ha; Guipúzcoa, 67.144 ha; Vizcaya, 80.245 ha, con un volumen en pie de 26.678.324 mc, lo que le convierte en la tercera especie productora de madera de toda España, y la primera del País Vasco.

En este trabajo se pretende establecer las líneas generales que debieran marcar la gestión de masas de *Pinus radiata* en Guipúzcoa. Para ello, primero se definirán los posibles tipos de manejo, para después hacer un inventario de la información necesaria para que los propietarios privados puedan tomar la mejor decisión posible. A continuación, se explicarán brevemente los avances realizados en la construcción de distintas herramientas de gestión específicas para la provincia de Guipúzcoa, para finalizar con unas reflexiones acerca de la elección del tipo de ordenación adecuado.

## 2. TIPOS DE MANEJO

Considerando esta especie principalmente como suministradora de madera para distin-

tas industrias, y dejando aparte otras funciones protectoras y/o paisajísticas, según sea el destino final de la madera, se aplicará un tipo de ordenación específica. Ésta se traducirá en unas medidas selvícolas más o menos intensas, que den como resultado la máxima producción de madera con las dimensiones esperadas, aunque hay que tener en cuenta que el destino actual de esta especie en Guipúzcoa es suministrar materia prima para la industria del papel o de tableros.

Hoy en día, las ordenaciones de masas de *Pinus radiata* existentes tanto en nuestro país como en Chile o Nueva Zelanda se enfocan (ver PERALTA, 1992; GERDING, 1992) a la producción de:

- maderas destinadas a trituración.
- maderas con destino a sierra, pero que puede producir también productos intermedios que se destinan a trituración.
- maderas limpias de nudos, con destino a aserrío.
- madera de alta calidad, así como producciones ganaderas (ordenación silvopastoral, que no se tratará en este trabajo).

Como ya se ha mencionado, en Guipúzcoa tradicionalmente se ha utilizado el primero de ellos, pero últimamente se está tendiendo hacia el segundo. El minifundismo forestal

existente provoca que, en general, los propietarios realicen una selvicultura poco intensiva debido a una falta de relación con la industria, así como a una ausencia de información sobre los tratamientos a seguir y las producciones que se obtendrán con su aplicación.

De un modo general, para elegir entre distintos tipos de manejo hay que estudiar en cada rodal diversos criterios: la calidad del sitio, la topografía, la accesibilidad, la distancia a la industria, el estado de la masa, etc. También es conveniente tener una idea de la demanda actual y futura de los distintos productos, de las subvenciones existentes, etc. Con todo ello, cada propietario deberá estudiar la rentabilidad financiera de cada caso y tomar la mejor decisión.

Todo esto, que parece un esquema de decisión sólido (dejando a un lado posibles riesgos de plagas, catástrofes, variaciones de precios, etc.), se topa con un grave problema: el grado de conocimiento de las distintas producciones siguiendo cualquier tipo de manejo es insuficiente. Es por ello necesario el poner al alcance de los propietarios forestales una serie de herramientas de gestión que ayuden a suplir esta carencia. Estos instrumentos no son otros que unas tablas de producción (de selvicultura media o variable) y de gestión específicas para la provincia de Guipúzcoa, los cuales se van a describir en el siguiente capítulo.

### 3. TABLAS DE PRODUCCIÓN

Las tablas de selvicultura media observada o de primera generación no presentan un modelo de actuaciones selvícolas a seguir. Son tan sólo el reflejo de masas de una cierta especie, en una región determinada, sometidas a un tratamiento selvícola medio. En realidad, los datos que proporcionan pueden servir como útiles elementos de reflexión a nivel regional, pero presentan algunas limitaciones para la adecuada gestión de un monte en particular. Hasta ahora se han utilizado unas Tablas de Producción de pino radiata para el País Vasco (MADRIGAL & TOVAL, 1975). Estas tablas están diseñadas para un

tipo de manejo concreto y para un nivel regional, pero hoy en día ya resultan un tanto insuficientes (CANTERO & al., 1995). Por ello, es necesario construir otras tablas a un nivel más reducido, centradas en la provincia de Guipúzcoa.

Una vez obtenidas estas tablas, el siguiente paso sería la construcción de unas tablas de producción de selvicultura variable o de segunda generación. Con éstas se pretende recoger los intentos de diversos investigadores para construir tablas basadas sobre una selvicultura diferente a la selvicultura media observada, tratando de superar los defectos de las tablas de primera generación. En particular, los originados por las diferencias entre la selvicultura realmente practicada y la recogida en la tabla. Están inspiradas en el intento de contestar a la cuestión acerca de lo que ocurre tras una determinada actuación y permiten, elegida una selvicultura, ver cuales son sus consecuencias, o bien, escoger entre varias formas de selvicultura después de analizar como reaccionaría la masa a cada una de ellas.

Recientemente, se ha desarrollado un modelo de simulación (ver CASTILLA & PRIETO, 1992) que permite transformar las tablas de producción de selvicultura media en tablas de producción de selvicultura variable para cualquier calidad, añadiendo, además, información sobre la distribución diamétrica de la masa, el tamaño de los productos extraídos en cada clara y la rentabilidad del turno.

Con este modelo se construye un simulador de producción de madera para plantaciones monoespecíficas de *Pinus radiata* en el País Vasco. Una vez ajustado el sistema de ecuaciones del modelo, se construye un programa informático que permite simular tanto el crecimiento de la masa como las claras que se deseen ensayar hasta la corta final. Comparando las tablas que genera el simulador con las empleadas en su construcción, se observa una desviación por defecto en la estimación de la producción total inferior al 10%, que se considera aceptable.

En el caso de las tablas de producción tanto de selvicultura media como de selvi-

cultura variable, se practica una selvicultura que no se puede modificar. Por ello, se proponen nuevos modelos que, en lugar de suponer las intervenciones realizadas sobre una masa ideal media, parten de la realidad de una masa concreta. Es el caso del modelo de selvicultura de gestión, que se construye diferente para cada masa y requiere partir de datos sencillos cuya toma es rápida y económica.

Estas tablas de gestión, de selvicultura a la carta o de tercera generación, se crean para contestar a una cuestión subyacente, inversa a la de las anteriores: determinar la intervención necesaria para lograr un objetivo concreto. La realización de estas tablas constituiría una tercera fase en la que ya se daría a los propietarios una información aceptable para la toma de decisiones.

Una vez obtenidas estas herramientas, se puede plantear como fin principal a largo plazo la posibilidad de construir un simulador de crecimiento y gestión para el pino radiata en Guipúzcoa. Las tablas deben proporcionar información de la producción, en volumen o productos dimensionados en trozas, para diversos procedimientos de gestión que contemplen las claras como principal intervención selvícola. Mediante estas tablas se puede hacer una evaluación más exacta de las alternativas de manejo factibles para una masa, y de esta manera elegir la que más se adapte a los objetivos del propietario.

Las tablas de producción y los simuladores idealmente deben ser ajustados a partir de información proveniente de parcelas permanentes y temporales. Estas deberían cubrir amplios rangos de edad, densidad y calidad de sitio, incluyendo situaciones extremas. Sin embargo, este tipo de información rara vez está disponible en los plazos, cantidades, cobertura y calidad que son necesarios.

Por lo general, la información más difícil de conseguir es la que permite estimar los efectos en la producción final (al final del turno) de distintas densidades de plantación y la que permite graduar el efecto de distintas intensidades de claras. Este tipo de información proviene habitualmente de ensayos

experimentales. Estos ensayos presentan un alto coste (número de parcelas permanentes, inventarios, etc.), y sin un programa público detrás es imposible de llevar a cabo. Afortunadamente, está desde hace años en marcha una investigación, en las direcciones que se acaban de exponer, generada a través de un convenio establecido entre la el Departamento de Economía y Gestión de las Explotaciones e Industrias Forestales de la Diputación Foral de Guipúzcoa y el Departamento de Economía y Gestión de las Explotaciones e Industrias Forestales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid.

Así, se han seleccionado 38 parcelas por toda la provincia de Guipúzcoa, en las que ya se han realizado 3 inventarios (años 1988, 1990, 1993/4). Con los datos obtenidos se han realizado unas tarifas de cubicación de madera de claras, siguiendo la metodología expuesta en PRIETO & HERNANDO, (1995) y, más recientemente, unas tablas de producción de selvicultura media que, como se verá a continuación, tienen un carácter provisional. A continuación se van a explicar los logros obtenidos, comenzando por la determinación de las calidades de estación.

#### **4. DETERMINACIÓN DE LAS CALIDADES DE ESTACIÓN**

La determinación de la calidad de estación constituye uno de los asuntos de mayor importancia a la hora de abordar problemas relacionados con el manejo forestal. Esta importancia radica no sólo en que constituye una variable fundamental en la construcción de cualquier tabla, sino que, desde un punto de vista práctico, en muchos casos puede constituir el primer criterio utilizado para decidir un tipo de ordenación (e.g. si la calidad no es buena, no es aconsejable dedicar la masa a la producción de maderas limpias de nudos).

Existen varios procedimientos para estimar la calidad de estación, unos que se basan en ciertas mediciones a realizar sobre la

masa en cuestión, los llamados métodos directos. Frente a éstos, existen otros métodos conocidos como indirectos que se basan en estimaciones de las relaciones de especies entre sí, o mediante ecuaciones que se basan en factores climáticos, topográficos o edáficos, o en ciertas características del sotobosque. A título de ejemplo, se pueden citar ciertos trabajos aparecidos en Australia (e. g. LEWIS & al., 1976) en donde se realizan estimaciones de la productividad de la estación en base a su apariencia (vigor, forma, densidad copa, longitud de las acículas, etc.)

Para la estimación de la calidad de estación de *Pinus radiata* en la provincia de Guipúzcoa, se van a utilizar modelos directos basados en la correlación existente entre calidad de estación y altura dominante; es decir, que se va a hacer uso de la ley empírica conocida por todos los forestales y que indica que, para una misma especie, en aquellos sitios que presenten una mayor altura dominante a la misma edad, su producción maderera será mayor que en otros sitios donde el crecimiento en altura sea menor. En un principio, y revisando la literatura existente al respecto (e.g. CLUTTER & al., 1982; AVERY & BURKHART, 1994), se ensayaron distintos modelos que intenten mostrar la relación existente entre la altura dominante  $H_0$ , la calidad de estación  $IS$  y la edad  $E$ .

Esta forma de estimar la calidad de estación se suele presentar en la práctica mediante unas curvas de índice de sitio, que se construyen a partir de una determinada edad de referencia (en este caso debido a los turnos habituales de esta especie, se han tomado 20 años). Estas curvas no son sino representaciones gráficas de diversos ajustes estadísticos tomando como base distintos tipos de curvas, dependiendo de la naturaleza de las familias edad/altura dominante que generan.

Estas familias de curvas pueden presentar la característica de mantener una proporción entre la altura de una de las curvas a una determinada edad frente a la altura de otra curva a esa misma edad. Si se cumple esta relación la familia de curvas se denomina anamórfica, y son las más utilizadas (por

ejemplo, las curvas de calidad de estación que se han construido en España para diversas especies son todas anamórficas). Si esta relación de proporcionalidad no se mantiene, se dice que estas familias de curvas son polimórficas, pudiendo incluso a producirse intersecciones entre diversas curvas. Para el ajuste de estas curvas existen tres métodos fundamentales (el de la curva guía, el de la ecuación de diferencias y el de la predicción del parámetro), pero en nuestro caso, y debido a los datos disponibles sólo se va a aplicar el primero de ellos.

Hay que tener presente que el construir una familia de curvas de tipo anamórfico es equivalente a asumir que la calidad media en las parcelas observadas es la misma para todas las clases de edad, y que todas ellas muestran la misma forma, lo cual no es cierto para muchas especies, ya que la forma de la sigmoide suele ser más pronunciada en calidades mejores.

Los primeros modelos examinados corresponden a modelos de tipo polimórfico. Estas curvas en su forma más básica se corresponden a una transformación algebraica del modelo de Chapman-Richards:

$$H_0 = A \cdot [1 - e^{-t^c}]^c \quad (1)$$

En donde:

$H_0$  : altura dominante

$E$  : edad

$A, t, c$  : parámetros de la función

Se han ensayado varios modelos de este tipo, pero se ha encontrado un problema con los datos (tamaño de la muestra reducido, errores en procesamiento de las mediciones, etc.) debido al cual se producía un estancamiento en el crecimiento de las alturas dominantes a partir de los 25 años de edad. Esto generaba un efecto inmediato en todos aquellos ajustes posteriores que incorporaran como variable independiente la altura dominante  $H_0$  como podrían ser todos los ajustes necesarios para estimar las variables que se incluyen en una tabla de producción de selvicultura media. Este efecto consistía en una estimación errónea de aquellas variables

(diámetros, volúmenes, etc.) a partir de esa edad.

La solución para este problema sería la realización de otro inventario cuando existieran más parcelas con edades superiores a 30 años, pero eso no ha sido posible debido a diversos motivos (muchas de ellas ya han sido cortadas por sus propietarios, construcción de carreteras, etc.).

Viendo que los modelos polimórficos no eran los más adecuados para el ajuste, se ha optado por la construcción de otro tipo de ajuste, decidiéndose la implantación de modelos más tradicionales, como pueden ser los anamórficos. Se ha probado la siguiente

función, utilizada en Chile para masas de *Pinus radiata* (GILABERT, 1996):

$$H_o = IS \cdot \frac{(1 - \exp[-0.006096 \cdot IS \cdot E])^{4.018618}}{(1 - \exp[-0.006096 \cdot IS \cdot 20])^{4.018618}} \quad (2)$$

Se ha comprobado el comportamiento de este ajuste, sobre todo para alturas a unas edades superiores a los 25 años, y se ha visto que aunque se sigue produciendo una cierta disminución en el crecimiento en altura, puede considerarse como aceptable. En un principio se había pensado, al igual que en los modelos anteriores, en cuatro calidades

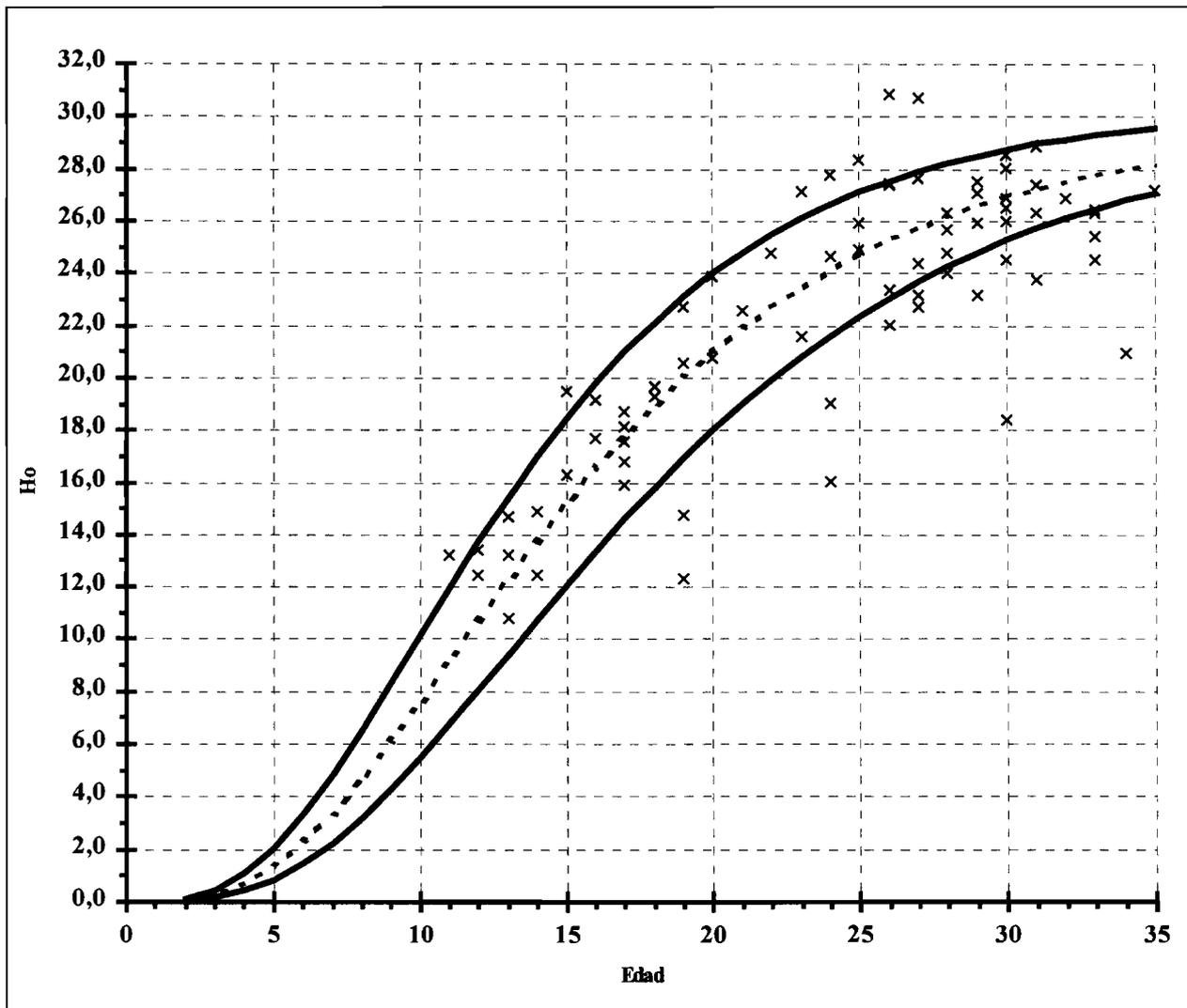


Figura 1. Curvas de calidad anamórficas. Las líneas en trazo grueso representan las curvas de calidad media, mientras que la línea en trazo discontinuo es la frontera entre ambas calidades.

Tabla 1. Tablas de producción provisional de *Pinus radiata*

CALIDAD I <i>PINUS RADIATA</i> EN GUIPÚZCOA																						
E	D	Ho	Masa principal antes de la clara					Masa extraída					Masa principal después de la clara									
			nº pies	HART -B	Dg	G	Hg	V	nº pies	g	v	v acum	nº pies	HART -B	Dg	G	Hg	V	V TOTAL	Im M.P.	Im M.T.	Ica M.T.
10	9,94	1821	25,3	11,2	17,9	7,1	76,9	753	0,8	3,0	3,0	1068	33,1	14,3	17,2	8,3	73,9	76,9	7,7	7,7		
15	18,07	1068	18,2	19,4	31,6	15,4	212,9	306	3,0	20,8	23,8	761	21,6	21,9	28,6	17,3	192,0	215,9	14,2	14,2	27,8	27,8
20	23,50	761	16,6	25,3	38,3	20,9	325,7	123	2,4	21,1	44,9	639	18,1	26,7	35,9	23,3	304,6	349,5	16,3	16,3	26,7	26,7
25	26,56	639	16,0	28,7	41,2	24,0	393,0	42	1,1	10,8	55,7	597	16,6	29,3	40,1	26,6	382,2	437,9	15,7	15,7	17,7	17,7
30	28,15	597	15,6	30,3	42,9	25,6	432,6	5	0,2	1,7	57,3	592	15,7	30,3	42,8	28,4	430,9	488,3	14,4	14,4	10,1	10,1

CALIDAD II <i>PINUS RADIATA</i> EN GUIPÚZCOA																						
E	D	Ho	Masa principal antes de la clara					Masa extraída					Masa principal después de la clara									
			nº pies	HART -B	Dg	G	Hg	V	nº pies	g	v	v acum	nº pies	HART -B	Dg	G	Hg	V	V TOTAL	Im M.P.	Im M.T.	Ica M.T.
10	5,33	1718	48,6	7,7	7,9	4,0	30,4	683	1,1	2,6	2,6	1036	62,6	9,2	6,8	3,2	27,8	30,4	3,0	3,0		
15	11,74	1036	28,5	16,6	22,3	10,2	106,4	371	5,0	23,0	25,5	665	35,5	18,2	17,3	10,3	83,4	108,9	7,1	7,3	15,7	15,7
20	17,50	665	23,8	24,9	32,4	15,8	211,8	222	7,5	49,5	75,1	443	29,2	26,8	24,9	16,6	162,3	237,4	10,6	11,9	25,7	25,7
25	21,74	443	23,5	31,7	34,9	19,9	276,5	142	139,1	64,1	139,1	301	28,5	33,8	27,1	21,3	212,4	351,6	11,1	14,1	22,8	22,8
30	24,57	301	25,2	37,1	32,6	22,7	286,7	96	205,2	66,0	205,2	205	30,6	39,7	25,4	24,4	220,7	425,9	9,6	14,2	14,9	14,9

**Ho** altura dominante  
**N pies, n pies** número de pies/Ha  
**HART-B** índice de HART-BECKING  
**Dg** diámetro medio cuadrático (cm.)  
**G, g** área basimétrica en m<sup>2</sup>/Ha.  
**Hg** altura media en m  
**V, v, V TOTAL** volumen en m.c./Ha.  
**v acum** volumen acumulado en m<sup>3</sup>/Ha  
**Im M.P.** crecimiento medio  
**Im M.T.** crecimiento medio total  
**Ica M.T.** crecimiento corriente todos en m<sup>3</sup>/Ha

de estación a los 20 años, pero la realidad es que tanto la primera y la segunda como la tercera y la cuarta presentan notables analogías, lo que ha conducido a reducir el número de curvas de calidad a 2; una a los 18 m y la otra con 24 m de altura media. En la figura 1 se puede apreciar la forma de estas curvas, junto con la altura media de cada parcela.

## 5. TABLAS DE PRODUCCIÓN DE SELVICULTURA MEDIA

Una vez obtenidas las dos curvas de índice de sitio, se han establecido las relaciones fundamentales que han llevado a la construcción de las tablas de producción, las cuales se pueden ver en la tabla 1.

Estas tablas cabe calificarlas como provisionales, ya que se espera ampliar en el futuro el número de parcelas de edades superiores a 25 años que permitan el cálculo de unos índices de calidad de estación más precisos. Asimismo, la existencia de estas parcelas permitiría la construcción de otras tablas de producción que adopten otro tipo de selvicultura, más enfocada a maderas de sierra, y que serían de gran utilidad para la construcción de tablas de producción de selvicultura variable.

## 6. DISCUSIÓN

A lo largo de este trabajo se han presentado las diferentes alternativas de ordenación de masas de *Pinus radiata*, junto con las necesidades de información imprescindibles para realizar una gestión eficaz de estas plantaciones.

Al mismo tiempo se ha presentado el proceso que se está siguiendo en Guipúzcoa para llegar a aportar estas herramientas de gestión a los propietarios, finalizando momentáneamente, con unas tablas de producción provisionales.

Una vez que este proceso finalice, el propietario podrá por medio de distintos métodos estimar la mejor alternativa de manejo. Un criterio muy extendido sería

elegir aquella alternativa que presentara una mayor rentabilidad financiera, medida por el VAN subyacente a la inversión. Simplemente con la ayuda de una hoja de cálculo (e.g. DIAZ BALTEIRO & ROMERO, 1995) hallando el VAN para cada tipo de manejo, se podría evaluar el manejo óptimo. De todas formas, se está desarrollando, dentro de la presente investigación, un software específico para solventar estos problemas, conocido como «GESRAD». Esta aplicación informática, desarrollada al amparo del convenio citado anteriormente, identifica la calidad a la que se corresponde el rodal analizado, muestra su tabla de producción y proporciona un resumen financiero de la inversión, una vez que se han introducido las corrientes de pagos y cobros de la inversión.

En el caso de que el propietario tuviera varias masas, se podría acudir a métodos basados en la programación lineal que permitieran una asignación óptima de todos los recursos en su conjunto, buscando otros objetivos como pudiera ser el buscar economías de escala, diversificar la producción, periodificar los ingresos futuros, etc.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AVERY, T.E. & H.E. BURKHART; 1994: *Forest measurements, 4ª Ed.* Mc Graw-Hill. New York.
- CANTERO, A., S. ESPINEL & D. SAENZ; 1995. Un modelo de gestión para las masas de *Pinus radiata* en el País Vasco. En ALLUÉ, M. & al. (eds): *Actas de la Primera Reunión del Grupo de Trabajo sobre Ordenación de Montes*. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, nº 1. Madrid: 193-198.
- CASTILLA, G. & A. PRIETO; 1992. Desarrollo y utilización de un simulador de producción de madera para masas de *Pinus radiata* D. Don en el País Vasco. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, 2: 189-210.
- CLUTTER, J.L., J.C. FORTSON, L.V. PIENAAR, G.H. BRISTER & R.L. BAILEY; 1982. *Timber management: a quantitative approach*. John

Wiley & Sons. New York.

DÍAZ BALTEIRO, L. & C. ROMERO; 1995. Rentabilidad financiera de especies forestales arbóreas de crecimiento medio y lento. Algunas reflexiones de política forestal. *Revista Española de Economía Agraria*, 171 (1): 85-108.

GERDING, V.; 1991. Manejo de las plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en Chile. *Bosque*, 12 (2): 3-10.

GILABERT, H.; 1996. Comunicación personal.

GOBIERNO VASCO; 1988. *Inventario Forestal del País Vasco*. Servicio Central de Publicaciones. Vitoria-Gasteiz.

LEWIS, N.B., A. KEEVES & J.W. LEECH; 1976. *Yield regulation in South Australia*

*Pinus radiata plantations*. Woods and Forest Department, South Australia. Bulletin n° 23.

MADRIGAL, A. & G. TOVAL; 1975. *Tablas de producción, cubicación y tarifas de Pinus radiata D. Don en las Provincias Vascongadas*. Dirección General de la Producción Agraria. Ministerio de Agricultura. Madrid.

PERALTA, J.J.; 1992: Repoblación, Selvicultura e Impactos de las masas de *Pinus radiata* D. Don. En: «Ciclo de Conferencias sobre Selvicultura intensiva». Departamento de Silvopascicultura. E.T.S.I. de Montes. Madrid.

PRIETO, A. & A. HERNANDO; 1995. *Tarifas de cubicación e inventario por ordenador*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid.