

ESTIMACION DEL CRECIMIENTO EN VOLUMEN DE FUSTE EN UN INVENTARIO POR MUESTREO DE UN HAYEDO NAVARRO

J. M. CUEVAS

Area de Informática Científica. INIA
Apto. 8111. 28080 Madrid

S. BARRIOS

Servicio de Montes. Diputación Foral de Navarra
Tudela, 20. 31002 Pamplona

RESUMEN

Se analizan y comparan los resultados obtenidos en el cálculo del crecimiento en volumen de fuste en un inventario por doble muestreo de un hayedo navarro haciendo uso de dos metodologías. En una de las metodologías se ha supuesto que no se disponía del crecimiento diametral normal de los árboles tipo de las parcelas, aún cuando se tomaron datos de campo para su cálculo. En la otra metodología sí se utilizaron los datos de los crecimientos diametrales. Se presentan los modelos utilizados para la obtención de la ecuación de cubicación del crecimiento en volumen de fuste en cada caso a partir de una muestra de árboles tipo apeados. Se comparan los resultados obtenidos siguiendo las dos metodologías, que fueron muy semejantes, y se analizan sus costes y su influencia en el cálculo de las posibilidades. Se termina proponiendo la estratificación de los árboles tipo apeados utilizando las características del medio disponible.

PALABRAS CLAVE: Inventario forestal por muestreo
Crecimiento en volumen
Hayedos
Fagus sylvatica L.

INTRODUCCION

La estimación del crecimiento en volumen de una masa forestal es la parte más compleja en el desarrollo metodológico de un inventario forestal, siendo muy variadas las soluciones técnicas posibles. En Pita (1973) aparecen descritas las metodologías más habituales.

El estudio del crecimiento de las masas forestales es un tema que suscita gran interés, especialmente por su relación con la predicción de las producciones. En IUFRO (1978) se presentaron algunos de los diferentes modelos desarrollados al respecto. En España se han realizado estudios sobre la estimación y evolución del crecimiento de las masas forestales de coníferas (Pita, 1967a) y de eucaliptos (Pita, Madrigal, 1968). Dichos estudios se llevaron a cabo a partir de datos procedentes de parcelas de experiencias y no, como en el caso que aquí se presenta, a partir de los datos obtenidos en un inventario por muestreo.

Recibido: 14-11-90

Aceptado para su publicación: 22-4-91

En un inventario por doble muestreo como el desarrollado con fines de ordenación en los Montes de Utilidad Pública del Concejo de Oroquieta-Erviti (Navarra) durante 1983 y 1984, la obtención de tarifas locales de ordenación, que utilizan como variables independientes exclusivamente el diámetro normal y sus derivados (diámetro normal al cuadrado, etc.), se realiza a partir de la cubicación de una muestra de tamaño considerable de árboles tipo, medidos en pie en las parcelas de inventario de los que sólo se dispone de una información muy reducida.

La medición de estos árboles tipo es una de las tareas que más recursos requiere durante el desarrollo de los trabajos de campo de un inventario forestal. En el caso del haya se añade el que la medición de los taquitos extraídos con la barrena Pressler es difícil y propensa a errores si no se realiza en laboratorio con técnicas adecuadas (Fritts, 1976), lo cual no siempre es viable o rentable.

Tiene interés práctico por ello estudiar qué influencia tiene en las estimaciones de los crecimientos en volumen de un hayedo, realizadas a partir de los datos de un inventario por muestreo, el que se midan, o no, los crecimientos radiales en los árboles tipo de las parcelas.

La cubicación de los árboles tipo de las parcelas hace necesaria la utilización de unas ecuaciones o tablas de cubicación, que, o bien existen previamente, o se habrán de obtener a partir de una muestra más reducida de árboles tipo medidos con precisión. Estas ecuaciones de cubicación a utilizar harán uso como variables independientes de aquellas para las que se dispondrá de datos en los árboles tipo de las parcelas.

MATERIAL Y METODOS

El área en estudio

El área en estudio está constituida por los Montes de Utilidad Pública números 416, 417 y 418, pertenecientes al Concejo de Oroquieta-Erviti de la Comunidad Autónoma de Navarra. Estos montes se sitúan (Fig. 1) al noroeste de dicha Comunidad Autónoma, 30 km al norte de Pamplona y junto a la divisoria de aguas Ebro-Cantábrica, extendiéndose sobre una estrecha franja de unos 10 km en sentido norte-sur, y de 1 a 3 km de anchura.

Dada la ausencia de instalaciones meteorológicas en el Concejo, o en su inmediata vecindad, no se dispone de datos precisos sobre las características microclimáticas de estos montes. La estación termopluiométrica más cercana está situada en Lecumberri, 10 km al oeste del Concejo y a 571 m de altitud. El clima de estos montes es húmedo, aumentando las precipitaciones hacia el norte, de forma que éstas oscilan entre 1.400 y 2.000 mm. El relieve es accidentado y variado, oscilando las altitudes entre los 500 y los 1.100 m, y siendo las zonas llanas o subllanas escasas. Los sustratos son cretácicos, en los que predominan las litologías de flysch al sur y de margas y calizas al norte, con algunas emergencias de ofitas. Como consecuencia básicamente del clima, los suelos se caracterizan por una acidez muy acentuada, con unos valores de pH siempre inferiores a 5,8, que llegan incluso hasta 4,5, según los análisis efectuados sobre las muestras obtenidas en cinco perfiles que se abrieron.

La especie arbórea principal es el haya (*Fagus sylvatica* L.), que cede el lugar al rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) en algunas laderas, a baja altitud y en solana. En las zonas semiplanas cercanas al valle de Basaburúa y sobre suelos con encharcamiento frecuente, el

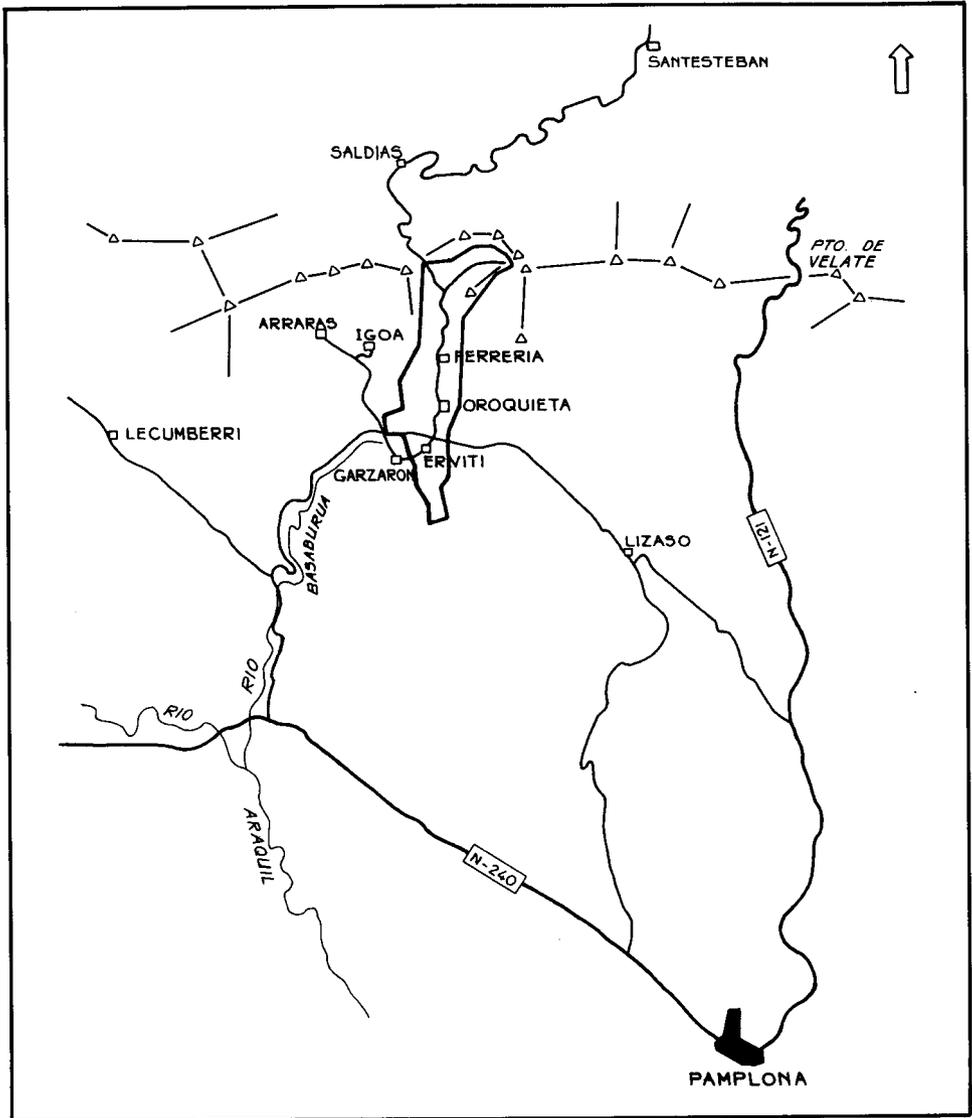


Fig. 1.—Situación del Concejo de Oroquieta - Erviti.
 Situation of Oroquieta - Erviti Council.

roble (*Quercus robur* L.) es la especie dominante. Los hayedos y robledales son de calidad variable y su estado de conservación es aceptable.

Metodología del inventario

Con el fin de disponer de los datos de existencias, necesarios para la realización del proyecto de ordenación de estos montes, se llevó a cabo en 1983-1984 un inventario de las masas arboladas. Se eligió para ello un diseño de inventario por doble muestreo (Cervera,

1969): muestra de parcelas y dentro de cada una de éstas una selección de árboles tipo en pie. Lo anterior se acompañó de la obtención de unas ecuaciones de cubicación, construidas a partir de una pequeña muestra de árboles tipo apeados. Tanto el inventario como el proyecto de ordenación de estos montes hicieron uso práctico de la flexibilidad técnica introducida por las normas actualmente vigentes en España para ordenación de montes arbolados (Ministerio de Agricultura, 1971).

Las características del muestreo fueron: malla sistemática y cuadrada de 125 m de lado, excepto en algunas zonas con gran heterogeneidad de las masas y relieve muy diversificado, y que como consecuencia de ello dieron lugar a los cantones de menor tamaño, en que se adoptó malla de 115 m; parcelas circulares de 14 m de radio; se consideraron pies mayores a los de diámetro normal superior a 17,5 cm; de cada uno de los pies mayores presentes en la parcela se anotó su especie y su diámetro normal, y de cada uno de los tres pies mayores de haya o roble más cercanos al centro de la parcela, árboles tipo de las parcelas, se midió su diámetro normal, su altura total, su espesor normal de corteza y, en el caso de ser de haya, su crecimiento radial normal en los últimos diez años. Para la medición del crecimiento radial normal se utilizaron dos taquitos extraídos con barrena Pressler a 1,3 m del suelo y en direcciones perpendiculares en cada árbol tipo.

El número de parcelas realizadas fue 666 y el de árboles tipo de las parcelas de haya fue 1.678.

Dada la dificultad, en el caso del haya, de apreciar con la necesaria precisión los anillos de crecimiento anual en los taquitos extraídos con la barrena Pressler, se procedió a trasladar éstos a gabinete, donde fueron medidos tras inmersión en aceite. Este método no es el más adecuado, pero la naturaleza práctica de los trabajos de este inventario, con unas limitaciones económicas y temporales muy acentuadas, hizo inviable el uso de técnicas más depuradas, tales como tinción (De Martin, 1972) u otras (Polgue y Keller, 1969).

Además de los datos dendrométricos citados anteriormente, en cada parcela se anotaron sus datos fisiográficos, ecológicos y selvícolas.

La metodología de inventario elegida hacía preciso disponer de la herramienta necesaria para cubicar los árboles tipo de las parcelas con precisión a partir de los pocos datos que de ellos se disponía. Puesto que no existían publicadas ecuaciones o tablas de cubicación para el haya en España, excepto las ecuaciones realizadas durante el Primer Inventario Forestal Nacional (ICONA, 1970), aunque sí para otras especies (Pita, 1967b), se hizo necesaria la elaboración de unas ecuaciones de cubicación para esta especie, a partir de los datos de una pequeña muestra de árboles apeados que fueron cubitados con precisión (Cuevas, 1989a).

Tras la obtención de estas ecuaciones de cubicación, se siguieron los siguientes pasos:

- Agrupación de los cantones de características dendrométricas similares, con el fin de disponer de un número suficiente de árboles tipo de las parcelas para obtener las tarifas. Se utilizó para ello la semejanza entre cantones de las relaciones gráficas obtenidas para cada uno de ellos entre la altura total y el diámetro normal de los árboles tipo de haya de las parcelas. Los 49 cantones definidos dieron lugar a once agrupaciones.
- Cubicación de los árboles tipo de haya de las parcelas haciendo uso de las ecuaciones de cubicación previamente obtenidas.
- Obtención de un juego de tarifas para cada agrupación de cantones.
- Cálculo de existencias: estimaciones de número de pies y volúmenes a nivel de cantón, tramo y conjunto de montes, en valores totales y por hectárea, y cálculo de los errores asociados al muestreo.

En este estudio, cuando se habla de crecimiento en volumen de fuste se hace referencia al crecimiento en volumen de fuste de la masa en pie en el momento de la realización del inventario, que no es igual al crecimiento total en volumen de fuste de la masa, pues para ello habría que tener en cuenta igualmente a los árboles extraídos o muertos. Se ha seguido un método de cálculo del crecimiento en volumen similar al de los demás volúmenes, es decir, basado en la disponibilidad de unas ecuaciones de cubicación del crecimiento en volumen de fuste de buena calidad obtenidas a partir de una muestra de árboles apeados.

RESULTADOS Y DISCUSION

El objetivo de este estudio ha sido comparar las estimaciones de los crecimientos en volumen de fuste obtenidas siguiendo dos metodologías diferentes:

A) Para obtener la ecuación de cubicación del crecimiento en volumen de fuste a partir de los 125 pies se incluye en el modelo el crecimiento diametral.

Se probaron varios modelos en el establecimiento de la ecuación de cubicación del crecimiento en volumen de fuste (Cuevas, 1989a), obteniéndose los mejores resultados usando como variable independiente el volumen de una corona cilíndrica (VCO), de base el incremento de superficie normal del árbol en los diez últimos años y de longitud la altura total del árbol. Una variable de este tipo recuerda a la definición dada por Lescafette (1951) de «superficie generatriz» como medida convencional de la superficie cambial de árbol, y que, según este autor, sería aquella superficie ficticia del árbol que tuviera la propiedad de formar sobre toda su altura un espesor de madera uniforme. Este concepto de «superficie generatriz» ha sido utilizado por Knockaert (1983) para la estimación de la biomasa aérea de plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Delnh. en Marruecos. Entre las diversas variantes probadas de un modelo de este tipo (Cuevas, 1989a), los mejores resultados se obtuvieron utilizando como variables independientes VCO y D²HT.

La ecuación obtenida con este modelo fue:

$$CRVF = - 0,6511 + 0,1178 D^2HT + 1,2816 VCO$$

$$\text{Coeficiente de determinación (R}^2\text{)} = 0,942$$

$$\text{Cuadrado residual medio} = 2,21 \text{ dm}^3$$

Siendo CRVF el crecimiento anual en volumen de fuste sin corteza en dm³; D, el diámetro normal en cm; HT, la altura total en m, y VCO, el volumen en dm³ de la corona cilíndrica citada anteriormente.

B) En la obtención de la ecuación de cubicación del crecimiento en volumen a partir de los 125 árboles tipo apeados no se incluye en el modelo el crecimiento diametral. Utilizando la fórmula combinada (Pardé, Bouchon, 1988), se obtuvo:

$$CRVF = 0,6249 + 2,7014 D^2HT$$

$$\text{Coeficiente de determinación (R}^2\text{)} = 0,884$$

$$\text{Cuadrado residual medio} = 3,07 \text{ dm}^3$$

Siendo CRVF el crecimiento anual en volumen de fuste sin corteza en dm³; D, el diámetro normal en cm, y HT, la altura total en metros.

Con la ecuación obtenida en la metodología A se realiza una mejor estimación del crecimiento en volumen de fuste de un pie, como consecuencia de utilizarse una variable

más, construida utilizando el incremento de superficie normal que se ha producido durante el período considerado.

Haciendo uso de estas dos ecuaciones, se procedió a calcular el crecimiento en volumen de fuste de los árboles tipo de haya de las parcelas. Los crecimientos en volumen de fuste así obtenidos se utilizaron para ajustar por regresión lineal, haciendo uso del programa BMDP1R (Dixon, 1975), tarifas locales de cubicación, mediante las cuales es posible realizar la estimación del crecimiento en volumen de fuste de un pie de haya del que sólo se disponga de su diámetro normal.

Para la obtención de cada tarifa se probaron dos modelos. Uno, utilizando exclusivamente el diámetro normal como variable independiente, y el otro, utilizando el diámetro normal y el diámetro normal al cuadrado como variables independientes. En cada agrupación de cantones se eligió el modelo que ofreció los mejores resultados estadísticos, pero teniendo en cuenta también la distribución de los residuos en los diámetros normales más bajos (18-25 cm), con el fin de evitar sobrestimaciones o subestimaciones en las clases diamétricas inferiores. En todos los casos se eligió la tarifa que utilizaba como variables independientes el diámetro normal y el diámetro normal al cuadrado. Siguiendo este procedimiento, se obtuvieron dos tarifas de crecimiento en volumen de fuste para cada una de las agrupaciones de cantones citadas anteriormente. Todas las tarifas obtenidas fueron más lentas en la metodología B, lo que condujo a menores estimaciones de los crecimientos en volumen de fuste, según se puede observar en la Tabla 1.

En la Tabla 1 figuran para los cinco tramos en que se dividió el conjunto de los montes, y para el conjunto de éstos, las estimaciones de los crecimientos anuales en volumen de fuste de haya siguiendo ambas metodologías: A) en que se usan los crecimientos diametrales de los árboles tipo de las parcelas, y B) en que no se usan los crecimientos diametrales de los árboles tipo de las parcelas. El proyecto de ordenación incluía también un tramo adicional, el VI, de carácter protector y muy reducida superficie (55,38 ha de superficie total, de las que sólo fueron inventariadas 12,95 ha) que se formó con cuatro cantones caracterizados por su falta de interés productivo maderero y cuyo interés principal era silvopastoral y ecológico.

En la Tabla 2 figuran las estimaciones obtenidas de los crecimientos anuales en volumen de fuste en valores por hectárea.

Puede observarse que las estimaciones de los crecimientos anuales en volumen de fuste por hectárea son similares entre los diversos tramos, a excepción de los tramos I y V. En el tramo en destino, el I, la razón de ser más bajos se debe a que en este tramo se incluyeron las masas más adultas y envejecidas. En el tramo V, la razón es la contraria, pues en este tramo se incluyeron las masas más jóvenes, por lo que la proporción de pies menores, no utilizados en las estimaciones de los crecimientos en volumen, era muy alta.

Los crecimientos en volumen de fuste obtenidos en el caso de no hacer uso de los crecimientos diametrales (metodología B) son siempre ligeramente inferiores a los calculados haciendo uso de los crecimientos diametrales (metodología A), tanto a nivel de tramo (en que oscilan las diferencias entre un 2,74 y un 13,23 p. 100 del valor obtenido utilizando los crecimientos diametrales), como para el conjunto de los montes (diferencia de un 7,65 p. 100). Los errores relativos obtenidos en ambas metodologías son bastante similares como puede apreciarse en la Tabla 3.

Tiene interés estudiar cómo influyen las diferencias vistas en la estimación de los crecimientos en volumen de fuste en la posibilidad de estos montes. En el proyecto de ordenación de estos montes se siguió la aquí denominada metodología A. En dicho proyecto se

TABLA I
ESTIMACIONES DE LOS CRECIMIENTOS ANUALES EN VOLUMEN DE FUSTE EN LAS DOS METODOLOGIAS
Estimations of the annual growing stem volumes under the two methodologies

TRAMO	SUPERFICIE (ha)	MET.	(Volumenes en metros cúbicos)										TOTAL
			CLASE DIAMETRICA (cm)										
			20	25	30	35	40	45	47,5	> 55,5			
I	183,52	A	12,23	22,57	31,17	35,57	35,49	26,67	44,06	18,86		226,79	
		B	12,14	21,24	28,67	31,80	31,59	23,63	39,24	16,64		204,96	
II	184,41	A	21,84	39,11	56,67	58,35	57,51	35,65	30,50	12,45		311,61	
		B	21,14	33,06	46,83	49,38	48,88	31,49	27,40	11,22		270,39	
III	188,08	A	33,89	49,40	57,00	58,17	48,51	36,27	27,68	9,06		319,99	
		B	35,09	48,06	53,62	53,86	44,81	33,40	25,23	7,92		301,98	
IV	181,12	A	40,28	52,03	62,53	59,29	36,34	24,07	20,01	3,55		298,10	
		B	43,07	51,61	60,11	56,35	34,25	22,62	18,86	3,08		289,94	
V	164,03	A	16,79	23,03	20,08	21,01	11,37	7,41	4,32	0,00		104,01	
		B	16,52	21,40	18,06	19,12	10,57	6,97	4,17	0,00		96,80	
MON.	914,11	A	124,73	186,22	227,49	232,88	189,22	130,59	127,73	43,92		1.262,77	
		B	128,00	175,45	207,40	210,81	171,10	118,59	115,96	38,85		1.166,16	

MET.: Metodología utilizada en la estimación de los crecimientos en volumen:
 Metodología A: Haciendo uso de los crecimientos diametrales
 Metodología B: Sin hacer uso de los crecimientos diametrales
 MON.: Conjunto de los montes.

TABLA 2
ESTIMACIONES DE LOS CRECIMIENTOS ANUALES EN VOLUMEN DE FUSTE
EN VALORES POR HECTAREA

Estimations of the annual growing stem volumes per hectar

	I	II	Tramo III	IV	V	Montes
Metodología A	1,236	1,690	1,701	1,646	0,634	1,381
Metodología B	1,117	1,466	1,606	1,601	0,590	1,508

TABLA 3
ERRORES RELATIVOS DE LAS ESTIMACIONES DE LOS CRECIMIENTOS ANUALES EN
VOLUMEN DE FUSTE EN LAS DOS METODOLOGIAS

Relative errors of the annual growing stem volume estimations under the two methodologies

	I	II	Tramo III	IV	V	Montes
Metodología A	6,22	4,85	4,74	4,12	7,87	2,34
Metodología B	6,13	4,79	4,73	4,06	7,58	2,31

calculó la posibilidad teórica anual en 1.229 m³ de volumen de fuste y 1.446 m³ de volumen total, siguiendo la clásica fórmula: $P = \frac{V}{p} + \frac{C}{2}$, siendo P la posibilidad anual, V el volumen de existencias inventariadas, p la duración del período de regeneración y C el crecimiento anual en volumen, todo ello referido al tramo en destino (el I).

La posibilidad realmente explotable se estableció mediante la suma del volumen explotable y del crecimiento en volumen de la masa explotable del tramo en destino hasta el momento previsto de corta. El volumen explotable se determinó fijando para cada cantón del tramo en destino un porcentaje de volumen explotable en cada uno de los grupos diamétricos: 18-26, 27-35, 36-42 y mayor de 42 cm, basándose para ello en el conocimiento detallado, adquirido sobre el terreno, de los rodales y estructura de cada cantón. Actuando de este modo, se fijó un porcentaje de volumen de fuste explotable, que para el tramo en destino en su conjunto resultó del 76 p. 100, con un máximo del 83 p. 100 y un mínimo del 48 p. 100 a nivel de los cantones en él incluidos.

Las posibilidades anuales que se obtuvieron de esta forma fueron:

Posibilidad anual en volumen de fuste = 836 m³ (volumen de fuste de la masa explotable en el momento del inventario dividido por 20, duración en años del primer período) + 83 m³ (crecimiento anual en volumen de fuste de la masa explotable).

Posibilidad anual en volumen total = 937 m³ (volumen total de la masa explotable en el

momento del inventario dividido por 20, duración en años del primer período) + 93 m³ (crecimiento anual en volumen total de la masa explotable).

En el caso de no utilizar los crecimientos diametrales de los árboles tipo de las parcelas, únicamente se verá afectado el segundo término de los sumatorios con los que se calcularon las posibilidades. Así, en el caso de usar los crecimientos diametrales (metodología A) se tiene que, en el tramo en destino, el I, el crecimiento en volumen anual es de 227 m³, en vez de los 205 m³ obtenidos en el caso de no usar los crecimientos diametrales (metodología B), según se puede observar en la Tabla 1. Aceptando, dado lo reducido de la diferencia entre ambas estimaciones, que éstas son iguales en la masa explotable que en la restante, se obtiene que los crecimientos anuales en volumen de fuste de la masa explotable para el conjunto de los montes en el caso de no usar los crecimientos diametrales (metodología B) serían:

$$\text{Crecimiento anual en volumen de fuste} = 83 \times 205 / 227 = 73 \text{ m}^3$$

$$\text{Crecimiento anual en volumen total} = 93 \times 205 / 227 = 84 \text{ m}^3$$

De esta forma se obtienen las siguientes posibilidades en el caso de usar los crecimientos diametrales (A), o de no usarlos (B):

(A) Posibilidad anual en volumen de fuste = 836 + 83 = 919 m³

(A) Posibilidad anual en volumen total = 937 + 93 = 1.030 m³

(B) Posibilidad anual en volumen de fuste = 836 + 73 = 909 m³

(B) Posibilidad anual en volumen total = 937 + 84 = 1.021 m³

La diferencia entre las posibilidades obtenidas en las dos metodologías es, en el caso del volumen de fuste, un 1,09 p. 100 de la posibilidad obtenida en la metodología A. La diferencia absoluta, de 10 m³ de volumen de fuste, es muy reducida, equivaliendo aproximadamente al volumen de fuste de cinco pies de 42 cm de diámetro y 34 m de altura total, ya que cada uno de los pies de haya de estas dimensiones cubica 1.878 dm³ según las ecuaciones de cubicación construidas (Cuevas, 1989a).

Es interesante analizar, desde un punto de vista económico, el interés de una y otra metodología, estudiando para ello si el ahorro de trabajo obtenido en el caso de que no se hubieran medido los crecimientos radiales normales podría haber llevado a efectuar, con un coste semejante, un mayor número de árboles tipo apeados. Probablemente en el caso de haber dispuesto de un número mayor de árboles tipo apeados se podrían haber obtenido aún mejores ecuaciones de cubicación.

Para el cálculo del coste de la obtención de la información de un árbol tipo apeado se dispone de los siguientes datos: el apeo, corta en trozas y ejecución de las mediciones de uno de estos árboles requirió 32,4 minutos de media, sin incluir en ello los desplazamientos. Ahora bien, dado que el número medio de árboles realizados por día fue 5,32, el tiempo medio efectivamente requerido por cada árbol fue 90 minutos, ya que la jornada de trabajo utilizada tuvo una duración de ocho horas.

De los árboles tipo de las parcelas no se dispone de datos cronometrados reales del tiempo necesario para extraer con la barrena Pressler los crecimientos radiales, pero según las apreciaciones de los técnicos participantes en el proyecto de inventario y ordenación de estos montes se puede estimar en cuatro-cinco minutos el tiempo utilizado para extraer los dos taquitos de cada árbol, y en tres minutos el tiempo requerido para efectuar su medición en gabinete, es decir, siete-ocho minutos en total por árbol. Según lo anterior, el tiempo

empleado en cada árbol tipo apeado fue aproximadamente 11,27 veces mayor que el invertido en la obtención y medición de los crecimientos radiales de un árbol tipo de las parcelas. El coste del personal participante no se tiene en cuenta dado que los equipos de trabajo siempre estuvieron formados por un capataz y un peón.

En el caso de que no se hubieran medido los crecimientos radiales en los árboles tipo de haya de las parcelas, habría sido interesante invertir el ahorro de tiempo de trabajo producido en obtener un mayor número de árboles tipo apeados. En este caso fueron 1.678 los árboles tipo de haya de las parcelas realizados, por tanto el ahorro de tiempo sería, aproximadamente, de 195 horas. En este tiempo, y de acuerdo con el tiempo empleado en abatir y medir un árbol tipo (90 minutos) se podrían haber realizado 130-140 árboles tipo apeados. Es decir, habría sido posible incrementar la muestra de árboles apeados hasta 255-265 ejemplares. En el cálculo anterior no se ha tenido en cuenta el valor selvícola de estos árboles ni el valor de su madera, aunque a este respecto es interesante señalar que la madera de los 125 árboles tipo apeados fue aprovechada.

En el caso de haber dispuesto de una muestra mayor de árboles tipo apeados, sería lógico haber intentado obtener más de una ecuación de cubicación de buena calidad para cada tipo de volumen. Para llevar a cabo lo anterior sería preciso dividir la muestra de árboles tipo apeados en grupos, siendo recomendable utilizar para ello un procedimiento semejante al utilizado por el Institute of Terrestrial Ecology (ITE) británico, que tiene como principio teórico el que toda actividad biológica es consecuencia directa de la acción integrada del medio físico: atmósfera, litosfera e hidrosfera (Bunce *et al.*, 1975). Para la aplicación de este método se podría hacer uso del programa TWINSPAN (Hill, 1979), utilizándose variables generadas a partir de los datos fisiográficos, ecológicos y selvícolas que se tomaron en cada una de las parcelas de inventario. El interés de esta metodología de estratificación para su uso en la inventariación forestal ya ha sido probado con los datos de este mismo inventario (Cuevas, 1989b), pero estratificando en este caso, no los árboles tipo apeados, sino las parcelas de inventario.

CONCLUSIONES

El modelo empleado para la estimación de los crecimientos en volumen de fuste haciendo uso de los crecimientos diametrales normales de los árboles tipo de las parcelas ha mostrado su utilidad. Dicho modelo hace uso como variable independiente del volumen de una corona cilíndrica de base el incremento de superficie normal obtenido en el período considerado y longitud la altura total del árbol.

Las estimaciones de los crecimientos en volumen de fuste sin hacer uso de los crecimientos diametrales de los árboles tipo de las parcelas se asemejan notablemente en este caso a las realizadas utilizando dichos crecimientos diametrales.

SUMMARY

Estimation of the growing stem volume in a sampling inventory of a beech forest in Navarre

The results obtained using two different methodologies in the computation of the growth volume in a double sampling inventory of a beech forest in Navarra are presented. In one of such methodologies it is supposed that the diameter increments are not available. The models used in the construction of the equations of growth volume are presented. The article ends analyzing the costs of both methodologies

and suggesting the stratification of the type trees to be felled previously to the construction of the equations of growth volume.

KEY WORDS: Sampling forest inventory
Growth volume
Beech forests
Fagus sylvatica L.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BUNCE R. G. H., MORRELL S. K., STEL J. H., 1975. The application of multivariate analysis to regional surveys. *J. Environ. Manag.*, 3, 151-156.
- CERVERA J. M., 1969. Inventarios forestales por muestreo estadístico. I.F.I.E., Comunicación n.º 42.
- CUEVAS J. M., 1989a. Ecuaciones de cubicación para el haya de la Navarra Orocantábrica. *Comunicaciones I.N.I.A., Serie Recursos Naturales*, 51.
- CUEVAS J. M., 1989b. Aplicación del método ITE de estratificación a la inventariación de los montes del Concejo de Oroquieta-Erviti (Navarra). *Ecología*, 3, 121-129.
- DIXON W. J., 1975. BMDP. Biomedical Computer Programs. University of California Press, Berkeley.
- DE MARTIN P., 1972. Introduction à l'analyse de cernes. Vingt-cinq années de croissance du chêne en Lorraine (1946-1970). Sorbonne, Paris.
- FRITTS H. C., 1976. Tree rings and climate. Academic Press, Londres.
- HILL M. O., 1979. TWINSPLAN. A Fortran program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of the individuals and attributes. Section of Ecology and Systematics, Cornell University, New York.
- ICONA, 1980. Las frondosas en el primer inventario forestal nacional. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- IUFRO, 1978. Growth models for long term forecasting of timber yields. Proceedings of a meeting sponsored by the International Union of Forestry Research Organizations and the School of Forestry and Wildlife Resources, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg.
- KNOCKAERT C., 1983. Biomasse aeriennne d'Eucaliptus camaldulensis planté a forte densité en Maramora oriental. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, 23, 131-188.
- LESCAFETTE J., 1951. Une propriété des arbres des peuplements: la surface génératrice. *Bull. Soc. For. de Franche - Compté et des Provinces de l'Est*, 25, 711-725.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1971. Ordenación de montes arbolados. D.G.M. y P.F., Madrid.
- PARDE J., BOUCHON J., 1988. Dendrométrie. Ecole Nationale du Genie Rural, des Eaux et des Forêts, Nancy.
- PITA A., 1967a. Crecimiento y producción de las masas forestales españolas. An. 1966 Ins. For. Inv. Exp., Madrid.
- PITA A., 1967b. Tablas de cubicación por diámetros normales y alturas totales. I.F.I.E., Madrid.
- PITA A., MADRIGAL A., 1968. Crecimiento y producción de las masas españolas de *P. pinaster* (continental), *E. camaldulensis* y *P. uncinata*. An. 1967 Ins. For. Inv. Exp., Madrid.
- PITA A., 1973. El inventario en la ordenación de montes. I.N.I.A., Madrid.
- POLGUE H., KELLER R., 1969. La xilochronologie, perfectionnement logique de la dendrochronologie. *Annales de Sciences Forestières*, 26(2), 225-226.