

LA PREDICCIÓN DEL CALIBRE DEL CORCHO AL FINAL DEL TURNO Y SU APLICACIÓN AL MUESTREO DE LA PRODUCCIÓN

J.R. GONZÁLEZ ADRADOS, F. GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, R. CALVO HARO

INIA. Apdo. 8.111. 28080 MADRID

adrados@inia.es

RESUMEN

Se ha tomado una muestra de 105 piezas de corcho en plancha de 20 por 20 cm de tamaño, procedentes de siete puntos de muestreo localizados en montes que se consideran representativos de las principales zonas españolas de producción de corcho. Sobre la sección transversal de cada pieza se ha determinado la edad, y se han medido el espesor, o calibre, y los crecimientos anuales para cada uno de los años del turno, calculándose para cada pieza el espesor y crecimiento medio anual que presentaban uno, dos y tres años antes del descorche.

Se realiza un análisis de regresión lineal paso a paso para ajustar las ecuaciones predictivas del espesor del corcho al final del turno, en función del espesor y el crecimiento medio anual uno, dos y tres años antes del descorche.

Como resultado se obtiene una serie de ecuaciones en las que los coeficientes de determinación oscilan entre 0,9918 (un año antes del descorche) y 0,9182 (tres años antes del descorche). Debido a la amplitud del muestreo realizado y a la calidad de los ajustes, se considera que estas ecuaciones pueden ser aplicadas en cualquier punto del área española de producción de alcornoque. Los mejores resultados se obtienen con la ecuación:

$$EF = 0,70021 + 1,05232 * E_{t-1}$$

(EF: espesor final del corcho; E_{t-1} : espesor el año anterior al descorche)

Las ecuaciones obtenidas permiten modificar los actuales métodos de muestreo para asesoramiento de los propietarios, al posibilitar la toma de muestras uno, dos o tres años antes de la saca del corcho. Debido al papel que el espesor, tiene en el proceso de clasificación, se estima que un 75 % de la producción no estaría afectada por los errores que se puedan cometer en la estimación si se utilizan las ecuaciones basadas en el espesor el año antes del descorche.

PALABRAS CLAVE: Alcornoque
Corcho
Clasificación
Producción
Calibre
Quercus suber
Muestreo

Recibido: 9-2-00

Aceptado para su publicación: 1-8-00

INTRODUCCIÓN

El calibre, o espesor de la plancha de corcho, es uno de los parámetros que más influyen en el rendimiento de un alcornocal, ya que condiciona las diferentes aplicaciones industriales de la materia prima. Para la producción de tapones de una pieza y 24 mm de diámetro, que es el producto final con más valor añadido, el calibre de la plancha debe ser superior a 27 mm, obteniéndose los mejores rendimientos cuando oscila entre 29 mm y 33 mm. Calibres inferiores a 27 mm obligan a destinar la materia prima a la fabricación de productos de menor valor (arandelas), mientras que las planchas con calibre superior a 40 mm contienen un porcentaje excesivo de desperdicio. Esta circunstancia hace que el «calibrado» (proceso de agrupación de las planchas en categorías de calibre homogéneo) sea un paso previo imprescindible a la clasificación del corcho propiamente dicha.

Son relativamente abundantes los trabajos relativos a este parámetro y los factores que influyen sobre él. De acuerdo con Reis (1996), los principales de éstos son la genética, el clima, la exposición, la altitud, el suelo y la edad del árbol. La densidad de la masa, por el contrario, no parece tener una relación directa (Torres *et al.*, 1997). El tamaño del árbol, medido en términos de circunferencia, la altura del fuste y la altura de descorche pueden llegar a explicar hasta un 42 % de la variabilidad total del calibre en un monte, medido a 1,30m (Reis, 1997). En un mismo árbol, el calibre del corcho varía con la altura de forma casi lineal (Montero y Vallejo, 1992).

El primer estudio sobre modelos de crecimiento del corcho que hemos encontrado se debe a Vieira Natividade (1950), quien propone un modelo lineal de la forma:

$$EF = a + b \cdot t + c \cdot t^2$$

donde EF es el espesor final del corcho (o calibre) y t es la edad del corcho en años.

Más recientemente, Montero *et al.* (1994) analizan la relación entre el crecimiento medio y la edad cuando ésta varía entre 9 y 13 años, proponiendo también un modelo lineal de segundo grado, pero sin término independiente. También Tomé *et al.* (1997) han estudiado este tema, ajustando un modelo lineal para la estimación del calibre a los ocho años en función del calibre medido a los nueve años.

Desde hace algunos años se están desarrollando en España y Portugal campañas de muestreo de la producción de corcho en plancha. Estas campañas se desarrollan en forma de un servicio que un organismo oficial o una empresa prestan al propietario de monte alcornocal, y tienen por objeto informar sobre la calidad del corcho que se tiene intención de extraer en la próxima campaña de descorche. La metodología y problemática de estos estudios ha sido discutida recientemente (Pereira, 1997) y está siendo objeto de diversos estudios en el momento actual.

La toma de muestras se realiza normalmente uno o dos meses antes del descorche. Una vez extraídas las muestras, se procede a su cocido y clasificación, emitiéndose finalmente un informe en el que se refleja la calidad media de la muestra extraída. En algunos casos se incluye también información sobre campañas anteriores y valores medios para la comarca en que se encuentra la finca, con lo que el propietario o gestor puede valorar mejor su producto.

Algunos de los problemas que presenta este procedimiento son los siguientes:

- a) Las muestras son sometidas a un procesado distinto del seguido por el total de la partida: en concreto no se respetan los períodos de reposo antes y después del hervido, lo que puede influir en su clasificación.

- b) En algunos casos, las operaciones de compraventa se realizan antes del descorche, momento en el que la información no puede estar disponible.
- c) Los laboratorios encargados de la clasificación de las muestras tienen que realizar todo su trabajo en un período muy corto de tiempo.

En estas circunstancias se plantea como alternativa la toma de muestras en los veranos anteriores al final del turno de descorche. Se piensa que, además de resolver los problemas expuestos más arriba, será una considerable ayuda para la gestión del monte el poder disponer de una información anticipada sobre los productos que se espera obtener.

Los posibles inconvenientes son:

- 1) No se conoce el calibre final del corcho, y por lo tanto no se puede proceder a la correcta clasificación de las muestras. Resolver esto es el objetivo fundamental de este trabajo.
- 2) La calidad del corcho también puede variar en los últimos años. Pensamos que esto sólo puede ser debido a fenómenos extraordinarios (incendios, ataques de plagas), que el selvicultor deberá conocer y tener en cuenta en el momento de utilizar la información suministrada por el muestreo. El resto de parámetros que intervienen en la clasificación (presencia de defectos, porosidad, etc.) deben verse afectados de una forma muy ligera por lo que ocurra en los últimos años de crecimiento.

En consecuencia, el objetivo de este trabajo se centra en proporcionar ecuaciones que permitan estimar el calibre al final del turno de descorche de una pieza de corcho extraída uno ó varios años antes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos utilizados en la construcción de los modelos proceden de una muestra de 105 piezas de corcho, y han sido obtenidos de la siguiente manera:

- Puntos de muestreo distribuidos por las principales zonas de producción españolas. Estos puntos se seleccionaron en zonas de características selvícolas y ecológicas medias en montes considerados como representativos de las zonas más importantes del área española de alcornocal (tabla 1), evitando los rodales en los que se podía sospechar que el porcentaje de corcho taponable iba a ser escaso. Con este criterio se pretendía asegurar la presencia de un número suficiente de muestras libres de anomalías.
- En cada punto se tomaron los cinco árboles más próximos a un punto determinado al azar, y en cada árbol se sacaron diez muestras de corcho de 20 cm. por 20 cm., a lo largo de la altura de descorche, cinco en la cara norte y cinco en la cara sur. Todas las piezas fueron cocidas y clasificadas por un experto.
- De las diez muestras de cada árbol se seleccionaron tres de entre las de buena calidad (1.^a-6.^a), cuidando que en las quince muestras de cada punto las orientaciones y alturas en el árbol estuvieran homogéneamente distribuidas. El total de muestras estudiadas fue, por consiguiente: 7 puntos \times 5 árboles \times 3 muestras = 105. Para mostrar la representatividad de la muestra se recogen en la tabla 2 las características medias de las piezas y de los árboles medidos.

TABLA 1
LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO
Sampling sites location

N.º	Zona	Localidad	Monte	Altitud (m)	Coordenadas UTM
1	Sierra Morena	Almadén de la Plata (SE)	El Berrocal	435	29SQC601921
2	Parque Nacional de Los Alcornocales (masas subesclerófilas)	Los Barrios (CA)	Las Beatas	286	30STF708225
3	Parque Nacional de Los Alcornocales (masas esclerófilas)	Medina Sidonia (CA)	Cinchado	160	30STF587221
4	Sierra de San Pedro	Cáceres (CC)	El Chaparral	360	29SPC978508
5	Comarca de Jerez de los Caballeros	Jerez de los Caballeros (BA)	Las Medianas	400	29SPC857486
6	Alto Ampurdán	Maçanet de Cabranys (GE)	La Cardona	370	31TDG795926
7	Sierra de las Gabarras	Forallac (GE)	Fitor	260	31TEG053394

TABLA 2
CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁRBOLES Y DE LAS PIEZAS DE CORCHO ESTUDIADAS (MEDIA ± DESVIACIÓN TÍPICA)

Studied trees and cork pieces characterisation (average ± standard deviation)

Punto de muestreo	Árboles				Muestra estudiada (105 piezas)		
	CSC (cm)	HD (cm)	CD	Edad del corcho	Año de desc.	Altura en el árbol	Orientación (º cent.)
1	115,8 ± 13,8	300 ± 35	2,62 ± 0,38	9	1992	–	120
2	–	–	–	9	1994	141,0 ± 46,0	93
3	85,2 ± 23,1	187 ± 77	2,30 ± 1,14	9	1995	105,9 ± 50,3	133
4	219,0 ± 32,3	460 ± 89	2,10 ± 0,33	9	1995	226,7 ± 141,3	53
5	132,0 ± 27,8	290 ± 137	2,18 ± 0,74	8	1995	96,7 ± 60,2	106
6	91,8 ± 27,3	172 ± 34	1,92 ± 0,18	14	1995	114,7 ± 42,4	93
7	83,2 ± 19,5	148 ± 39	1,82 ± 0,40	13	1995	82,0 ± 48,1	93
Todos	121,2 ± 52,9	259 ± 130	2,16 ± 0,62			127,8 ± 86,0	99

CSC: circunferencia sobre corcho. HD: altura de descorche. CD: coeficiente de descorche ($CD = HD/CSC$).
 CSC: over cork circumference. HD: debarking height. CD: debarking coefficient ($CD = HD/CSC$).

La decisión de seleccionar las muestras entre las de buena calidad obedece a dos razones: a) eliminar las muestras en las que las anomalías distorsionan el crecimiento y dificultan la modelización, y b) centrar el estudio únicamente en la parte de la producción

que debe ser tenida en cuenta a la hora de aplicar los resultados. Los errores en la predicción del calibre en corcho no refugo no tienen ninguna transcendencia, ya que su influencia en la calidad media es nula.

- En la cara transversal de cada pieza se midió el espesor ¹ total de la muestra en el punto medio (EF) así como los crecimientos anuales, C_i, donde i varía desde 1 (año siguiente al descorche) hasta (t - 1), (año anterior al descorche), utilizando un medidor de anillos de crecimiento (Aniol, 1987) de precisión 1μ.
- A partir de estos datos se calculan los siguientes parámetros, cuyos valores medios se recogen en la tabla 3.

E_{t-1} : Espesor el año anterior al descorche: $E_{t-1} = EF - C_{t-1}$
 E_{t-2} : Espesor dos años antes del descorche: $E_{t-2} = EF - (C_{t-1} + C_{t-2})$
 E_{t-3} : Espesor tres años antes del descorche: $E_{t-3} = EF - (C_{t-1} + C_{t-2} + C_{t-3})$
 CM_{t-1} : Crecimiento medio en el año anterior al descorche: $CM_{t-1} = E_{t-1} / (t-1)$
 CM_{t-2} : Crecimiento medio dos años antes del descorche: $CM_{t-2} = E_{t-2} / (t-2)$
 CM_{t-3} : Crecimiento medio tres años antes del descorche: $CM_{t-3} = E_{t-3} / (t-3)$

TABLA 3

RESUMEN DE LAS MEDICIONES REALIZADAS: MEDIA ± DESVIACIÓN TÍPICA PARA EL ESPESOR TOTAL Y CRECIMIENTO MEDIO ANUAL EL AÑO ANTERIOR AL DESCORCHE (E_{t-1} , CM_{t-1}), DOS AÑOS ANTES DEL DESCORCHE (E_{t-2} , CM_{t-2}) Y TRES AÑOS ANTES DEL DESCORCHE (E_{t-3} , CM_{t-3}). TODOS LOS VALORES EN MM

Measurements summary: average ± standard deviation for thickness and growth rate the year before stripping (E_{t-1} , CM_{t-1}), two years before stripping (E_{t-2} , CM_{t-2}), and three years before stripping (E_{t-3} , CM_{t-3}). All values in mm

Punto de muestreo	EF	E_{t-1}	E_{t-2}	E_{t-3}	CM_{t-1}	CM_{t-2}	CM_{t-3}
1	39,9 ± 5,5	37,1 ± 5,1	33,6 ± 5,1	28,7 ± 5,1	4,6 ± 0,7	4,8 ± 0,7	4,8 ± 0,9
2	46,4 ± 6,4	43,3 ± 5,8	38,3 ± 4,8	33,4 ± 4,2	5,4 ± 0,7	5,4 ± 0,7	5,6 ± 0,7
3	36,6 ± 8,3	34,4 ± 7,8	31,7 ± 7,2	28,9 ± 5,1	4,3 ± 1,0	4,5 ± 1,0	4,8 ± 1,1
4	36,2 ± 9,8	33,1 ± 8,0	30,3 ± 8,1	27,2 ± 7,7	4,1 ± 1,1	4,3 ± 1,2	4,5 ± 1,3
5	26,5 ± 4,1	24,2 ± 3,9	22,3 ± 3,6	20,2 ± 3,3	3,4 ± 0,6	3,7 ± 0,6	4,0 ± 0,7
6	33,1 ± 4,7	31,4 ± 4,6	29,7 ± 4,3	27,6 ± 4,2	2,6 ± 0,3	2,6 ± 0,3	2,7 ± 0,3
7	41,3 ± 7,1	39,1 ± 6,7	36,6 ± 4,3	34,0 ± 6,3	3,5 ± 0,6	3,7 ± 0,7	3,8 ± 0,7
Todos	37,2 ± 8,9	34,6 ± 8,4	31,8 ± 7,5	28,6 ± 6,9	4,0 ± 1,12	4,2 ± 1,1	4,3 ± 1,2

¹ Aunque en la introducción se ha preferido el término calibre, por ser el de uso generalizado en el sector corchero, en adelante se utilizará el término espesor para designar esta medida, con el objeto de evitar confusiones en las denominaciones de las variables.

- Para el cálculo del porcentaje de la producción libre de error se utilizan los datos de un muestreo realizado días antes del descorche sobre 600 ha de alcornocal en la provincia de Cádiz en 1997, con corcho de nueve años de edad. En este muestreo se tomó una pieza de corcho, de las mismas dimensiones que en el caso anterior, en 242 árboles seleccionados aleatoriamente por todo el monte. Las piezas se obtuvieron a 1,30 m sobre el suelo, y fueron hervidas y clasificadas por un único operario. En todas ellas se determinó el espesor final del corcho.

Para el análisis estadístico se utiliza una regresión lineal paso a paso (BMDP Statistical Software, 1993) con un criterio para la aceptación o rechazo de variables basado en el estadístico F, con valor mínimo de 4 para introducir una variable en el modelo y valor máximo de 3,9 para rechazarla. El análisis se realiza de forma independiente para los datos correspondientes a 1, 2 ó 3 años antes del descorche.

Tras un primer análisis de los datos se decide utilizar el modelo lineal, utilizando como variable dependiente el espesor final del corcho (EF) y como variables independientes en cada caso el espesor (E_{t-i}), la edad del corcho ($t-i$) y el crecimiento medio (CM_{t-i}) (i es el número de años antes del descorche).

En la estimación de los intervalos de la producción libres de error se han utilizado distintos módulos del paquete Statgraphics.

RESULTADOS

Los resultados de las mediciones, recogidos en la tabla 3, son plenamente coherentes con los encontrados en la bibliografía (Natividade, 1950; Montero, Vallejo, 1992; Montero *et al.*, 1994; Reis, 1996, 1997; Caritat *et al.*, 1996).

Realizados sobre estos datos los análisis de regresión, se obtiene que en todos los casos la primera variable en entrar en el modelo fue el espesor (E_{t-i}) y la segunda el crecimiento medio anual (CM_{t-i}). La edad no entró en ningún caso, por lo que los modelos se reducen a las dos ecuaciones siguientes:

$$EF = a + b \cdot E_{t-i}$$

$$EF = a + b \cdot E_{t-i} + c \cdot CM_{t-i}$$

En todos los casos los modelos han sido validados estudiando la distribución de los residuos. A continuación se exponen por separado los resultados obtenidos para el caso de $i = 1$ (año antes del descorche), $i = 2$ e $i = 3$ (dos y tres años antes del descorche).

Estimación a partir del espesor en el año anterior al descorche

Los resultados de la regresión para la predicción a partir de los espesores del año anterior al descorche se recogen en la tabla 4.

TABLA 4
RESULTADOS DE LA REGRESIÓN PASO A PASO PARA LA PREDICCIÓN
EL AÑO ANTERIOR AL DESCORCHE

Stepwise regression results: one year before stripping

Paso	Variable(s) que entra en el modelo	a	b	c	R ²	Error típico de la estimación
1	E _{t-1}	0,70021	1,05232		0,9901	0,883
2	E _{t-1} , CM _{t-1}	0,54620	0,99328	0,54884	0,9918	0,806

Estos resultados reflejan la bondad de ambos modelos. La mejora que se produce al introducir el crecimiento medio anual, aunque significativa, es pequeña, por lo que en la práctica se podrá utilizar el modelo de una variable sin pérdida de calidad en el ajuste.

El error típico de la estimación se sitúa, por otra parte, por debajo de los 2 mm. Se considera que este error es admisible, ya que es inferior a la precisión que se utiliza en la operación de calibrado (2,25 mm = 1 línea).

Redondeando los coeficientes de la ecuación de dos variables, se obtiene:

$$EF - E_{T-1} \approx 0,55 + 0,55 \cdot CM_{t-1}$$

expresión ligeramente superior a la expuesta en el trabajo de Montero *et al.* (1994) con corchos de 9 a 13 años procedentes de los alcornocales de Cortes de la Frontera (Málaga): «el crecimiento corriente de un año toma un valor muy próximo a la mitad del crecimiento medio alcanzado hasta el año anterior».

Dado que la predicción se va a utilizar para asignar cada una de las observaciones a una de las categorías de espesor indicadas en la introducción (< 27 mm, 27 mm – 40 mm, > 40 mm), se considera necesario calcular, además, el intervalo de confianza para las estimaciones individuales, ya que la utilización de la media puede conducir a una subestimación del error cometido.

En el primer caso (ecuación con una sola variable independiente), que es el más desfavorable, el intervalo de confianza en las estimaciones individuales viene dado por la fórmula

$$IC(EF; 1 - \alpha) = \hat{EF} \pm t_{103, \alpha} \cdot \sqrt{\hat{\sigma}^2 \cdot \left[1 + \frac{1}{105} + \frac{(\bar{x} - x)^2}{s_x^2} \right]}$$

en la que, para simplificar la nomenclatura, se ha denominado «x» a la variable independiente, en este caso el espesor del corcho el año anterior al descorche (E_{t-1}). La aplicación de esta fórmula a distintos valores en el rango en que se pueden situar los datos de calibre, proporciona los intervalos de confianza para las estimaciones individuales recogidos en la tabla 5.

TABLA 5
INTERVALOS DE CONFIANZA PARA LAS ESTIMACIONES INDIVIDUALES
EN EL MODELO DE UNA SOLA VARIABLE

Confidence intervals for individual predictions in one variable model

EF (predicción)	E_{t-1}	Intervalo al 95 % para EF
Mínimo (21,6)	19,9	± 3,55
27	25,0	± 2,67
Media (37,2)	34,7	± 1,76
40	37,3	± 1,85
Máximo (59,7)	56,1	± 4,80

Todos los valores en mm.

All values in mm.

Estimaciones a partir del espesor dos y tres años antes del descorche

La selección de variables se repite en este caso, considerando como variables independientes E_{t-2} , CM_{t-2} , y, a continuación, E_{t-3} , CM_{t-3} , obteniendo los resultados de la tabla 6. Los límites de confianza al 95 % para las estimaciones individuales se recogen en la tabla 7.

TABLA 6
RESULTADOS DE LA REGRESIÓN PASO A PASO PARA LAS
PREDICCIONES DOS Y TRES AÑOS ANTES DEL DESCORCHE

Stepwise regression results: two and three years before stripping

Paso	Variable(s) que entra en el modelo	a	b	c	R ²	Error típico de la estimación
1	E_{t-2}	0,49481	1,15402		0,9576	1,8283
2	E_{t-2} , CM_{t-2}	-0,23809	1,01649	1,22604	0,9689	1,5566
1	E_{t-3}	2,5056	1,21300		0,8863	2,9949
2	E_{t-3} , CM_{t-3}	0,62638	1,01206	1,76574	0,9182	2,5399

Como puede observarse, en las estimaciones realizadas con el espesor del corcho dos años antes del descorche el error típico sigue estando por debajo de 2,25 mm, valor que se excede en el caso de los tres años. De la misma manera, el intervalo de confianza aumenta considerablemente, lo que quiere decir que el número de piezas en las que la estimación puede provocar un error en la asignación a una clase de calibre es mayor cada vez.

TABLA 7
INTERVALOS DE CONFIANZA PARA LAS ESTIMACIONES INDIVIDUALES EN EL MODELO DE UNA SOLA VARIABLE (PREDICCIONES 2 Y 3 AÑOS ANTES DEL DESCORCHE)

Confidence intervals for individual predictions in one variable model (two and three years before stripping predictions)

EF (predicción)	Predicción a dos años		Predicción a tres años	
	E_{t-2}	Intervalo al 95 % para EF	E_{t-3}	Intervalo al 95 % para EF
Mínimo (21,6)	18,3	± 7,44	15,7	± 12,50
27	23,0	± 5,59	20,2	± 9,36
Media (37,2)	31,8	± 3,64	28,3	± 5,96
40	34,2	± 3,83	30,9	± 6,29
Máximo (59,7)	51,3	± 10,07	47,1	± 17,06

Todos los valores en mm.
All values in mm.

Porcentaje de la producción libre de errores

Los resultados expuestos hasta ahora plantean una cuestión importante a la hora de la utilización de estos modelos, que es conocer el porcentaje de la producción que en ningún caso se va a ver afectada por los errores de predicción. Así, por ejemplo, en el límite inferior de nuestros datos, una pieza que el año anterior al descorche tiene un calibre de 19,9 mm, tiene un valor estimado para el calibre final de 21,6 mm (tabla 5). En este caso la pieza es clasificada como «delgada» (calibre inferior a 27 mm), y la posibilidad de que esta clasificación sea errónea es prácticamente nula.

Por el contrario, en los valores de E_{t-1} (25,0 y 37,3) que estiman los valores límites de las clases (EF = 27 mm, EF = 40 mm), la posibilidad de error será del 50 %, ya que, como se sabe, la variable estimada para cada valor de la variable independiente $\sim N(\hat{y}_{x_i} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i, \hat{\sigma}_{\hat{y}_{x_i}})$ (Para simplificar la notación, se ha vuelto a sustituir E_{t-1} por x y EF por y).

Por calibración se calculan estos valores de E_{t-1} para los distintos modelos (tabla 5, tabla 7) así como sus intervalos de confianza al 95 % (tabla 8). En estos intervalos de confianza queda comprendida la parte de la producción que puede verse sometida a un error de clasificación por calibre. Dentro de ellos, la probabilidad de error máxima será del 50 % en los puntos centrales de los intervalos ($E_{t-1} = 25,0$; $E_{t-1} = 37,3$) y disminuirá al alejarse de ellos, llegando a ser prácticamente nula en los extremos de cada intervalo.

En la tabla 8 se ha incluido, además, un ejemplo de cálculo del porcentaje de piezas que se verían libres del error de clasificación por calibres, tomando datos de uno de los muestreos en finca realizados por los autores. Este cálculo se ha hecho contabilizando el número de muestras cuyo E_{t-1} está fuera de los intervalos indicados en cada caso.

TABLA 8

INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95 % (MM) PARA LAS VARIABLES INDEPENDIENTES (E_{t-i}) EN LOS VALORES DE EF QUE DETERMINAN LA SEPARACIÓN ENTRE LAS CATEGORÍAS DE ESPESOR COMERCIALES (27 Y 40 MM). PORCENTAJE TOTAL DE MUESTRAS EXCLUIDAS DE ESTOS INTERVALOS

95% confidence intervals for independent variables (E_{t-i}) at critical values of EF (limits of grading categories). Percentage of samples excluded from both intervals.

Momento de la estimación (t = turno de descorche)	Intervalo de E_{t-i} para la estima de EF = 27 mm		Intervalo de E_{t-i} para la estima de EF = 40 mm		% de muestras excluidas de ambos intervalos
	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	
t-1	23,31	26,67	35,67	39,02	76,03
t-2	19,79	26,14	31,07	37,39	46,69
t-3	15,24	25,15	25,99	35,83	16,53

Los datos proceden del muestreo experimental realizado por los autores en el verano de 1997 en 600 ha de alcornoque en la provincia de Cádiz. Es importante resaltar el gran tamaño de la superficie descorchada, probablemente una de las mayores que se puedan encontrar en España. Esto da mayor validez a las consideraciones que se hacen a continuación, pues no es probable que en otros casos se encuentren distribuciones del espesor del corcho más dispersas que las obtenidas en este caso.

El ejemplo expuesto en la tabla 8 reafirma las posibilidades de aplicación de los modelos basados en el espesor el año anterior al descorche, ya que, en este caso, prácticamente el 75 % de la producción que no se va a ver afectada por los errores que se puedan cometer en la estimación del espesor final del corcho. Conviene subrayar que en el 25 % restante la probabilidad de error no es constante, sino que varía en cada caso en función de la distancia a los extremos de los intervalos de confianza calculados por calibración. En los modelos basados en el espesor dos y tres años antes el porcentaje de piezas incluidas en los intervalos de confianza aumenta considerablemente, por lo que su aplicación debe ser estudiada con más detenimiento.

CONCLUSIONES

La bondad de los ajustes, así como los pequeños errores de estimación, demuestran la utilidad de los modelos obtenidos. Los resultados coinciden con los aportados por trabajos de menor ámbito geográfico citados en la bibliografía. El hecho de que el muestreo realizado haya cubierto la práctica totalidad de las zonas de producción españolas, con un rango de turnos de descorche tan amplio como el que puede encontrarse en la realidad, hace que los modelos obtenidos puedan aplicarse a cualquier monte del área española de alcornoque, independientemente de su localización geográfica y del turno de descorche.

Como es lógico, la bondad del ajuste disminuye al aumentar el período de tiempo entre la toma de muestras y el descorche. Si las predicciones se hacen el año anterior, el error típico de la estimación es inferior a la precisión que se utiliza en el proceso de calibrado del corcho, que es de 2,25 mm (1 línea). Los intervalos de confianza para las estimaciones individuales en los espesores límite de las categorías más habituales (27 y 40 mm) son comparables a ese valor ($\pm 2,67$ y $\pm 1,85$ mm respectivamente)

Los modelos propuestos permiten la estimación del espesor final del corcho a partir del espesor el año anterior al descorche, y, por lo tanto, la realización de muestreos para el asesoramiento a los propietarios con dichos períodos de antelación. En un caso concreto de aplicación de este modelo se ha obtenido que el porcentaje de producción que no puede verse afectado por los errores de estimación ha sido del 76,04 %.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto FAIR3-1438 «CORKASSESS», financiado por la Unión Europea. Los autores quieren agradecer la ayuda prestada en el INIA por M.L. Cáceres, J.L. García de Ceca y E. Rodríguez Trobajo, así como la colaboración de la empresa Aglomerados Morell S.A. de Santiponce (Sevilla) en la preparación y clasificación de las muestras.

SUMMARY

Predicting final thickness of cork planks. Application to sampling cork production

105 cork samples (20 cm \times 20 cm) have been extracted from seven sites selected as representatives of the main cork oak production areas in Spain. Age, thickness and annual growth of cork have been measured on the transversal section of each piece. Thickness of cork one, two and three years before stripping has been calculated.

Lineal regression analysis has been performed to obtain predicting equations for thickness at debarking time, where independent variables were thickness one, two or three years before stripping and growth rate at each moment.

A set of equations was obtained, and regression coefficients varied between 0.9918 (the year before stripping) and 0.9182 (three years before stripping). Due to the sampling method, it is considered that these equations can be applied all over the cork oak distribution area in Spain. Best results can be obtained using the following equation:

$$EF = 0.70021 + 1.05232 * E_{t-1}$$

(EF: final cork thickness; E_{t-1} : cork thickness one year before stripping)

The results allow some changes in the current sampling methods, designed for owners assessment, as sampling in the field can be done the year before stripping. Due to the role of thickness in grading of cork planks, more 75 % of the production is not affected by these estimations, when thickness one year before stripping is used.

KEY WORDS: Cork-oak
Cork
Grading
Quercus suber
Predicting equations
Sampling

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANIOL R.W., 1987. A new device for computer assisted measurement of tree-ring widths. *Dendrochronologia*, 5: 135-141.
- CARITAT A., MOLINAS M.L., GUTIÉRREZ E., 1996. Annual cork-ring width variability of *Quercus suber* L. in relation to temperature and precipitation (Extremadura, southwestern Spain). *Forest Ecology and Management*, 86: 113-120
- MONTERO G., VALLEJO R., 1992. Variación del calibre del corcho medido a distintas alturas. *Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales*, 2: 181 - 188
- MONTERO G., TORRES E., VÁZQUEZ J., ORTEGA C., 1994. Determinación del turno óptimo de descorche. *Actas del III Congreso Forestal Nacional. Figueira da Foz, diciembre de 1994.*
- PEREIRA H. (ed.), 1997. Cork oak and oak. *European Conference on Cork oak and Cork. Lisboa, 5-7 May 1997*
- REIS A., 1996. O sobreiro-Uma revisão bibliográfica sobre crescimento e capacidades de produção de cortiça. *D.G.F. Estudos e Informação n.º 315. Lisboa. 57 pp.*
- REIS A., 1997. Espessura da cortiça de reprodução, ao nível do fuste de 1,30 m. Possíveis causas da sua variação. *D.G.F. Estudos e Informação n.º 316. Lisboa. 18 pp*
- TOMÉ M., COELHO M.B., LOPES F., PEREIRA H., 1997. Modelo de Produção para o Montado de Sobreiro em Portugal. In: PEREIRA H. (ed.). *Cork oak and oak. European Conference on Cork oak and Cork. Lisboa, 5-7 May 1997*
- TORRES E., MONTERO G., SUÁREZ DE LA CÁMARA M.A., 1997. Relación entre la densidad de la masa y la producción de corcho en montes alcornoques del Sur de España. *Actas I Congreso Forestal Hispano Luso. Vol. 4. Pamplona 23-27 de junio de 1997*
- VIEIRA NATIVIDADE J., 1950. *Subercultura. D.G.F.P. Lisboa.*