

## DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA EN DOS PARCELAS DE ALCORNOCAL

A. Caritat, M. Oliva y M. Molinas

Laboratori del Suro. Estudi General de Girona (UAB). Pl.Hospital 6, 17071 Girona, España.

---

### RESUM

S'estudia la distribució de la biomassa, en l'arbre i en l'estrat arbore, de dues parcel·les de sureda situades respectivament a Fitor (les Gavarres) i a St. Hilari (Montseny-Guilleries). S'estudien també les equacions alomètriques i la producció de suro. Les dues parcel·les mostren variacions notables de biomassa total que reflecteixen diferències ambientals i del grau de maduresa: a St. Hilari, la biomassa total aèria és de 328 tm/ha i la producció de suro de 9,6 tm/ha; a Fitor la biomassa aèria és de 134 tm/ha i la producció de suro de 2,2 tm/ha. Es de remarcar que en ambdós casos, sols un 12% de l'escorça és aprofitada per a l'obtenció de suro. En l'arbre, les branques principals constitueixen la porció més abundant de biomassa epigea (33-42%). Segueixen, en ordre decreixent, el tronc (20-31%), l'escorça (17-20%) i les branques secundàries (17-18%). Les fulles formen la fracció minoritària (0,8-1%). La porció de biomassa hipogea ha estat avaluada en un 32% del total per als arbres de St Hilari i en un 43% en els de Fitor. Aquesta diferència podria ser deguda a què en el primer cas es tracta de peus de gla i en el segon de rebrots.

### RESUMEN

Se analiza la distribución de la biomasa, en el árbol y en el estrato arbóreo, de dos parcelas de alcornoque situadas respectivamente en Fitor (les Gavarres) y St.Hilari (Motseny-Guilleries) en la provincia de Girona. Ambas parcelas muestran variaciones notables en la biomasa total, hecho que refleja diferencias en clima, sustrato y grado de madurez. En el alcornoque de St Hilari, la biomasa aérea total es de 328 tm/ha y la producción de corcho de 9,6 tm/ha. En el de Fitor la biomasa aérea total es de 134 tm/ha y la producción de corcho de 2,2 tm/ha. Es de remarcar que en ambas parcelas la explotación comercial de corcho afecta solamente al 12% de la corteza. En los alcornoques, la porción principal de biomasa epigea corresponde al leño de las ramas principales (33-42%), seguidas del tronco (20-31%), la corteza (17-20%) y las ramas secundarias (17-18%). Las hojas constituyen la porción minoritaria (0,8-1%). La fracción de biomasa hipogea se ha evaluado en el 32% del total en los árboles de St. Hilari, y en el 43% en Fitor. Esta diferencia podría explicarse porque en el primer caso se trata de árboles de pie mientras que en el segundo se trata de rebrotes.

### ABSTRACT

Biomass evaluation of a forest ecosystem is essential to know its structure and functionalism. Quantification of total and partial biomass is useful for improving forestry treatments. In cork-oak it is important to consider both biomass quantity as well as cork quality. In this study, biomass distribution and allometric equations at tree and canopy levels have been studied in two cork-oak plots located in Girona (Catalonia, NE Spain). One is located in Fitor and it has tree diameters between 5 and 32 cm. The other one, which has tree diameters between 24 and 57 cm, is located in St Hilari. Fifteen trees were cubed in each plot. Cork production has been evaluated by weighing done during extraction. Usually, the cork-oak stem bifurcates in two or more main branches. It has been seen that the greatest aboveground biomass is in wood of main branches (33-42%), stem (20-31%) and secondary branches (17-18%). Bark represents 17-20% and leaves only 0.8 to 1.0%. Differences in total biomass between the two plots have been detected; this

reflects the difference in environmental conditions and mature stage of ecosystems. Aboveground biomass of the cork-oak forest of St. Hilari is 328 tm/ha whereas the one of Fitor is 134 tm/ha. The underground part represents 25-30% of the total in seed trees but in sprouts may be greater. In both cork-oak zones it has been observed that only an average of 12 % of biomass bark of a tree is commercially exploited. Estimated cork production is 2.2 tm/ha in Fitor plot and 9.6 tm/ha in St. Hilari plot.

**Key words:** biomass, cork-oak, cork production, Mediterranean sclerophylls, *Quercus suber* L.

## INTRODUCCIÓN

La cuantificación de la biomasa es esencial para conocer la estructura y funcionalidad de una comunidad. En los ecosistemas forestales la determinación de la biomasa total y por fracciones encuentra aplicación en el control de los tratamientos silvícolas. Este hecho es especialmente importante en el alcornoque si se quiere aumentar la cantidad y la calidad del corcho producido.

Los estudios existentes sobre biomasa total en especies mediterráneas son escasos y se refieren principalmente a la encina, *Quercus ilex* L., (Ferrés et al, 1980 ; Canadell *et al.*, 1988). Además, la información disponible se ha obtenido principalmente por el método de los inventarios, donde únicamente se considera el volumen de biomasa comercializable. De esta forma, la cantidad real de biomasa disponible queda subestimada (González, 1988). En relación al alcornoque, *Quercus suber* L., los trabajos publicados se centran en las existencias y producción de corcho en diferentes zonas (Montero, 1988; Montoya, 1988; Zeraia, 1981) y en la fracción de madera comercialmente utilizable (Inventario Nacional ICONA).

El método de análisis dimensional descrito por Whittaker *et al.* (1975) es el más frecuentemente utilizado para la estimación de la biomasa del árbol. Este método relaciona parámetros dendrométricos fácilmente medibles, como el diámetro y la altura, con la biomasa total o parcial. De esta forma es posible estimar la biomasa a partir del conocimiento de estas variables. Según Duvigneaud (1971) se pueden obtener buenas ecuaciones alométricas para una especie en un área determinada a partir del estudio detallado de 15 ejemplares que cubran la gama de diámetros de la zona.

En este artículo analizamos la biomasa de dos parcelas de alcornoque catalán que difieren en sus características físicas y estructurales. Se estudia la distribución de la biomasa por fracciones dentro del árbol y las ecuaciones alométricas de la biomasa aérea. También se hacen estimaciones de la producción de corcho.

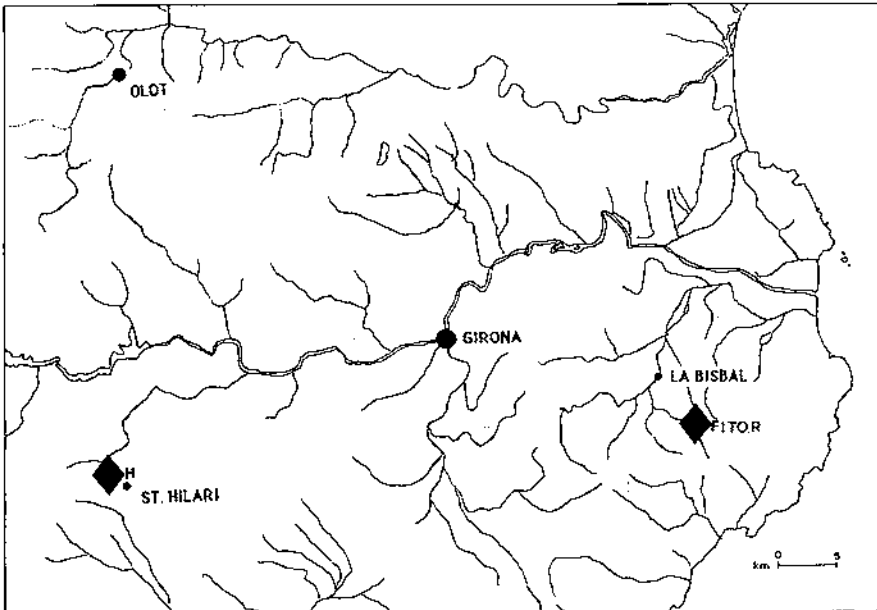
## MATERIAL Y MÉTODOS

Las dos parcelas estudiadas se localizan en Fitor (les Gavarres) y St. Hilari (Montseny - Guillerries) en la provincia de Girona (Fig. 1). Corresponden a alcornoques que difieren en clima, altitud, substrato y grado de madurez. Las parcelas, cuyas características se describen en la Tabla 1, tienen forma de cuadrados de 400 m<sup>2</sup> de superficie y fueron seleccionadas en zonas homogéneas y representativas del lugar.

En cada una de ellas se realizaron los siguientes trabajos: i) Inventario de todos los árboles de diámetro superior a 5 cm. Se midieron diámetros a 1.30 m de la base con forcípula, altura total con dendrómetro y altura del descorche. También se

**Tabla 1.-** Características topográficas y climáticas de las dos parcelas experimentales

	St. Hilari	Fitor
Superficie m <sup>2</sup>	400	400
Altitud (m s n m)	825	170
Orientación	SW	SW
Pendiente (%)	42	25
Precip. anual (mm)	858	659
T media anual (°C)	11,2	15,1
Substrato	granodiorita	esquistos

**Figura 1.-** Situación de las parcelas experimentales de alcornoque. (H = St.Hilari, F = Fitor).

midieron proyecciones de copas y grosor de corcho de 10 árboles de diferentes clases diamétricas. ii) Se cortó un árbol tipo y se separaron y pesaron las distintas fracciones. Se midieron diámetros de tronco y ramas principales cada 50 cm desde la base hasta el final de la copa. De la parte epigea se pesaron tronco, ramas principales, ramas secundarias distribuidas en 4 clases diamétricas y hojas. De la parte hipogea, que presentaba gran dificultad para la extracción, se pesó una fracción

estimada en un 40 % del total y al resto se le dio un valor a partir de los diámetros de las raíces principales y secundarias. *iii*) Se tomaron muestras de las distintas fracciones para el cálculo de densidades y pesos secos, que fueron secadas a 80 ° C hasta obtener valor constante. *iv*) Se cubió la biomasa aérea de 15 árboles de cada parcela seleccionados según las clases diamétricas. Se midieron los diámetros del tronco y ramas principales cada 50 cm. Las ramas secundarias se repartieron en 3 clases diamétricas y se observó su frecuencia. *v*) Se aplicaron las ecuaciones de Simpson (Pardé y Bouchon, 1988) para el cálculo de volúmenes de madera y corteza a partir de las mediciones de campo. Posteriormente, de acuerdo con las densidades y pesos secos, se estimaron los pesos correspondientes. Con los datos se elaboró una matriz que incluía todos los parámetros, para obtener las curvas alométricas y proceder al análisis estadístico. *vi*) En la parcela de Fitor fueron pesadas todas las panas de corcho extraídas durante la pela practicada del modo habitual en la zona. Se comparó la producción obtenida con la calculada a partir de las ecuaciones de Montero (1988) para el alcornocal catalán:  $PC = 13,94 \times CBC \times HD$  para corcho de reproducción y  $PC = 9,96 \times CSB \times HD$  para bornizo, donde **CBC** es la circunferencia bajo corcho, **CSB** la circunferencia sobre bornizo y **HD** la altura del descorche. En St. Hilari la producción de corcho se estimó a partir de estas ecuaciones.

## RESULTADOS

### Estructura forestal de las parcelas

En la Tabla 2 y las Fig. 2 - 3 aparecen los valores de los parámetros estructurales determinados en las dos parcelas. En Fitor los diámetros normales están comprendidos entre 5 y 32 cm; la densidad es elevada (1024 pies/ha) como es propio de masas juveniles y la altura media de los árboles es también relativamente elevada alcanzando

**Tabla 2.-** Valores relativos a la estructura, biomasa y producción de las dos parcelas experimentales.

	Fitor	St. Hilari
Superficie (m <sup>2</sup> )	400	400
Densidad (n/ha)	1024	575
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	24	58
Diámetros (cm)	5-32	24-57
Altura media (m)	10,8 (1.5)	12,4 (3.6)
Altura bifurcación (cm)	332 (161)	278 (69)
Altura pela (cm)	86 (15)	166 (27)
Biomasa media árbol (kg)	353 (123)	1024 (564)
Biomasa aérea (t/ha)	134	328
Producción corcho (t/ha)	2,2	9,6

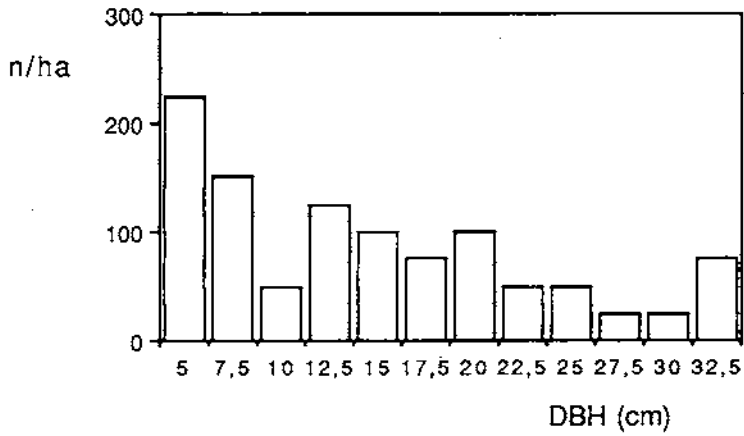


Figura 2.- Distribución por clases diamétricas de los alcornoques de la parcela de Fitor.

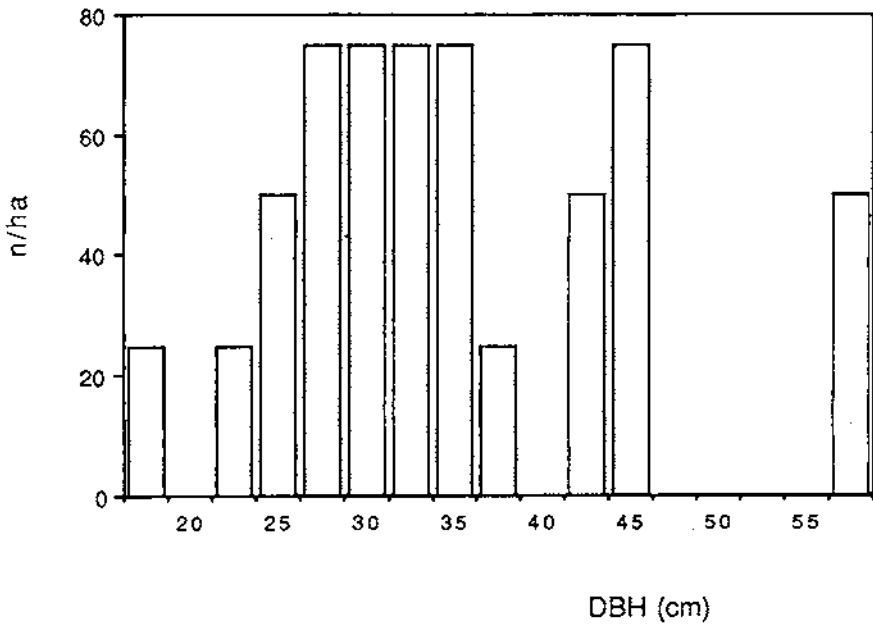


Figura 3.- Distribución por clases diamétricas de los alcornoques de la parcela de St. Hilari.

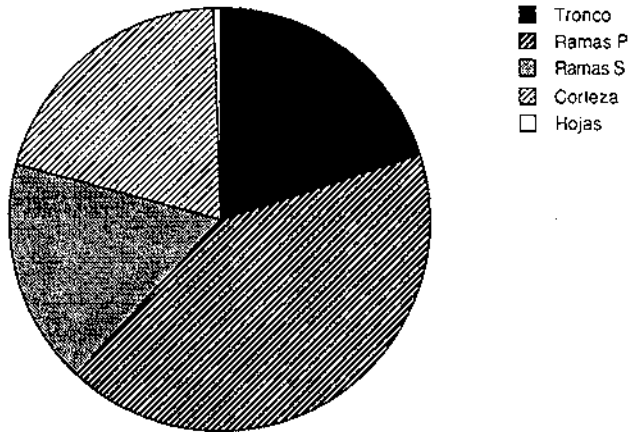
do un valor de 10.8 m. En St. Hilari los diámetros normales están entre 24 - 57 cm; la densidad es de 575 pies/ha; y la altura arbórea media de 12.4 m.

### Distribución de la biomasa

En la parcela Fitor la biomasa aérea total del estrato arbóreo es de 134 tm/ha y la masa total media de la parte aérea de los alcornoques de 353 Kg. En St. Hilari estos valores son de 328 tm/ha y 1024 kg respectivamente (Tabla 2).

La Fig. 4 muestra la distribución de la biomasa epigea. En Fitor las ramas principales constituyen el 33 %, el tronco el 31 %, y las ramas secundarias el 17-18 %. En St. Hilari

St Hilari



Fitor

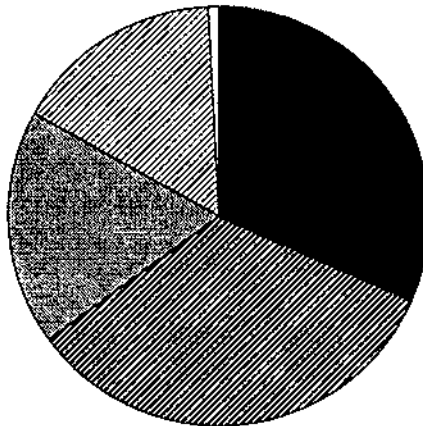


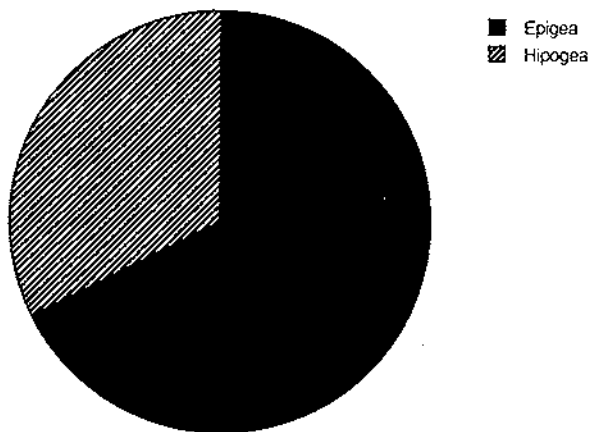
Figura 4.- Distribución por fracciones de la biomasa arbórea epigea en las dos parcelas.

las ramas principales constituyen el 42 %, el tronco el 20 % y las ramas secundarias el 17-18 %. Debemos notar que en el alcornoque la bifurcación del tronco se produce relativamente próxima a la base, observándose habitualmente dos, tres, o incluso cuatro ramas principales. A estas ramas principales corresponde la mayor porción de biomasa epigea.

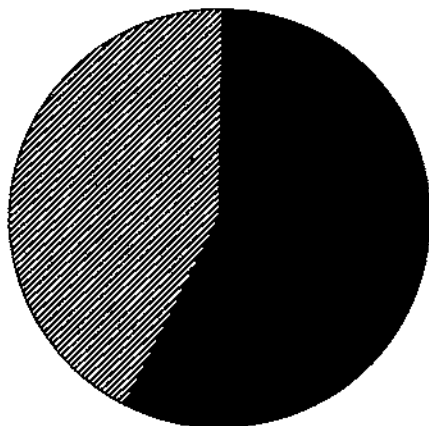
En referencia a la corteza, la masa media estimada en un árbol tipo de Fitor es de 57 kg y supone el 17 % de la biomasa aérea; mientras que en St. Hilari es de 208 kg representando el 20 % de dicha biomasa aérea.

En ambas parcelas la porción menor de la biomasa aérea corresponde a las hojas, fracción fotosintetizadora, que representan del 0.8 al 1 % del total.

*St. Hilari*



*Fitor*



**Figura 5.-** Distribución de la biomasa epigea e hipogea de los alcornoques de las dos parcelas.

La biomasa hipogea fue estimada en 141 kg en Fitor y en 490 kg en St. Hilari. En el primer caso supone el 43 % del total del árbol, mientras que en el segundo es sólo del 32 % (Fig. 5).

### Ecuaciones alométricas

En las figuras 6 y 7 aparecen las ecuaciones alométricas obtenidas a partir de las rectas de regresión entre biomasa y diámetro normal (DBH). Se han utilizado ecuaciones logarítmicas por presentar mejores ajustes. Estas ecuaciones se expresan como  $\log Y = A \log X$ , donde  $Y$  es el peso seco de la fracción analizada y  $X$  es el diámetro normal del árbol. Las curvas permiten deducir la biomasa total y por fracciones a partir de los diámetros normales y apreciar el patrón de acumulación en los alcornoques. En ambas parcelas se observa como la pendiente de la biomasa de hojas, corteza y tronco es bastante parecida, mientras que la de las ramas principales es mayor, poniendo en evidencia una mayor velocidad de crecimiento de esta fracción. En ambas parcelas se observa también que, para un diámetro de árbol determinado, la biomasa aérea es del mismo orden si bien, como muestran las correspondientes ecuaciones (Tabla 3), es algo mayor en Fitor.

**Tabla 3.** - Ecuaciones alométricas que relacionan diámetros normales (DBH) expresados en cm con la biomasa aérea total y por fracciones (kg) para las dos parcelas de alcornoque. BT = tronco; BRP = ramas principales; BRS = ramas secundarias; BC = corteza; BH = hojas

Fitor	Función	R2
log B Total =	2.7615 . log DBH - 1.3934	0.9766
log B T =	1.1809 . log DBH + 0.3905	0.5641
log B R P =	4.7367 . log DBH - 4.6567	0.8007
log B R S =	0.6280 . log DBH + 0.9248	0.4050
log B C =	1.2226 . log DBH + 0.0581	0.8390
log B H =	0.6274 . log DBH - 0.4784	0.3987
St. Hilari	Función	R2
log B Total =	2.8130 . log DBH - 1.4865	0.9616
log B T =	1.8283 . log DBH - 0.5352	0.9156
log B R P =	3.8668 . log DBH - 3.4560	0.9328
log B R S =	3.0833 . log DBH - 2.5896	0.8368
log B C =	2.1621 . log DBH - 1.0525	0.9375
log B H =	1.7789 . log DBH - 2.0455	0.8466



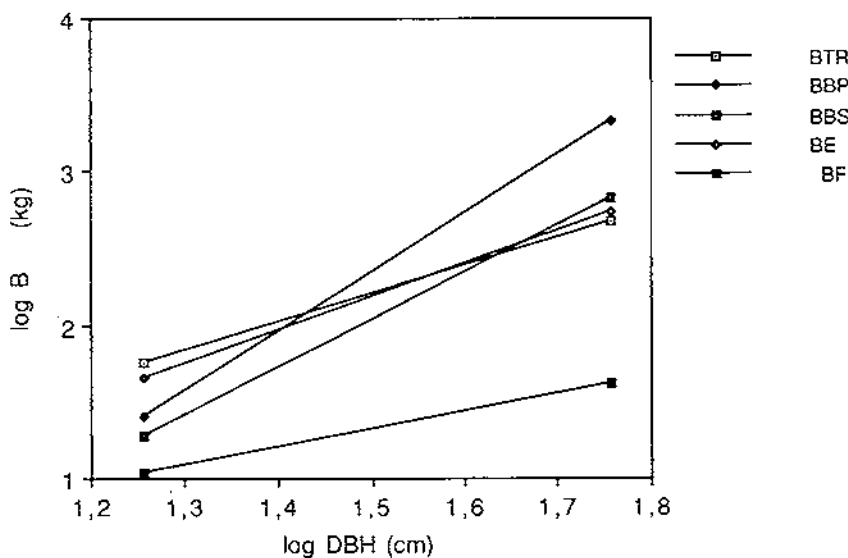


Figura 6.- Relaciones alométricas entre diámetro normal del tronco (DBH) y biomasa de diferentes fracciones epigeas obtenidas a partir de 15 alcornoques de la parcela de Fitor (BTP = tronco principal; BBP= ramas principales; BBS = ramas secundarias; BE = corteza ; BF = hojas)

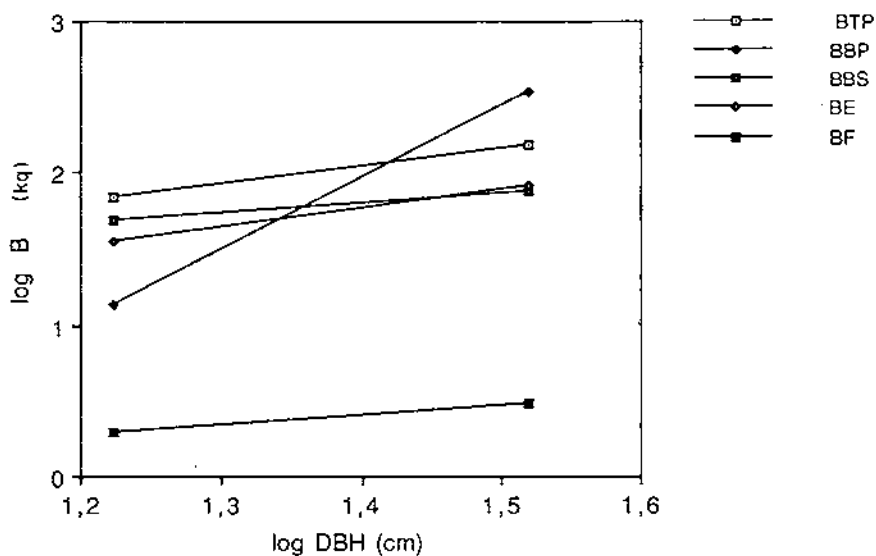


Figura 7.- Relaciones alométricas entre diámetro normal del tronco (DBH) y biomasa de diferentes fracciones epigeas obtenidas a partir de 15 alcornoques de la parcela de St.Hilari (BTP = tronco principal; BBP= ramas principales; BBS = ramas secundarias; BE = corteza ; BF = hojas).

### Producción de corcho

Al corresponder el período de realización de este estudio con un año de descorche de la parcela de Fitor fue posible determinar la producción de corcho por pesada directa durante la extracción. La producción registrada en este caso fue de 2,28 tm/ha, mientras que con la aplicación de la ecuación de Montero (1988) se obtiene un valor de 2,19 tm/ha. Obsérvese la buena correspondencia entre ambos valores.

En St. Hilari, al no coincidir con el turno de descorche, no fue posible la determinación directa. La producción de corcho en este caso fue estimada aplicando la citada ecuación de Montero obteniéndose un valor de 9.6 tm/ha (Tabla 2).

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo es la primera aproximación al estudio de la distribución de la biomasa en el alcornocal de Girona. Como aportaciones importantes destacamos el cálculo, por primera vez en el alcornocal, de las ecuaciones alométricas de la biomasa total y por fracciones y la comprobación de la ecuación de Montero (1988) para estimar la producción de corcho. Las ecuaciones alométricas y la ecuación de Montero pueden servir de base a distintos estudios de producción del alcornocal de Girona.

Las dos parcelas estudiadas muestran divergencias en la estructura forestal y en la biomasa. Así, la biomasa aérea del alcornocal de St. Hilari (328 tm/ha) duplica la de Fitor (134 tm/ha). En el primer caso se trata de un bosque maduro que se halla en una zona de mayor pluviosidad. En el segundo caso, la estructura es propia de masas jóvenes de densidad elevada y diámetro normal medio y área basal baja. Sin embargo la altura media de los árboles de Fitor es relativamente elevada, hecho que podría explicar que para árboles de un determinado diámetro, la biomasa aérea sea algo mayor que en los correspondientes de la parcela de St. Hilari.

Debemos notar que la biomasa aérea del alcornocal de Fitor (134 tm/ha) se encuentra en el intervalo (111-160 tm/ha) propio del encinar de edad parecida del Montseny (Mayor, 1990). Y que la biomasa del alcornocal de St. Hilari (328 tm/ha) es semejante a la hallada por Susmel *et al.* (1976) en encinares maduros de Cerdeña (340 tm/ha).

Así mismo constatamos que en el alcornoque, al igual en la encina (Canadell *et al.*, 1988), la relación diámetro - biomasa epigea muestra gran similitud a otras quercíneas caducifolias (véase Tabla 4). Esta semejanza puede ser debida a la estrecha relación filogenética que determina unas pautas comunes de crecimiento.

Respecto a la distribución de las distintas fracciones de biomasa en el árbol, vemos que la mayor proporción de biomasa aérea corresponde a las ramas principales. Este hecho, junto al patrón de acumulación de las curvas alométricas, sugiere que el alcornoque realiza una inversión muy fuerte en estas ramas, una de cuyas funciones básicas (Canadell *et al.* 1988) es la exploración del espacio. Las ramas secundarias, cuya función es de explotación, forman una fracción muy parecida en ambas parcelas (17-18%) y presentan una pendiente muy baja de la curva alométrica. Esto quiere decir que su biomasa, a medida que el árbol crece, aumenta muy poco, probablemente porque la copa es muy abierta, la luz penetra fácilmente y por tanto no necesitan extenderse más. Las hojas, a pesar de su importancia, representan sólo una pequeña fracción (0.8-1%), hecho común en muchas plantas leñosas.

**Tabla 4.** - Recopilación bibliográfica de valores de biomasa epigea estimada para diferentes diámetros normales en varias especies de *Quercus*.

Especies	DBH (cm)			
	10	15	25	30
<i>Q. ilex</i> (Susmel et al., 1976)	44	111	353	535
<i>Q. ilex</i> (Ferrés et al., 1980)	42	106	342	520
<i>Q. ilex</i> (Canadell et al., 1988)	36	89	277	415
<i>Q. suber</i> (St. Hilari, presente estudio)	21	66	279	466
<i>Q. suber</i> (Fitor, presente estudio)	23	71	293	484
<i>Q. alba</i> (Whittaker & Woodwell, 1968)	30	71	261	321
<i>Q. coccinea</i> (Whittaker & Woodwell, 1968)	38	93	286	426

El porcentaje de corteza era algo mayor en St. Hilari (20%) que en Fitor (17%), sin embargo, en ambos casos la explotación comercial afecta sólo un 12% del total de corteza. Otro dato interesante es que la producción de corcho es más de cuatro veces mayor en el alcornoque de St. Hilari (9,6 tm/ha) que en el de Fitor (2,19 tm/ha). Este hecho merece ser estudiado con mayor atención y se debería considerar también la calidad del corcho producido.

La determinación de la biomasa hipogea resultó muy difícil por el método directo y se recurrió, en parte, a la evaluación indirecta. Sin embargo, los resultados muestran aparentes diferencias entre las dos parcelas, mientras en los árboles de St. Hilari la biomasa hipogea representa el 32 % del total, en Fitor este valor es del 43 %. Esta diferencia podría explicarse porque en el primer caso se trata de árboles de pie mientras que en el segundo se trata, al parecer, de árboles de rebrote.

### Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias al Programa de Materias Primas Renovables de las Comisiones de las Comunidades Europeas (MA1B/ 105-E 1987). Se ha contado con una ayuda de la Comissió Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica de la Generalitat de Catalunya (Antònia Caritat). Expresamos nuestro agradecimiento al Dr. J. Canadell del Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia de la Universitat Autònoma de Barcelona.

**Bibliografía**

- CANADELL, J., RIBA, M. & ANDRES, P. 1988. Biomass Equations for *Quercus ilex* L. in the Montseny Massif, Northeastern Spain. *Forestry* 61 (2) : 137 - 147
- DUVIGNEAUD, P. 1971 . Concepts sur la productivité des écosystèmes forestiers. In P. Duvigneaud, *Productivity of forest ecosystems*. UNESCO pp 111- 137
- FERRÉS LL., RODA F., VERDU A. & TERRADAS J. 1980. Estructura y funcionalismo de un encinar montano en el Montseny. II. Biomasa aérea . *Mediterránea* 7 :139-166
- GONZÁLEZ, I. 1988. Tablas ponderales para la estimación de la biomasa de rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) en la provincia de Leon. INIA, Madrid: *Recursos Naturales* n° 50.
- MAYOR, X. 1990. El paper dels nutrients com a factors limitants de la producció primària de l'alzinar de la conca del torrent de la Mina (Montseny). Tesi de llicenciatura. Universitat Autònoma de Barcelona.
- MONTERO , G . 1988. Modelos para cuantificar la producción de corcho en alcornocales (*Quercus suber* L.) en función de la calidad de estación y de los tratamientos selvícolas. Tesis Doctoral. INIA. Madrid
- MONTOYA, J.M. 1988. *Los alcornocales*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Manuales Técnicos S.E.A. Madrid
- PARDÉ, J. y BOUCHON , J. 1988 . *Dendrometrie*. ENGREF. Nancy.
- WHITTAKER, R.H. y MARKS, L. 1975. Methods of assessing terrestrial productivity. In : *Primary productivity of the biosphere*. H, Lieth and R.H. Whittaker (eds) . Springer-Verlag. New York.
- WHITTAKER, R.H. y WOODWELL, W.A. 1968. Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven forest, New york. *J. Ecol.* 56, 1-25.
- ZERAIA, L. 1981. Essai d'interpretation comparative des données ecologiques, phenologiques et de production subero-ligneuse dans les forets de chene-liege de Provence cristalline (France Meridional) et d'Algerie. Faculté de Sciences et Techniques St Jerome d'Aix-Marseille.