

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA ELONGACIÓN APICAL Y LOS PARÁMETROS FOLIARES EN SEIS PARCELAS DE ALCORNOCAL DE GIRONA

M. Molinas, M. Oliva y A. Caritat

Laboratori del Suro. Universitat de Girona. Pl. Hospital 6; 17071 Girona, España.

RESUM

S'han quantificat el creixement longitudinal i els paràmetres foliars de sis parcel·les experimentals de sureda de les comarques gironines. A cada parcel·la s'han mesurat una o més branques, de 10 arbres seleccionats d'acord amb les classes diamètriques. Les branques, de 50 cm de longitud, estaven situades a la part mitjana de la capçada. L'elongació corresponent a les diferents brotades es determinava pels segments delimitats per les cicatrius dels catàfils. També es mesuraven la longitud i amplada de les fulles a cadascun dels segments. La longitud mitjana dels segments de les brotades oscil·lava, en el conjunt de les sis parcel·les, de 2,71 a 8,26 cm amb un valor mig global de 4,2 cm. El creixement s'ha comparat per mitjà de l'anàlisi de la variança i s'han trobat diferències significatives entre les parcel·les. Les elongacions més elevades s'enregistren a Tossa, que va patir un incendi, amb valor mig de 8,26 cm, i també a Cartellà, constituïda per arbres joves, amb un valor de 4,14 cm. Les altres tres parcel·les presenten increments més baixos (de 2,71 cm a 3,96 cm). La longitud del limbe de les fulles es trobava compresa de 3,15 a 4,53 cm i l'amplada mitjana d'1,94 a 2,86 cm. Els paràmetres foliars presenten una distribució inversa a la dels segments. Les fulles més petites corresponen a les parcel·les amb arbres de branques en estadi juvenil. Per altra banda, el creixement de fulles i branques sembla dependre en gran part de la disponibilitat hídrica de la parcel·la.

RESUMEN

En este estudio se cuantifica el crecimiento longitudinal del alcornoque en seis parcelas experimentales de las comarcas gerundenses. Para cada parcela se han recogido una o más ramas de 50 cm de longitud, de la parte media de la copa, de 10 árboles tipo respectivamente. De cada rama se midieron las longitudes de los segmentos de brotación, delimitadas por las cicatrices de los catáfilos. También se midieron la longitud y anchura del limbo y pecíolo de las hojas. La longitud media de los segmentos de brotación varía de 2,71 a 8,26 cm; la del limbo foliar oscila entre 3,15 a 4,53 cm y la anchura de 1,94 a 2,86 cm. Se ha comparado el crecimiento longitudinal de las 6 parcelas por medio de análisis de la varianza y se han encontrado diferencias significativas. Las mayores elongaciones corresponden a la parcela de Tossa, que ha sufrido un incendio, (8,26 cm) y a la de Cartellà, que está constituída por árboles jóvenes, (4,14 cm). Las restantes parcelas presentan valores menores (desde 2,71 a 3,96 cm). Sin embargo, los parámetros foliares muestran una tendencia opuesta. Por otra parte, el vigor y crecimiento de hojas y ramas es más elevado en las parcelas de mayor disponibilidad hídrica.

ABSTRACT

The apical growth has been studied in six cork-oak stands in the Girona region (Catalonia, NE Spain). One or more branches, about 50 cm of length, situated in the middle crown, were collected from ten standard trees in each plot. Every shoot segment, delimited by catafil scars, was measured in each branch. The length and width of leaves were measured too. Apical growth has been compared and significant differences have been found between the stands. Elongation of

shoot segments varied from 2.71 cm to 8.26 cm. Leaves average length changed between 3.15 cm and 4.53 cm, while leaves average width changed from 1.94 cm to 2.86 cm. The higher values of shoot elongations were recorded in Tossa, a plot recovering from a wild fire (8.26 cm), followed by Cartellà, a plot consisting of young trees (4.14 cm). The other plots showed lower elongation values (from 2.71 cm to 3.96 cm). Leave parameters showed an oposed tendency. Growth of leaves and branches was higher in plots with greater hydric availability.

Key words: cork-oak, Mediterranean sclerophylls, *Quercus suber* L., shoot growth, tree-crown architecture

INTRODUCCIÓN

La productividad de un árbol o de una comunidad forestal depende en gran parte de la distribución espacial de ramas y hojas. Ambos órganos, especializados en fotosíntesis y reproducción, pueden cumplir sus funciones siguiendo distintos modelos arquitecturales, con un gran número de posibilidades de organización vertical y horizontal (Picolo y Terradas, 1989). El modelo propio de un árbol está bajo control genético pero el programa de desarrollo depende, en gran medida, de la interacción con el medio (Begon, 1987). Aspectos como el ángulo de ramificación o el grado de elongación de los brotes, pueden ser modificados según la disponibilidad de agua y nutrientes. Por ello el estudio de los valores de crecimiento apical y foliar en distintas condiciones ambientales, pueden ser una aportación importante para conocer el modelo y las pautas que modulan su desarrollo.

En el alcornoque, al igual que en otras plantas leñosas de crecimiento recurrente, se producen etapas de expansión longitudinal separadas por etapas de inactividad. La organización anatómica del brote y la fenología de la brotación han sido estudiadas por las autoras (Molinas *et al.* 1989). Sin embargo, la bibliografía existente sobre crecimiento es todavía muy escasa y se limita a los datos aportados también por las autoras (Molinas y Caritat, 1989; Caritat *et al.* 1988; Oliva *et al.* 1989) o a algunos trabajos en los que el tema del crecimiento apical es tratado de modo colateral (Cambini, 1974; Zeraia, 1981; Richard, 1987).

En este estudio nos proponemos cuantificar y comparar el crecimiento apical del alcornoque en seis parcelas experimentales situadas en las comarcas de Girona. El objetivo principal es obtener datos que permitan evaluar el crecimiento longitudinal en poblaciones naturales sometidas a condiciones ambientales distintas. De este modo se pretende contribuir a determinar los valores de crecimiento propios del alcornoque y ayudar al estudio de la dinámica de desarrollo de esta especie.

Área de estudio

Para este estudio se escogieron seis parcelas de alcornocal representativas de diferentes condiciones ambientales que se pueden encontrar en el alcornocal en las comarcas gerundenses: Quart, Fitor, Tossa, Cartellà, St. Hilari y Montolivet, cuya localización geográfica muestra la figura 1. Las parcelas de Quart y Fitor se hallan en el macizo de Les Gavarres, el substrato está constituido por esquistos, la pluviosidad es relativamente baja y los árboles tienen unos 60 años de edad siendo muchos de ellos de rebrote. La parcela de Quart se halla en una vertiente umbría mientras que la de Fitor se encuentra en una solana. La parcela de Tossa, en el macizo de Cadiretes, es la más próxima a la costa, sufrió un incendio en 1985 y se asienta

Tabla 1 - Características topográficas, climáticas y estructurales de las parcelas experimentales.

	St. Hilari	Quart	Fitor	Cartellà	Tossa	Montolivet
Superficie m ²	400	400	400	400	400	400
Altitud (m s n m)	825	230	170	125	40	500
Orientación	SW	NW	SW	-	SW	SE
Pendiente (%)	42	25	25	5	22	19
Precip. anual (mm)	858	659	659	715	640	970
T media anual (°C)	11,2	15,1	15,1	13,8	15,02	12,7
Substratos	granodiorita	esquisto	esquisto	aluvial	granodiotita	volcánico
Diámetros (cm)	24-57	9,3-29	5-32	5-32	5,8-28	6-42
Altura media (m)	12,4	11,4	10,8	4,9	7,3	11,7
Pics/ha	575	875	1024	475	1000	620
Area basal (m ² /ha)	58	28	25	14	21	36

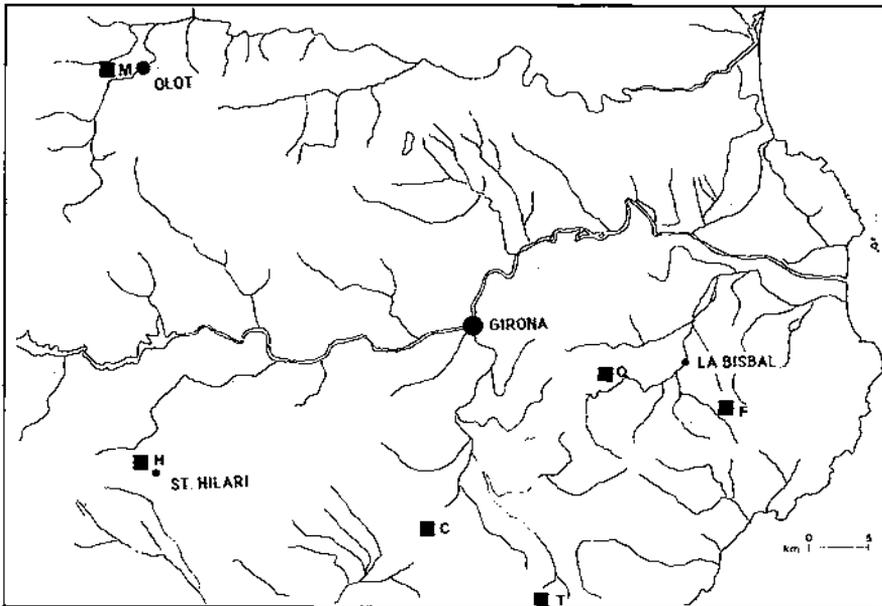
**Fig. 1** - Situación de las parcelas experimentales (H = St. Hilari, Q = Quart, F = Fitor, C = Cartellà, M = Montolivet, T=Tossa).

Tabla 2 - Longitudes medias de los segmentos de brotadura registradas en ramas de la parte media de la copa de diferentes alcornoques en las seis parcelas estudiadas.

Rama	Crecimiento apical brotes					
	St. Hilari	Quart	Fitor	Cartellà	Tossa	Montolivet
	cm					
1	3,24	3,38	3,08	3,96	9,69	2,97
2	2,85	4,01	2,87	3,61	9,61	4,14
3	3,67	3,91	4,03	1,63	8,49	2,78
4	4,47	3,51	2,16	3,91	6,51	2,69
5	3,71	2,59	3,49	3,23	9,64	3,71
6	4,13	2,30	2,78	4,99	9,68	3,62
7	4,28	2,62	1,91	4,53	7,05	3,89
8	4,79	2,52	2,18	6,08	5,48	2,29
9	5,46	2,33	1,76	4,86		2,96
10	3,04	2,18	2,84	4,79		4,68
11		5,18				
12		2,28				
13		3,76				
14		2,79				
15		2,81				
16		4,34				
17		4,10				
18		4,25				
19		2,72				
20		3,30				

sobre un substrato de granodiorita. La parcela de Cartellà pertenece a una plantación de alcornoques de unos 30 años de edad y se halla en una planicie aluvial próxima a la ciudad de Girona. Las parcelas de St. Hilari i Montolivet están situadas en zonas de mayor pluviosidad y a mayor altitud sobre el nivel del mar. La parcela de St. Hilari, situada en la zona Montseny-Guillerics, pertenece a uno de los alcornoques de mayor madurez del área gerundense y tiene un substrato de granodiorita. La parcela de Montolivet, en las proximidades de Olot, se asienta sobre rocas volcánicas. Las características de estructura y composición de estas parcelas aparecen descritas en la tabla 1.

MATERIAL Y MÉTODOS

En cada una de las parcelas se recogieron una o dos ramas de la parte media de la copa de 10 árboles seleccionados de acuerdo con la distribución de clases diamétricas. En el caso de la parcela Quart se repitió con nueve ramas de tres árboles de la misma clase diamétrica para comparar las elongaciones de ramas de distintos árboles de una misma parcela. Para cada rama se midieron los segmentos delimitados por las cicatrices de los catáfilos de las cinco últimas brotaduras, según método descrito en artículos anteriores. Para cada segmento se midieron además la longitud del limbo y la anchura máxima de las hojas (Molinas y Caritat, 1989; Caritat *et al.* 1988). Este método permite cuantificar la elongación apical de los brotes y las dimensiones de las hojas en cada período de crecimiento. Los métodos estadísticos aplicados son el análisis de la varianza para la comparación de los crecimientos en las distintas parcelas y el test de Scheffé.

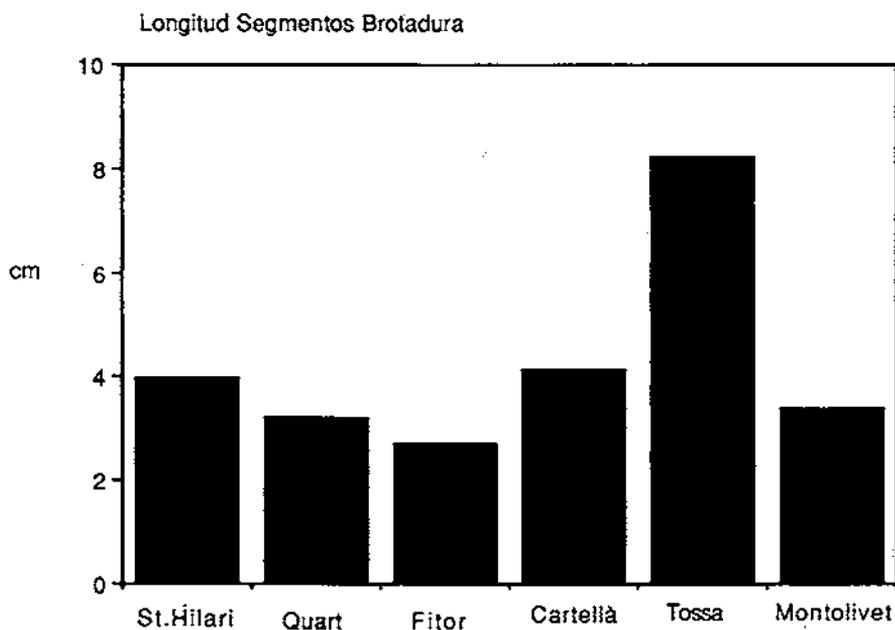


Fig. 2 - Longitud media de los segmentos de brotadura (cm) registrada en las seis parcelas experimentales de alcornocal. Obsérvese el elevado crecimiento de los segmentos en la parcela Tossa en relación a todas las demás.

Tabla 3 - Valores globales medios de elongación de los brotes y dimensiones de las hojas en las seis parcelas estudiadas. MLS y DLS valor medio de los segmentos y su desviación estándar respectivamente. MLH y DLH, valor medio de la longitud del limbo foliar y su desviación estándar ; MAH y DAH, valor medio de la anchura del limbo foliar y su desviación estándar respectivamente.

	St. Hilari	Quart	Fitor	Cartellà	Tossa	Montolivet
Nº Ramas	10	20	10	10	8	10
	cm					
<i>Brotos</i>						
MLS	3,96	3,24	2,71	4,14	8,26	3,37
DLS	2,4	1,9	2,0	3,4	6,5	2,4
<i>Hojas</i>						
MLH	4,53	4,01	3,24	3,38	3,15	3,70
DLH	0,66	0,78	0,46	0,59	0,91	0,50
MAH	2,86	2,35	1,95	2,06	1,94	2,39
DAH	0,53	0,33	0,29	0,28	-	0,34

Tabla 4 - Elongaciones medias de los brotes en nueve ramas de la parte media de la copa de tres árboles de la parcela de Quart. Comparación de los incrementos en los tres árboles por medio del análisis de la varianza.

Longitud segmentos brotadura			
Árbol	1	2	3
	cm		
	2,02	2,39	3,65
	2,81	2,40	4,19
	3,44	1,79	4,93
ANOVA			
	L	S2	Prob>F
Entre árbol	2	3,41	0,013
Error	6	0,35	
Total	8		

Tabla 5 - Comparación múltiple de las elongaciones medias de los brotes en las diferentes parcelas según el Test de Scheffé. Los asteriscos indican las diferencias significativas. Los valores que aparecen entre paréntesis corresponden al número de ramas analizadas en cada parcela.

	St. Hilari	Quart	Fitor	Cartellà	Tossa	Montolivet
<i>Parcela</i>						
St. Hilari (10)	-	0,72	1,25*	0,18	4,3*	0,59
Quart (20)		-	0,53	0,90	5,02*	0,13
Fitor (10)			-	1,43*	5,55*	0,66
Cartellà (10)				-	4,12*	0,77
Tossa (8)					-	4,89*
Montolivet (10)						-

RESULTADOS

Crecimiento apical

Los valores relativos al crecimiento apical medio de las ramas, registrados en las seis parcelas experimentales durante las últimas cinco brotaduras, se recogen en las tablas 2 y 3 y en la figura 2. El análisis de la varianza muestra diferencias significativas entre ellas. El mayor crecimiento apical se observó en la parcela de Tossa, cuya elongación media de cada rama variaba de 5,48 a 9,69 cm, siendo la media global de 8,26 cm. La parcela de Cartellà, ocupa el segundo lugar en crecimiento, presentando un incremento longitudinal medio de 4,14 cm, con valores que oscilaban de 1,63 a 6,08 cm. Las demás parcelas, con menores diferencias entre ellas (Tabla 5), tenían crecimientos de longitudes medios globales que no sobrepasaban los 4 cm. La parcela de St. Hilari registró un valor medio de 3,96 cm, con un mínimo de 2,85 y un máximo de 5,46 cm. La parcela de Montolivet presentaba elongaciones medias entre 2,29 y 4,68 cm, con un valor medio global de 3,37 cm. En la parcela de Quart, el incremento medio global observado fue de 3,24 cm, con valores que variaban de 2,18 a 5,18 cm. La parcela de Fitor fué la que registró incrementos menores, con valores oscilando entre 1,76 a 4,03 cm y una longitud media global de 2,71 cm.

Se compararon los incrementos medios registrados en nueve ramas de tres árboles de la parcela de Quart cuyos valores se muestran en la tabla 3. Se pudo constatar que, al menos en ramas del nivel medio de la copa, las diferencias de elongación apical dentro del mismo árbol eran estadísticamente menores que entre ramas de diferentes árboles.

Dimensiones de las hojas

En la tabla 3 y en las figuras 3 y 4 se recogen los valores medios correspondientes a los parámetros foliares para las seis parcelas. La longitud media del limbo foliar en las distintas ramas oscilaba entre 1,98 y 5,42 cm con un valor medio global para todas las hojas medidas de 3,66 cm. La anchura media del limbo foliar en las distintas ramas se encontraba entre 1,14 a 3,65 cm con un valor medio global de 2,25 cm. En este caso los valores mayores correspondieron a las parcelas de St. Hilari, Montolivet y Quart con unas longitudes globales medias de 4,53; 3,70 y 4,01 cm y unas anchuras medias del limbo de 2,86; 2,39 y 2,35 cm respectivamente. Los correspondientes valores para las parcelas de Fitor, Cartellà y Tossa fueron de 3,24; 3,38 y 3,15 cm para la longitud global del limbo y de 1,96; 2,06 y 1,94 cm para la anchura. Nótese que este hecho contrasta con los valores de elongación del brote que eran significativamente mayores en los casos de Tossa y Cartellà.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este estudio es una primera aproximación al conocimiento de la elongación apical de los brotes según la fase de desarrollo y las condiciones ambientales del alcornoque en las comarcas de Girona. Las elongaciones apicales medias correspondientes a los distintos segmentos de brotadura, considerando conjuntamente el total de los 63

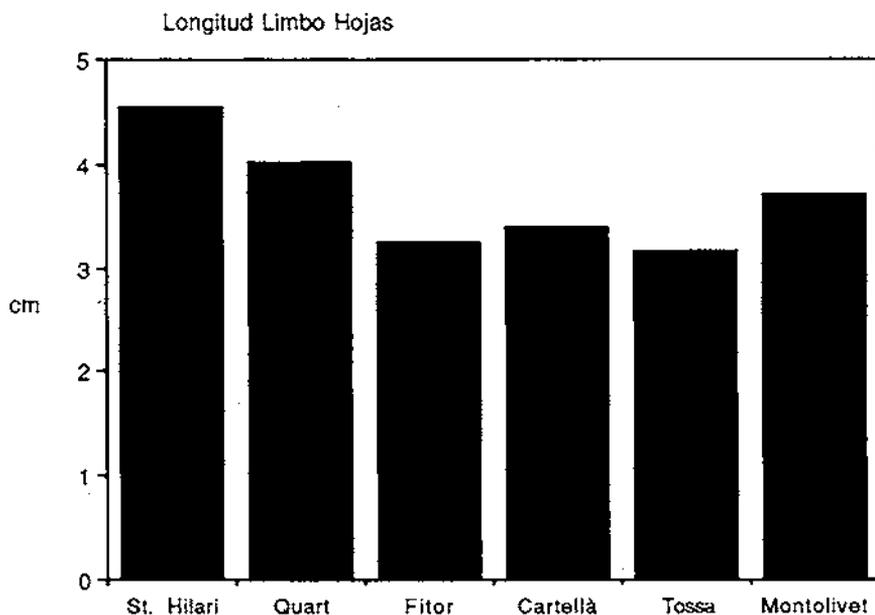


Fig. 3 - Longitud media del limbo foliar (cm) registrada en las seis parcelas experimentales de alcornoque. Nótese como, a diferencia de lo que ocurre en el crecimiento apical, la parcela Tossa presenta uno de los valores más reducidos.

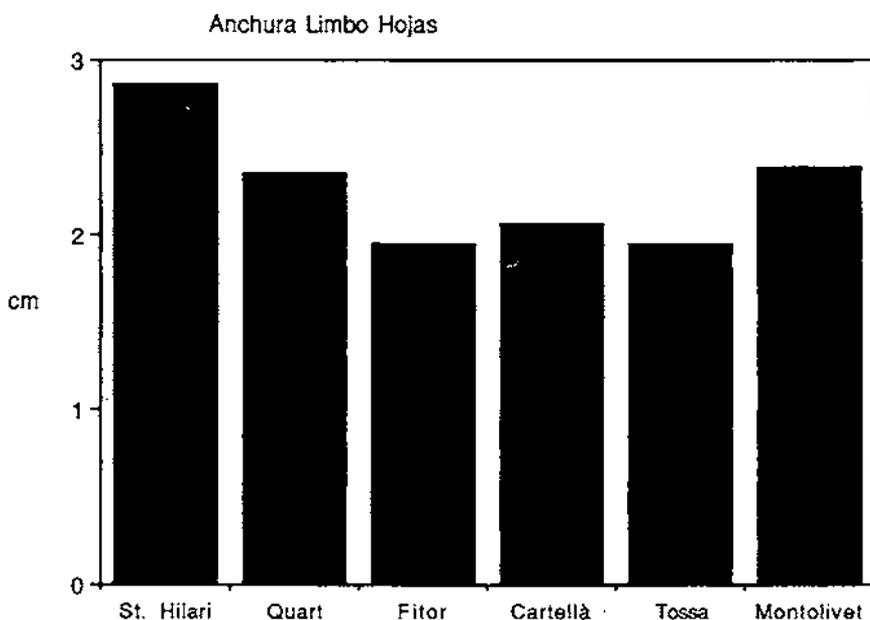


Fig. 4 - Anchura media del limbo foliar (cm) registrada en las seis parcelas experimentales de alcornoque.

alcornoques estudiados, presentan una media de 4,2 cm y una variabilidad relativamente elevada. Este valor de elongación se asemeja al encontrado por Zeraia (1981) para alcornocales de Maures (Francia meridional) y Algeria, que sitúa alrededor de los 4,7 cm.

Aunque los brotes jóvenes o rejuvenecidos sean largos, las hojas correspondientes son, en general, relativamente pequeñas. La longitud y la anchura medias del limbo foliar en los dos casos estudiados de Tossa y Cartellà, son significativamente menores que en los árboles situados en zonas de mayor pluviosidad.

El vigor y crecimiento apical de ramas y hojas del alcornoque parecen depender, en gran parte, de la disponibilidad hídrica de la zona. Así observamos que las parcelas de St. Hilari i Montolivet, de pluviosidad mayor de 800 mm anuales, presentan elongaciones mayores que las situadas en zonas más secas, a excepción de las constituidas por alcornoques con ramas en fase juvenil. Estas parcelas, junto con la de Quart que se halla en una vertiente umbría, son las que presentan mayores tamaños foliares. La longitud media del limbo es de 3,70 cm en Montolivet y de 4,53 cm en St. Hilari, y la anchura media de las hojas 2,39 cm y 2,86 cm respectivamente. Estos hechos se corresponden con las observaciones de Richard (1987) sobre la influencia de la pluviosidad en el crecimiento de alcornocales provenzales y argelinos.

El análisis comparado de las parcelas muestra que las elongaciones apicales elevadas son propias de alcornocales jóvenes o rejuvenecidos. Esto se pone de

manifiesto en la parcela de Tossa en fase de recuperación de un incendio, cuya elongación media de los brotes es de 8,26 cm. Este valor se corresponde con el hallado por las autoras para los rebrotes de un alcornoque quemado en un área próxima (Oliva *et al.* 1989). En la parcela de Cartellà, constituida por árboles jóvenes, la elongación media es de 4,14 cm, valor parecido al encontrado por Cambini (1974) y por las autoras (Oliva *et al.* 1989) para árboles de vivero. De esta manera se verifica el hecho general de que durante la etapa juvenil predomina la expansión longitudinal, mientras que en las etapas adultas se produce una disminución progresiva del crecimiento apical (Borchet y Slade, 1981). Sin embargo, debemos notar que estos valores son siempre relativos, ya que, por ejemplo, en un árbol de 14 años creciendo en la comarca de la Selva sobre un suelo granodiorítico y elevada pendiente, las autoras encontraron elongaciones bajas con valores medios de 2,3 cm, (Caritat *et al.* 1988).

En conjunto podemos decir que la elongación apical es un parámetro fácil de medir y que puede ser un buen indicador del vigor y del estado de crecimiento del árbol. Sin embargo, la elevada variabilidad registrada en las distintas parcelas indica la necesidad de disponer de un número mayor de datos a partir de series más largas, antes de extraer conclusiones generales. Además los resultados del crecimiento apical y del desarrollo foliar deberían ser analizados conjuntamente con parámetros relativos al desarrollo de las ramas, como la frecuencia de la brotación, por ejemplo, o con otras modalidades de crecimiento como el radial del leño y del corcho, para interpretar su significado con mayor profundidad.

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).

Bibliografía

- BEGON, M. 1987. *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. Blackwell Scientific Publications, Oxford
- BORCHET, N & SLADE, A. 1981. Bifurcation ration and adaptative geometry of trees. *Bot. Gaz.* 142: 394 - 401.
- CAMBINI, A. 1974. Effetti della defogliazione anticipata sull' accrescimento della quercia da sughero (*Quercus suber* L.). Stazione Sperimentale del Sughero. Memoria N° 39. Tempio Pausania (Sass. Italia).
- CARITAT, A., MOLINAS, M. & OLIVA, M. 1988. Crecimiento longitudinal del alcornoque: segmentos y hojas. *Scientia gerundensis*, 14:93-103.
- OLIVA, M., CARITAT, A. & MOLINAS, M. 1989. Estudio preliminar del crecimiento apical del alcornoque en fase juvenil. *Scientia gerundensis*, 15: 53-60.
- MOLINAS, M & CARITAT, A. 1989. Aportaciones al estudio del crecimiento longitudinal del alcornoque. *Options Méditerranéennes. Série Séminaires*, 3 :69-72
- MOLINAS, M., OLIVA, M & VÁZQUEZ, P. 1989. Organización y variaciones estacionales del ápice vegetativo del alcornoque. *Scientia gerundensis*, 15:39-52.

- PICOLO R. & TERRADAS J. 1989. Aspects of crown reconstruction and leaf morphology in *Quercus ilex* L. and *Quercus suber* L. after defoliation by *Lymantria dispar* L. *Acta Ecologica. Ecol. Plant.* 10 (1): 69-78
- RICHARD, P. 1987. Etude des facteurs de la croissance du chêne-liège dans le Var. Ministère de l'Agriculture. Groupement d'Aix-en-Provence. Division Techniques Forestières Méditerranéennes
- ZERAIA, L. 1981. Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne-liège de Provence et d'Algérie. These. Faculté des Sciences et Techniques St Jérôme d'Aix-Marseille.