

## Regeneració d'un bruguera d'*Erica arborea* i una brolla de *Cistus* spp. sotmesos a estassada

Miquel Riba i Jaume Terradas

Departament d'Ecologia. Facultat de Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona.  
Bellaterra (Barcelona).

**Key words:** biomass, *Cistus*, competition, disturbance, *Erica arborea*, harvest, Mediterranean ecosystems, plant nutrients, regeneration, shrub ecosystems.

**Abstract.** *Regeneration after harvesting of two Mediterranean shrub communities.* The regeneration process of an *Erica arborea* heath and a *Cistus* spp. matorral subjected to harvesting was studied through community cover, standing biomass, and nutrient content evaluation in stands of similar characteristics and increasing age since last harvest. Heath regeneration, regarding both arbustive cover and above-ground biomass, shows a logarithmic type of evolution, whilst the matorral shows a sigmoid evolution and lower growth capacity. While the heath community seems to be well adapted to the environmental conditions of the site, this seems not to be the case of the matorral community, where growth deficiencies can be observed after 5 years. Important morphophysiological similarities can be found between the *Erica* heath community and other mediterranean shrub formations growing on markedly oligotrophic soils.

**Resum.** S'ha estudiat el procés de regeneració d'un bruguera d'*Erica arborea* i d'una brolla de *Cistus* spp. sotmesos a estassada, mitjançant l'avaluació del recobriment, la biomassa i el contingut de nutrients a la vegetació en parcel·les d'edat creixent i característiques similars. La regeneració del bruguera d'*Erica arborea*, tant pel que fa al recobriment com a la biomassa aèria, mostra una evolució de tipus logarítmic, mentre que la brolla de *Cistus* spp. presenta una evolució sigmoïdal i una capacitat de creixement inferior. Si bé la comunitat de bruc sembla estar adaptada a les condicions en què es desenvolupa, aquest no sembla ser el cas de la brolla, en la qual s'aprecien deficiències de creixement al cap dels 5 anys. Poden establir-se importants similituds morfofisiològiques entre la comunitat d'*E. arborea* i altres formacions arbustives mediterrànies de sòls marcadament oligotròfics.

### Introducció

Durant els darrers anys han proliferat els estudis sobre les característiques d'adaptació de les espècies pròpies de les comunitats arbustives de tipus mediterrani, especialment pel que fa a la seva capacitat de regeneració enfront les pertorbacions ambientals. No obstant, si bé és molt coneguda l'ecologia de les formacions arbustives mediterrànies de Califòrnia i del sud i sud-oest d'Austràlia, són prou escassos els estudis en les àrees geogràfiques estrictament mediterrànies.

La problemàtica dels incendis i de la seva prevenció s'ha vist agreujada recentment per l'augment de la seva freqüència com a conseqüència de l'increment de la pressió humana. Una de les pràctiques més esteses a Catalunya per tal de disminuir el risc i la intensitat dels incendis és la «neteja del sota-

bosc». Això ens ha mogut a dur a terme un estudi de la resposta de la vegetació arbustiva davant d'aquest tipus de pertorbació.

Una de les formes de mesurar la resiliència dels ecosistemes, és a dir, la capacitat de recuperació de la seva estructura inicial com a resposta a les pertorbacions ambientals, és el seguiment de l'evolució de certs paràmetres macroscòpics que caracteritzen l'estructura de l'ecosistema, com ara la biomassa, la producció, el recobriment i la diversitat. Malgrat que tots ells no han de variar necessàriament d'una forma paral·lela, cada un d'ells per separat o tots ells en conjunt proporcionen una valuosa informació del grau d'evolució d'una comunitat cap a la seva estructura inicial.

### Àrees d'estudi

S'han establert dues sèries cronoseqüencials per a dos tipus de comunitats arbustives, a partir de parcel·les d'edat creixent, prenent com a criteri de selecció l'homogeneïtat de les seves característiques florístiques i topogràfiques. Ambdues sèries es desenvolupen sota un estrat arborei constituït per *Pinus* spp.

L'àrea d'estudi del bruguerar d'*Erica arborea* és situada al terme municipal de Sant Pere de Vilamajor (Vallès Oriental). L'estrat arbustiu és format gairebé exclusivament per bruc (*E. arborea*), amb densitats que varien entre 0.7 i 3.5 individus m<sup>-2</sup>. Aquesta comunitat creix sobre un sòl bru mesotròfic, profund i de roca mare silícica constituïda per pissarres i quarsites. Les edats de les parcel·les són d'1, 2, 3, 5, 11, 15 i 20-25 anys. Totes tenen un pendent inferior a 5°, exposició S, i estan situades a uns 350 m d'altitud.

L'àrea d'estudi de la brolla de *Cistus* spp. i *Anthyllis cytisoides* és localitzada a Cabriels (Maresme). Es tracta d'una formació dominada per *Cistus salvifolius*, *Cistus albidus* i *Anthyllis cytisoides*. Les edats de les parcel·les són d'1, 3, 4, 5 i 7-8 anys, totes elles amb exposició SE i altitud de 350 m. La comunitat creix sobre un sòl bru no rentat, la roca mare del qual és constituïda per leucogranit, comparativament poc desenvolupat i amb pendents que oscil·len entre 10° i 20°.

### Material i mètodes

S'ha determinat el recobriment de l'estrat arbustiu de les parcel·les mitjançant el mètode de transectes, en els quals s'ha establert la intercepció de la vegetació sobre un total de 40 m de cinta mètrica. La presa de mostres per a l'avaluació de la biomassa arbustiva aèria s'ha dut a terme per recollida del material vegetal, en el cas de les parcel·les més joves. Per a les parcel·les del bruguerar d'11, 15 i 20-25 anys s'ha emprat la relació al·lomètrica establerta entre el diàmetre mitjà del peu a 5 cm de la base ( $\bar{\Phi} = (\Phi \text{ més gran} + \Phi \text{ més petit}) / 2$ ) i el pes sec del peu arbustiu, definida per la relació lineal:  $\ln Ps = a + b \cdot \ln \bar{\Phi}$ , on  $Ps$  és el pes sec del peu i  $a$  i  $b$  són els coeficients de la recta de regressió. Per a les parcel·les del bruguerar la mostra consta de 7-10 unitats de mostratge de 4 m<sup>2</sup> cada una, mentre que per a les parcel·les de la brolla foren 5 unitats de mostratge d'1 m<sup>2</sup>.

S'han mesurat els continguts de N, P, K, Ca i Mg a la vegetació de les par-

cel·les de 15 i 20-25 anys del bruguerar i a la de 5 anys de la brolla d'estepes. L'anàlisi de N s'ha realitzat segons el mètode Kjeldahl. Per a l'anàlisi de P, K, Ca i Mg, la matèria orgànica fou sotmesa a digestió àcida en calent. Els cations s'analitzaren per espectroscòpia d'absorció atòmica (Ca i Mg) i fotometria d'emissió (K), mentre que el P fou determinat colorimètricament, pel mètode del groc de vanadomolibdat.

Paral·lelament s'han determinat les concentracions al sòl dels nutrients més importants. L'anàlisi de les mostres de sòl ha estat realitzat pel Laboratori Regional del Estado (Cabrils).

## Resultats i discussió

### *Recobriments i acumulació de biomassa*

El percentatge del terra recobert per la vegetació ens indica intuïtivament el grau de protecció del sòl enfront de l'erosió i de l'excessiu rentat de nutrients, que poden produir trastorns més o menys greus en la fertilitat del sòl i, alhora, en la capacitat regenerativa de la comunitat vegetal.

En ambdues comunitats el recobriments de l'estrat arbustiú augmenta ràpidament, si bé les diferències entre les dues sèries són notables (Fig. 1). La comunitat de bruc assoleix ja un recobriments del 80% al cap dels onze anys, per mantenir-se constant al voltant del 100% en les parcel·les de 15 i 20-25 anys. Per la seva banda, la brolla d'estepes mostra un retard durant les primeres fases de regeneració. En aquesta comunitat, malgrat que l'augment és força ràpid a partir dels tres anys, els valors màxims de recobriments són tan

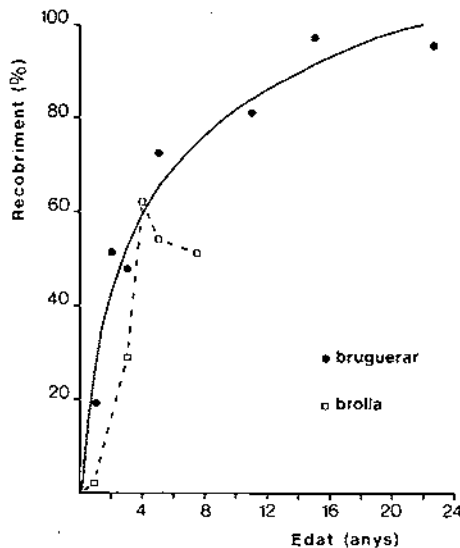


Figura 1. Evolució, després d'una estassada, del recobriments arbustiú al llarg de la regeneració.

sols del 60%, i fins i tot disminueixen en les parcel·les de 5 i 7-8 anys. Aquesta disminució del recobriment és en part deguda a un augment considerable de la mortalitat, sense que existeixi un reemplaçament per nous individus de les mateixes o altres espècies.

Recobriment i acumulació de biomassa, paràmetres estretament lligats, evolucionen d'una forma gairebé paral·lela al llarg de la regeneració d'ambdues sèries, si més no durant les primeres etapes del desenvolupament, ja que depenen en gran part de la capacitat de creixement de les respectives comunitats. L'acumulació de biomassa arbustiva al bruguerar fins els quinze anys mostra una clara tendència logarítmica (Fig. 2); l'ajust a una corba de tipus logarítmic presenta un coeficient de determinació de 0.97. La taxa de creixement disminueix considerablement en les parcel·les d'11 i 15 anys, amb valors de biomassa al voltant de  $15 \text{ t ha}^{-1}$ , si bé a la parcel·la de 20-25 anys s'ha estimat una acumulació de biomassa espectacularment alta ( $47 \text{ t ha}^{-1}$ ), que no segueix l'esmentada evolució. Aquest fet pot ser atribuït fonamentalment a les diferències de creixement, que són conseqüència de la competència intraspecífica per efecte de la densitat, així com a una major presència de peus d'arboç (*Arbutus unedo*) de grans mides en aquesta parcel·la.

En els primers anys de la regeneració del bruguerar la taxa d'acumulació de biomassa és més o menys directament proporcional a la densitat d'individus,

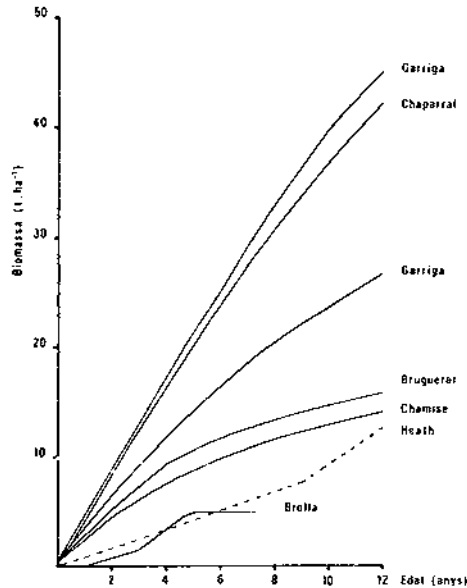


Figura 2. Acumulació de biomassa al bruguerar, a la brolla i a altres comunitats arbustives mediterrànies després d'una pertorbació: garriga (Montpeller), chaparral de *Ceanothus* spp. (Califòrnia), chaparral d'*Adenostoma fasciculatum* (chamise, Califòrnia), i heath (Austràlia), segons Gray & Schlesinger (1981) i Specht (1981).

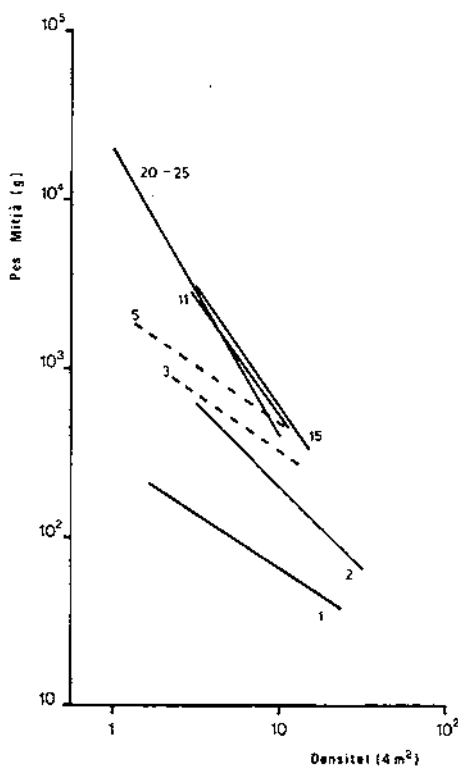


Figura 3. Relacions competència-densitat, establertes entre el pes mitjà dels individus de bruc i la seva densitat a les unitats de mostratge de 4 m<sup>2</sup>, a les parcel·les del bruguerar, representades sobre eixos logarítmics. Les xifres sobre les rectes indiquen l'edat de les parcel·les.

de forma que una densitat alta d'individus que rebroten comporta una ràpida acumulació de biomassa. Quan el creixement de la població assoleix un determinat nivell, entren en funcionament fenòmens de competència que frenen la taxa d'acumulació de biomassa i determinen un augment de la proporció de biomassa morta. Això explica la corba logarítmica d'acumulació que mostren les parcel·les d'1 a 15 anys, totes elles amb una densitat de bruc relativament alta. En canvi, a la parcel·la de més de vint anys, de densitat notablement més baixa, la competència no s'estableix tan aviat, de forma que la taxa de creixement no es veu frenada i la capacitat d'acumulació de biomassa és molt més gran. Aquestes diferències en les taxes de creixement a les parcel·les de més edat es fan més paleses quan es comparen els valors del pes mitjà dels individus de bruc. El pes mitjà del bruc a la parcel·la de 15 anys (0.75 kg individu<sup>-1</sup>) és sensiblement inferior al de la parcel·la d'11 anys (1.08 kg individu<sup>-1</sup>), mentre que l'obtingut a la parcel·la de més de vint anys és prop de cinc vegades superior a l'anterior (4.84 kg individu<sup>-1</sup>).

L'existència de fenòmens de competència per densitat es pot posar en evidència quan es prenen les unitats de mostratge de 4 m<sup>2</sup> de cada parcel·la com a poblacions de densitats diferents. La relació existent entre la densitat de brucs i el seu pes mitjà aconsegueix l'equació de l'efecte competència-densitat,  $P = K d^{-a}$  (Kira et al. 1953), que pot ser representada linealment quan és transformada logàritmicament, i on P és el pes mitjà i a i K són constants (Fig. 3). Una alta densitat comporta una resposta plàstica per part dels vegetals, traduïda en una disminució del pes mitjà dels individus. Així mateix, la resposta plàstica dels brucs sembla derivar-se, en gran part, d'una disminució del nombre de rebrots (peus) i del seu gruix. Segons Yoda et al. (1963), a mesura que la població creix, s'arriba a un punt en el qual la capacitat de resposta plàstica és superada i es produeix mortalitat d'individus; arribat aquest punt, el pendent de la relació lineal anteriorment descrita pren el valor de  $-3/2$ . Això és precisament el que passa a les parcel·les d'11-15 i 20-25 anys, totes elles amb valors dels pendents propers a  $-1.5$  i en les quals s'ha observat l'existència de mortalitat de brucs.

En la sèrie cronoseqüencial establerta a la brolla d'estepes cal significar diversos aspectes. En primer lloc, un retard en l'inici de la regeneració, que pot ser en part degut al propi mecanisme regeneratiu (exclusivament per llavors) de les espècies que la componen. En segon lloc, poca capacitat d'acumulació de biomassa, degut al seu baix potencial de creixement, especialment en aquesta zona. En tercer lloc, una disminució de la producció i de la capacitat de supervivència, acompanyades d'un marcat augment de la proporció de biomassa morta. La disminució de la productivitat i la ràpida entrada en un període de senescència queden indirectament reflectides en l'evolució de la proporció entre les estructures fotosintèticament actives (fulles) i no actives (fusta), representada en la Figura 4, on s'observa com l'esmentat quocient disminueix ràpidament per a assolir un mínim ja cap als cinc anys.

El tipus de comunitat de brolla d'estepes en la localitat on ha estat estudiada mostra, comparativament amb altres tipus de formacions arbustives mediterrànies, una acumulació de biomassa molt baixa (Fig. 2), motivada possiblement, entre d'altres causes, per les condicions oligotròfiques del sòl sobre el qual es desenvolupa (Taula 1). En canvi, moltes de les espècies d'ericàcies són adaptades a condicions de baixos nivells de nutrients disponibles al sòl. Els individus d'*E. arborea* de la sèrie del bruguera estudiat creixen en un sòl extremadament pobre en nutrients, sobretot en N i P, tal com ho indiquen les anàlisis de sòl efectuades (Taula 1). No obstant això, la seva taxa d'acumulació de biomassa és moderadament alta en comparació amb d'altres comunitats arbustives (Fig. 2).

#### *Contingut de nutrients a la vegetació*

Les concentracions de nutrients en el conjunt de la biomassa aèria a les dues parcel·les del bruguera mostrejades (15 i 20-25 anys) representen nivells molt baixos d'aquests elements (Taula 2), tanmateix molt propis d'altres formacions mediterrànies de característiques fisiognòmiques similars i que es desenvolupen també en sòls molt pobres en N i P (Gray & Schlesinger 1981). Els tipus de formacions adaptades a un *stress* de nutrients com el que sembla

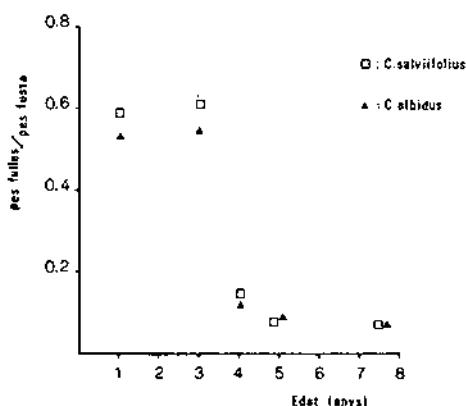


Figura 4. Evolució de la relació entre el pes de les fulles i el pes de fusta de *Cistus albidus* i *C. salviifolius* a les parcel·les de la brolla.

donar-se en el bruguerar estudiat, solen estar compostes per espècies de baixes taxes de creixement, però que mercès a una sèrie d'adaptacions particulars —entre elles la capacitat d'allargar el període de creixement i utilitzar molt eficaçment els escassos recursos disponibles— poden mantenir una producció moderadament alta (Shaver 1981).

En conjunt, la vegetació de la brolla d'estepes és més rica en nutrients que la del bruguerar (Taula 2). La concentració de Ca a la vegetació és força més elevada a la brolla que al bruguerar, d'igual forma que també ho és en el sòl. Per la seva banda, la concentració de N és també sensiblement més alta a la brolla, malgrat que els nivells de nitrogen total al sòl són fins i tot més baixos. En aquest aspecte, caldria fer constar que els continguts de N i P a les fulles d'ambdues cistàcies són bastant elevats (0.12% de P i 1.60% de N, en

Taula 1. Concentracions dels principals nutrients al sòl del bruguerar i de la brolla<sup>a</sup>.

Comunitat	Fondària (cm)	N (%)	P (ppm)	Ca (meq kg <sup>-1</sup> )	K (meq kg <sup>-1</sup> )
Bruguerar 15 anys	0-10	0.08	2.60	62	2.7
	20-35	0.07	2.60	46	1.9
Bruguerar 20-25 anys	0-10	0.13	1.60	56	2.5
	20-35	0.09	4.20	47	1.9
Brolla 5 anys	0-10	0.05	2.00	106	0.8
	20-35	0.05	2.60	98	1.5

<sup>a</sup> Les anàlisis corresponen al N total, P extractable i Ca, K intercanviables.

el cas de *C. albidus*), la qual cosa es relaciona amb un grau d'esclerofília poc accentuat. Una demanda important d'aquests nutrients per als òrgans fotosintètics quan existeix poca disponibilitat al sòl, juntament amb la manca de llum provocada per l'existència d'un estrat arborel relativament dens, poden ser les causes de la ja comentada dificultat de desenvolupament que semblen mostrar aquestes espècies en aquest indret particular.

Les quantitats totals o mineralomasses de nutrients a la vegetació de les dues comunitats estudiades depenen fonamentalment de la quantitat de biomassa existent i de la proporció d'aquesta que es troba acumulada en forma de fusta. D'aquesta manera, tot i que les espècies de la brolla són més riques en nutrients, la quantitat total emmagatzemada a la vegetació és considerablement inferior a la del bruguerar (Taula 2), ja que aquest últim és capaç d'acumular molta més biomassa. D'igual forma, la gran quantitat de Ca a la parcel·la de 20-25 anys ve determinada per l'elevada biomassa de fusta present en aquesta parcel·la. Al seu torn, les diferències de les mineralomasses de N i Mg entre les dues parcel·les del bruguerar són proporcionals a les diferències de biomassa total; ja alguns autors, com Gray & Schlesinger (1981), constaten el fet que l'acumulació de N en diversos ecosistemes arbustius segueix un patró similar al de la biomassa.

#### *Convergències d'adaptació amb altres comunitats arbustives mediterrànies*

Un dels principals objectius dels treballs publicats sobre ecosistemes mediterranis ha estat el d'esbrinar la convergència d'adaptació de les comunitats, en resposta a unes condicions ambientals similars, tot considerant el clima i la fertilitat del sòl com els factors ambientals més importants, si bé s'ha emfasitzat la ignorància sobre el paper dels nutrients en determinar similituds i diferències entre continents.

Taula 2. Contingut de nutrients a la biomassa aèria del bruguerar i de la brolla<sup>a</sup>.

Comunitat	Concentracions (%)					Mineralomasses (kg ha <sup>-1</sup> )				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Bruguerar 15 anys	0.30	0.011	0.19	0.13	0.06	49.3	1.77	31.2	20.8	9.01
Bruguerar 20-25 anys	0.27	0.017	0.23	0.24	0.05	124.5	7.54	104.8	109.7	23.1
Brolla <sup>b</sup> 5 anys	0.39	0.016	0.16	0.44	0.09	17.1	0.68	7.0	19.0	3.71

<sup>a</sup> Les dades corresponen a un mostratge fet al febrer 1984.

<sup>b</sup> S'analitzaren únicament *Cistus albidus* i *C. salvifolius*, que constitueixen el 88% de la biomassa total.



Segons Specht (1969), les diferències de creixement i, per tant, d'acumulació de biomassa entre les comunitats arbustives que creixen en àmbits climàtics de tipus mediterrani són degudes a la riquesa i les disponibilitats de nutrients al sòl, ja que regulen en gran part el tipus d'espècies vegetals que hi poden estar representades. En aquest sentit, les afinitats en els diversos aspectes tractats en el present estudi, entre el bruguerar d'*E. arborea* i la resta de comunitats desenvolupades sota la influència del règim climàtic mediterrani, confirmen la versemblança d'aquesta hipòtesi.

L'evolució de l'acumulació de biomassa al llarg del temps al bruguerar és força coincident amb la d'altres formacions arbustives que creixen en condicions extremadament oligotròfiques, especialment pel que fa referència a la disponibilitat de N i P, com és el cas del *heath* australià i del *chaparral* d'*Ade-nostoma fasciculatum* de Califòrnia (Fig. 2). Totes tres comunitats, per altra banda, presenten concentracions de nutrients a la vegetació molt similars que, conjuntament amb el  *fynbos* sud-africà, són dels valors més baixos trobats en comunitats mediterrànies. Les característiques comunes observades en les comunitats esmentades contrasten amb les d'altres tipus de vegetació arbustiva, que es troba més freqüentment representada en àrees de condicions relativament més eutròfiques, com la garriga i el *chaparral* de *Ceanothus* spp., comunitats aquestes amb una capacitat de creixement més alta i una vegetació més rica en nutrients.

Un altre punt de convergència d'adaptació el trobem en la pròpia morfologia foliar. Les comunitats arbustives mediterrànies de sòls més oligotròfics, com és el cas del bruguerar, solen estar compostes per espècies les fulles de les quals tendeixen a ser de tipus ericoide, és a dir, petites, estretes i rígides.

## Conclusions

La comparació de les dues comunitats considerades en aquest estudi permet de distingir els dos tipus bàsics d'evolució regenerativa que poden presentar les espècies vegetals característiques de les formacions arbustives mediterrànies; evolucions que corresponen a dues estratègies d'adaptació diferencials enfront de les perturbacions ambientals: la regeneració mitjançant rebrotada, més estesa en espècies arbustives de major longevitat i capacitat de creixement, i la regeneració exclusivament per llavors, més pròpia d'espècies arbustives i semiarbustives de tipus colonitzador i de baixa capacitat de desenvolupament.

En ambdós casos es comprova la gran capacitat de resposta davant les perturbacions consistents en una dràstica eliminació de la massa vegetal aèria, amb l'assoliment en un període relativament curt de temps del màxim del seu desenvolupament. Amb tot, la gran heterogeneïtat de les condicions ambientals locals, especialment edàfiques, pot ser un element modulador molt important de la resposta regenerativa. Cal tenir també en compte la incidència d'altres fenòmens inherents a les relacions entre els individus de la comunitat, com ho demostra l'efecte de la competència intraspecífica sobre el creixement a les parcel·les del bruguerar.

Les similituds trobades amb altres comunitats de la resta del món afermen

les teories sobre el paper dels nutrients com a factor controlador de les adaptacions morfològiques i funcionals dels vegetals, així com de la seva distribució. La determinació de la importància de l'oligotròfia del sòl i de la seva relació amb les condicions de deficiència hídrica és un dels aspectes claus que ens permetrà conèixer millor l'ecologia de les espècies arbustives mediterrànies.

#### Agraïments

Aquest treball ha estat possible gràcies al finançament i l'ajut del Departament d'Indústria i Energia i del Servei del Medi Rural de la Generalitat de Catalunya. Agraïm igualment a Cristian Papió i Josep Canadell la seva col·laboració en el treball de camp.

#### Bibliografia

- Kira, T., Ogawa, H. & Sakazaki, N. 1953. Intraspecific competition among higher plants. I. Competition-yield-density interrelationship in regularly dispersed populations. *J. Inst. Poly. Osaka City Univ.* 4:1-16.
- Gray, J.T. & Schlesinger, W.H. 1981. Nutrient cycling in Mediterranean type ecosystems. In: P.C. Miller (ed.) *Resource Use by Chaparral and Matorral*. Springer-Verlag. New York, pp. 259-284.
- Shaver, R.G. 1981. Mineral nutrient and nonstructural carbon utilization. In: P.C. Miller (ed.) *Resource Use by Chaparral and Matorral*. Springer-Verlag. New York, pp. 237-257.
- Specht, R.L. 1969. A comparison of the sclerophyllous vegetation characteristic of Mediterranean type climates in France, California, and Southern Australia. II. Dry matter, energy, and nutrient accumulation. *Aust. J. Bot.* 17:293-308.
- Specht, R.L. 1981. Primary production in Mediterranean-climate ecosystems regenerating after fire. In: F. Di Castri, D. W. Goodall & R. L. Specht (eds.) *Mediterranean Type Scrublands*. Elsevier. Amsterdam, pp. 1-52.
- Yoda, K., Kira, T., Ogawa, H. & Hozumi, K. 1963. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. *J. Biol. Osaka City Univ.* 14:107-129.

*Manuscript rebut l'octubre de 1984.*