

EFFECTES ECOFISIOLÒGICS D'UNA SEQUERA EXPERIMENTAL SOBRE L'ALZINAR DE PRADES

Romà Ogaya, Josep Peñuelas, Dolores Asensio, Joan Llusà,
Jordi Sardans, Lydia Serrano, Francisco Lloret, Jaume Terradas

CSIF · CEAB · CREAF

Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals

Universitat Autònoma de Barcelona

Introducció

Els ecosistemes mediterranis, caracteritzats per un període de sequera estival (Mooney 1983), podrien experimentar durant les properes dècades un dèficit hídric encara més gran degut a l'increment de temperatura i evapotranspiració previstos pels models de canvi climàtic (IPCC 2001, Gracia et al. 2002, Peñuelas et al. 2004). Les diferents espècies poden desenvolupar diverses respostes ecofisiològiques depenent de la seva sensibilitat a noves condicions ambientals, cosa que pot donar a lloc a canvis en la seva habilitat competitiva i, a llarg termini, a canvis en la seva distribució i en l'estructura i composició de les comunitats. L'objectiu d'aquest estudi és caracteritzar les respostes a una disminució de la disponibilitat hídrica en les principals espècies dominants de l'alzinar mediterrani.

Material i mètodes

A l'alzinar de Prades (Tarragona) (41° 13' N, 0° 55' E, 930 m) s'ha simulat la sequera prevista per a les properes dècades (15 % de disminució mitjana de la humitat del sòl) mitjançant l'exclusió parcial de l'aigua de pluja i de l'escorriment superficial. S'ha realitzat el seguiment de les següents mesures:

– La taxa fotosintètica neta de *Quercus ilex* i *Phillyrea latifolia* es va mesurar amb un aparell mesurador d'intercanvi de gasos ADC4 (ADC Inc., Hoddesdon, Hert-

Alzinar del barranc dels Torners durant la primavera. Es pot observar la presència d'espècies caducifòlies (en aquesta època, de color verd clar a causa de la recent brotada de fulles), generalment resseguint el curs dels Torners.



fordshire, UK) un cop cada estació durant els anys 1999 i 2000. Les mesures es van fer al voltant del migdia i en dies totalment assolellats.

– La demografia foliar de *Quercus ilex* i *Phillyrea latifolia* es va mesurar assenyalant brots de l'últim creixement els anys 1998 i 1999. Les fulles brotades el darrer any així com les supervivents dels anys anteriors van ser comptades un cop cada estació fins a finals de l'any 2000.

– La fenologia reproductiva d'*Arbutus unedo*, *Quercus ilex* i *Phillyrea latifolia* es va mesurar quinzenalment durant els anys 1999 i 2000 mitjançant l'estimació visual del percentatge d'arbres de cada espècie que presentaven floració.

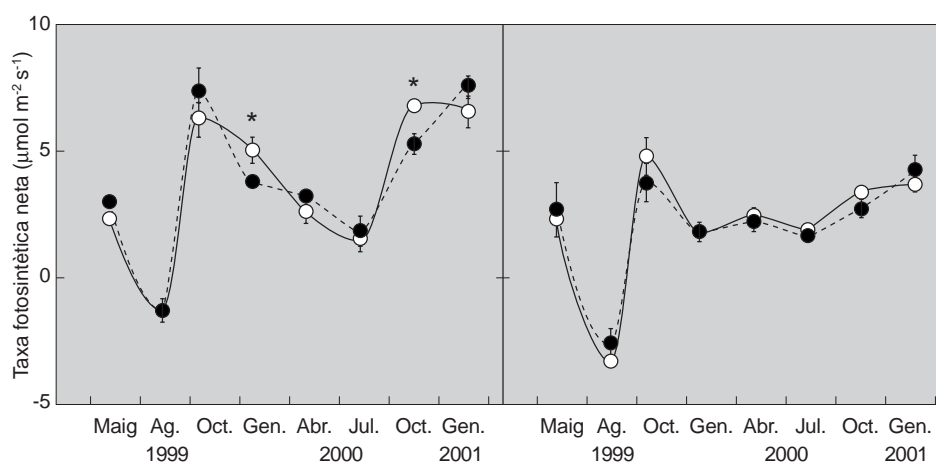
– El creixement diametral dels troncs d'*Arbutus unedo*, *Quercus ilex* i *Phillyrea latifolia* es va calcular, un cop l'any des de 1999 fins a 2004, a partir del diàmetre mesurat en cada arbre a mig metre d'altura. La biomassa va ser estimada a partir d'unes al·lometries realitzades a la zona d'estudi que relacionen el diàmetre del tronc a mig metre d'altura amb la biomassa aèria de tot l'arbre (Ogaya et al. 2003).

El tractament estadístic de les dades es va fer mitjançant diverses anàlisis de variància (ANOVA), regressions lineals i anàlisi de covariància (ANCOVA) amb l'ajut del paquet estadístic Statistica (StatSoft Inc. 2001).

Resultats

Les taxes fotosintètiques mostren fortes variacions estacionals, assoleixen valors molt baixos o, fins i tot, negatius durant els períodes de dèficit hídric estival (vg. Figura 1). Tanmateix existeixen importants diferències entre espècies, ja que *Q. ilex* sol presentar taxes fotosintètiques més elevades que *P. latifolia*, excepte en els períodes estivals. *Q. ilex* és més tolerant a les baixes temperatures hivernals i *P. latifolia*, a l'estrès hídric estival. El tractament experimental ha causat, en algunes dates, una disminució de la taxa fotosintètica durant les hores centrals del dia en *Q. ilex*, però no en *P. latifolia* (vg. Figura 1) (Ogaya & Peñuelas 2003).

Figura 1. Taxa fotosintètica neta de *Quercus ilex* i *Phillyrea latifolia* durant el període experimental.



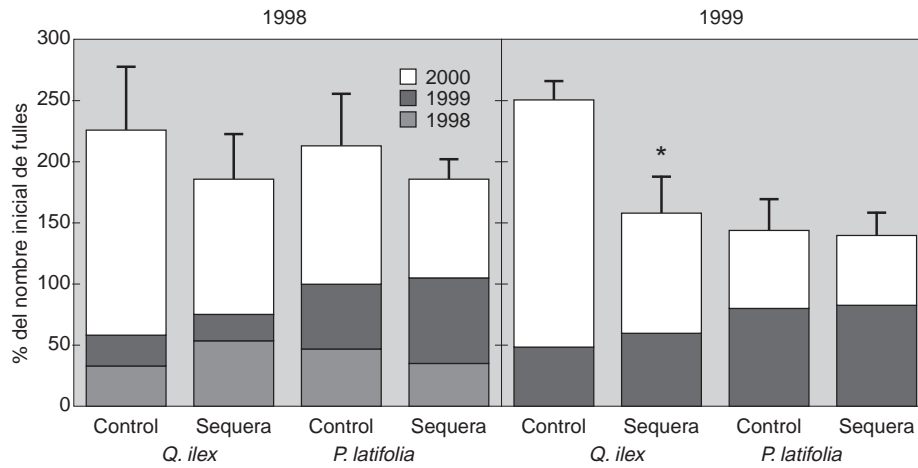
Les barres verticals indiquen l'error estàndard de la mitjana, i l'asterisc, una diferència significativa entre tractaments (ANOVA, $p < 0,05$).

Les branques marcades els anys 1998 i 1999 mostren l'any 2000 més quantitat de fulles a les parcel·les control que a les de sequera; a més, la proporció de fulles noves (les de més capacitat fotosintètica) és més elevada a les parcel·les control; aquest efecte és molt més marcat en *Q. ilex* que en *P. latifolia* (vg. Figura 2). Un cop més, *P. latifolia* mostra menys sensibilitat al tractament de sequera que *Q. ilex*, ja que, a les branques ombrejades (part inferior de la capçada), presenta, fins i tot, un nombre més elevat de fulles i més proporció de fulles noves sota condicions de tractament experimental.

La producció de flors ha estat més elevada en *A. unedo* que en les altres dues espècies, però és justament *A. unedo* l'única espècie que ha patit un endarreriment en la producció de flors degut al tractament de sequera, tant l'any 1999 com el 2000 (vg. Figura 3). L'aparició de la floració en *P. latifolia* (igual que en *A. unedo*) ha variat temporalment en els dos anys mostrejats, segons les condicions climàtiques de cada any, cosa que no ha tingut lloc en el cas de *Q. ilex*, però la proporció d'arbres florits els anys 1999 i 2000 ha variat molt en aquesta espècie, segurament també segons les condicions climàtiques de cada any (vg. Figura 3). Així doncs, *A. unedo* ha mostrat una sensibilitat al tractament de sequera que no han mostrat *Q. ilex* i *P. latifolia*; tanmateix, *Q. ilex* ha resultat més sensible a la disponibilitat d'aigua que no pas *P. latifolia* (Ogaya & Peñuelas 2004).

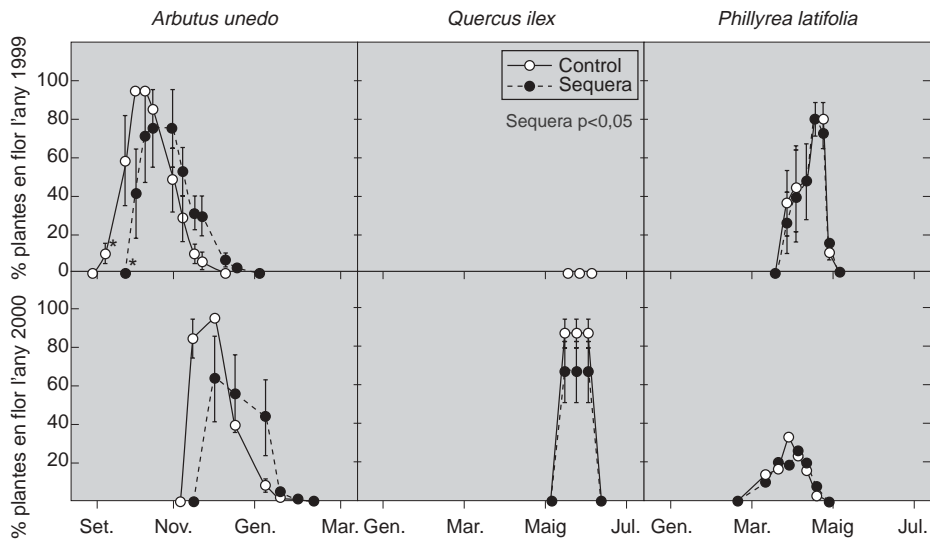
El creixement diametral dels troncs dels arbres va ser molt variable d'acord amb la quantitat total de pluja caiguda cada any, però el tractament de sequera va comportar una disminució del creixement diametral dels troncs en cada any mesurat (vg. Figura 4).

Figura 2. Nombre de fulles de cada cohort (1998, 1999 i 2000) expressat en percentatge respecte del nombre inicial de fulles en el moment en què es va marcar la branca mostrejada (1998 o 1999)



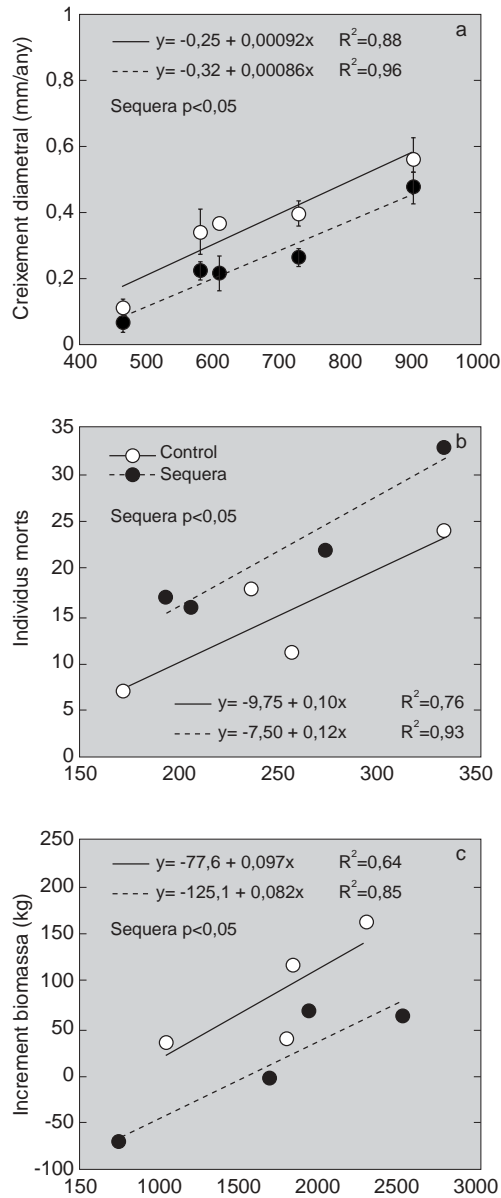
Només hi ha representades les branques mostrejades a la part superior de la capçada. Les barres verticals indiquen l'error estàndard de la mitjana, i l'asterisc una diferència significativa entre tractaments (ANOVA, $p < 0,05$).

Figura 3. Percentatge d'arbres d'A. unedo, Q. ilex i P. latifolia en floració els anys 1999 i 2000



Les barres verticals indiquen l'error estàndard de la mitjana, i l'asterisc una diferència significativa entre tractaments (ANOVA, $p < 0,05$); l'efecte global d'endarreriment de la floració degut a la sequera està indicat al propi gràfic on s'ha produït aquest efecte.

Figura 4. Relacions durant tot el període mostrejat entre: a) el creixement diametral i la precipitació anual, b) la mortalitat total i la densitat d'arbres a cada parcel·la, c) l'increment de biomassa aèria i la biomassa aèria inicial a cada parcel·la



Les diferències significatives d'aquestes relacions degudes al tractament de sequera estan indicades als gràfics corresponents (ANCOVA).

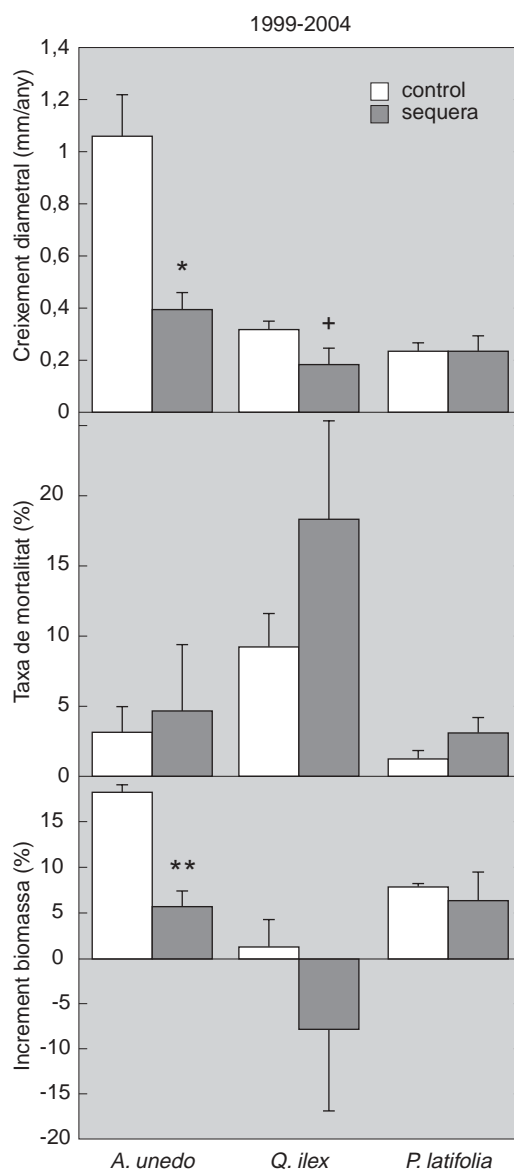
Parcel·la amb tractament experimental d'exclusió parcial d'aigua de pluja mitjançant la instal·lació de tires de plàstic.



La mortalitat d'arbres va dependre molt de la densitat d'individus a cada parcel·la mostrejada, però el tractament de sequera també va tenir un efecte important; en aquest cas, va incrementar la mortalitat dels arbres (vg. Figura 4). L'increment de biomassa aèria (en xifres absolutes) va dependre lògicament de la quantitat de biomassa aèria que hi havia prèviament a cada parcel·la, però la disminució de creixement diametral i l'increment de mortalitat en condicions de sequera van comportar que l'increment de biomassa aèria disminuís com a conseqüència de la sequera (vg. Figura 4).

El creixement diametral del tronc és molt variable entre les diferents espècies dominants, així com els efectes de la sequera experimental sobre cada una. *A. unedo* és l'espècie que presenta un creixement diametral més elevat, però també l'espècie més afectada pel tractament de sequera. *Q. ilex* i *P. latifolia* mostren un creixement més reduït respecte al de *A. unedo*, però l'efecte del tractament també és inferior. *Q. ilex* presenta també una disminució del creixement en condicions de sequera; en canvi, *P. latifolia* no mostra un efecte significatiu del tractament experimental (vg. Figura 5) (Ogaya et al. 2003). La taxa de mortalitat va ser més elevada en condicions de sequera en totes tres espècies, però *Q. ilex* va ser la que va presentar unes taxes de mortalitat més elevades tant en condicions de sequera com en condicions de control (vg. Figura 5). L'increment relatiu de biomassa aèria va ser molt elevat en *A. unedo*, però en condicions de sequera aquesta espècie va ser la que va mostrar una reducció més forta d'increment de biomassa a causa de la gran reducció en el creixement diametral. En canvi, *Q. ilex* va mostrar uns valors d'increment de biomassa aèria molt baixos deguts al baix creixement diametral i a l'elevada mortalitat que va patir aquesta espècie. *P. latifolia* va ser un cop més l'espècie que va resistir millor els efectes de la sequera. Com a resultat, l'increment de biomassa viva llenyosa total ha estat de 6 T ha⁻¹ durant els cinc anys mostrejats, mentre que a les parcel·les sequera (15% de reducció de disponibilitat hídrica) l'increment de biomassa viva ha estat d'1 T ha⁻¹.

Figura 5. Creixement diametral, taxa de mortalitat i percentatge d'increment de biomassa en *Arbutus unedo*, *Quercus ilex* i *Phillyrea latifolia* entre els anys 1999 i 2004



Les barres verticals indiquen l'error estàndard de la mitjana, una creu indica una diferència significativa entre tractaments (ANOVA, $p < 0,1$); un asterisc, ANOVA, $p < 0,05$, i dos asteriscs, ANOVA, $p < 0,01$.

Discussió i conclusions

L'experiment ha posat de manifest que, sota unes condicions més àrides que les actuals, les diferents espècies mediterrànies poden experimentar una disminució de les taxes fotosintètiques així com de la seva capacitat per sintetitzar noves fulles i estructures reproductives. Una disminució de les taxes fotosintètiques i un nombre menor de fulles a la capçada han comportat un creixement més reduït, i per tant, una capacitat menor de segrestar carboni atmosfèric. Treballs paral·lels han mostrat endarreriments dels cicles dels nutrients, com per exemple del fòsfor (Sardans & Peñuelas 2004), i efectes negatius sobre el reclutament de plàntules de *P. latifolia* en resposta a la sequera (Lloret et al. 2004). Per tant, unes condicions més àrides, com les previstes per a les properes dècades (IPCC 2001, Gracia et al. 2002, Peñuelas et al. 2004), poden comportar una disminució important de la capacitat d'embornal de les emissions de carboni que tenen els boscos mediterranis actualment. De fet, l'increment de biomassa viva va ser de 6 T ha⁻¹ a les parcel·les control mentre que a les parcel·les sequera va ser d'1 T ha⁻¹.

El canvi climàtic pot comportar una disminució del creixement dels arbres, dels boscos, en general, i d'algunes espècies dels boscos, en particular (Kirschbaum 2000). En el nostre experiment no totes les espècies vegetals han resultat igualment afectades i, a llarg termini, hi podria haver un canvi en l'abundància relativa d'aquestes espècies, de manera que resultessin més afavorides les espècies més resistentes a la sequera, com *P. latifolia*, en detriment d'espècies més sensibles a la sequera, com *A. unedo* i *Q. ilex*, actualment l'espècie dominant.

Bibliografia

- Gracia, C.; S. Sabaté; A. Sánchez (2002): El cambio climático y la reducción de la reserva de agua en el bosque mediterráneo. *Ecosistemas* 2 (consultable a <www.aeet.org/ecosistemas/022/investigacion4.htm>).
- International Panel of Climate Change (2001): *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I in the Third Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change* [J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. Van der Linden, X. Dai, K. Maskell, C. A. Johnson, eds.] Cambridge: Cambridge University Press.
- Kirschbaum, MU. (2000): "Forest growth and species distribution in a changing climate", *Tree Physiology* 20: 309-322.
- Lloret, F.; J. Peñuelas; R. Ogaya (2004): "Establishment of co-existing Mediterranean tree species under a varying soil moisture regime", *Journal of Vegetation Science* 15: 237-244.

- Mooney, HA. (1983): "Carbon-gaining capacity and allocation patterns of Mediterranean climate plants", dins F. J. Kruger, D. T. Mitchell, Jarvis J. U. M. (eds.), *Mediterranean-type ecosystems: The role of nutrients*. Berlín: Springer, pp. 103-119.
- Ogaya, R.; J. Peñuelas, J. Martínez-Vilalta; M. Mangirón (2003): "Effect of drought on diameter increment of *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, and *Arbutus unedo* in a holm oak forest of NE Spain", *Forest Ecology and Management* 180: 175-184.
- Ogaya, R.; J. Peñuelas (2003): "Comparative field study of *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*: photosynthetic response to experimental drought conditions", *Environmental and Experimental Botany* 50: 137-148.
- Ogaya, R.; J. Peñuelas (2004): "Phenological patterns of *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, and *Arbutus unedo* growing under a field experimental drought", *Écoscience*. [En premsa]
- Peñuelas, J.; S. Sabaté; I. Filella; C. Gracia (2004): *Sistemas naturals: Ecosistemas terrestres. Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona: Institut Estudis Catalans. [En premsa]
- Sardans, J.; J. Peñuelas (2004): "Increasing drought decreases phosphorus availability in an evergreen Mediterranean forest", *Plant and Soil*. [En premsa].

