

Acumulació de la biomassa en una brolla del Garraf durant dotze anys en relació amb la precipitació

Marc Estiarte,^{1,2} Romà Ogaya¹ i Josep Peñuelas^{1,2}

¹CSIC. Unitat d'Ecologia Global CREAM-CSIC-UAB

²CREAF. Universitat Autònoma de Barcelona

Resum

En una zona experimental situada dins del Parc del Garraf, hem estudiat l'acumulació de biomassa en una brolla des del 1998, quan feia quatre anys del foc del 1994, fins al 2010. En aquest treball, presentem els resultats de l'estudi i explorem la relació entre l'acumulació de biomassa i la precipitació acumulada en dos períodes previs de dotze i sis mesos. Les relacions estan distorsionades per l'ocurrència d'alguns anys anòmals. Quan no es tenen en compte les dades dels anys anòmals, les correlacions mostren el control que la precipitació exerceix sobre l'acumulació de biomassa mentre la brolla es recupera del foc, especialment la precipitació dels sis mesos previs a l'estiu.

Paraules clau

Brolla, precipitació, biomassa, *Erica multiflora*, *Globularia alypum*

Resumen

Acumulación de la biomasa en un matorral de El Garraf durante doce años en relación con la precipitación

En una zona experimental situada dentro del Parque de El Garraf, hemos estudiado la acumulación de biomasa en un matorral desde 1998, cuatro años después del incendio de 1994, hasta 2010. Aquí presentamos los resultados y exploramos la relación entre la acumulación de biomasa y la precipitación acumulada en dos períodos previos de doce y seis meses. Las relaciones están distorsionadas por la ocurrencia de algunos años anómalos. Cuando no se tienen en cuenta los datos de los años anómalos, las correlaciones muestran el control que la precipitación ejerce sobre la acumulación de biomasa mientras el matorral se recupera del incendio, especialmente la precipitación de los seis meses previos al verano.

Palabras clave

Matorral, precipitación, biomasa, *Erica multiflora*, *Globularia alypum*

Abstract

Accumulation of Biomass in a Shrubland of Garraf during Twelve Years in Relation to Precipitation

We have studied the accumulation of biomass in a shrubland since 1998, four years after the 1994 fire, until 2010, in an experimental area located within the Garraf Natural Park. We explored the relationship between the accumulation of biomass and the precipitation accumulated during the previous twelve and six months. Relationships were distorted by the occurrence of some anomalous years. Once data from anomalous years were discarded, biomass accumulation was positively correlated with the accumulated rainfall, especially with the precipitation falling during the six months preceding summer.

Key words

Shrubland, precipitation, biomass, *Erica multiflora*, *Globularia alypum*

Introducció

En els ecosistemes mediterranis la sequedat del sòl a l'estiu separa el període d'activitat de la vegetació entre la primavera i la tardor. L'escassetat d'aigua al sòl regula el creixement de la vegetació, perquè causa la disminució del potencial hídric de les plantes, fet que dificulta l'expansió i la divisió dels teixits i provoca el tancament dels estomes que limita la fotosíntesi. El creixement de les espècies mediterrànies es concentra, per raons de fenologia, abans de la sequera d'estiu (la primavera en sentit ampli). Cal esperar que la disponibilitat d'aigua en aquest període controli el creixement de la vegetació i, per tant, l'acumulació de biomassa als ecosistemes. A la zona mediterrània, és freqüent que a l'acabament de l'estiu i a la primera part de la tardor –la tardor en sentit ampli– el sòl estigui prou humit per mantenir els teixits hidratats i la fotosíntesi activa. Tot i això, la majoria d'espècies no experimenten un creixement primari a la tardor, sinó que el reserven per a la fructificació o, fins i tot, per a la floració. Malgrat tot, les pluges en aquest període podrien influenciar el creixement de la primavera següent; en primer lloc, perquè augmenten la reserva d'aigua al sòl en capes profundes i, en segon lloc, perquè permeten augmentar les reserves de les plantes que poden ser utilitzades per al creixement posterior. En aquest estudi, analitzem com des de l'any 1998 s'ha anat acumulant biomassa en una brolla que es va cremar en l'incendi del 1994 i discutim com aquesta acumulació està controlada per la precipitació en dos períodes: un període de sis mesos centrat a la primavera i un període de dotze mesos que també inclou les pluges de la tardor.

Material i mètodes

La zona experimental està situada en unes antigues feixes dins la zona del Parc natural propera al nucli d'Olivella. La zona experimental consta de tres parcel·les de 4 × 3 m útils que formen part d'un experiment més ampli descrit en el recull de les trobades del 2004 (ESTIARTE *et al.*, 2004). La zona d'estudi es va cremar durant els incendis del 1982 i el 1994. La vegetació l'any 1998, just quan es van iniciar les mesures, era una brolla dominada per *Globularia alypum* i *Erica multiflora*, i amb presència d'altres espè-

cies com *Dorycnium pentaphyllum*, *Rosmarinus officinalis*, *Ulex parviflorus*, *Brachypodium phoenicoides*, *Pistacia lentiscus*, *Fumana ericoides* i *Fumana thymifolia*. El 1998 també eren presents algunes plàntules de *Pinus halepensis* de mida molt reduïda. Amb el pas dels anys, els pins van anar augmentant la seva importància i atenyent una mida excessiva per a les dimensions de les parcel·les i les intencions de l'experiment, de manera que van ser eliminats la tardor del 2006.

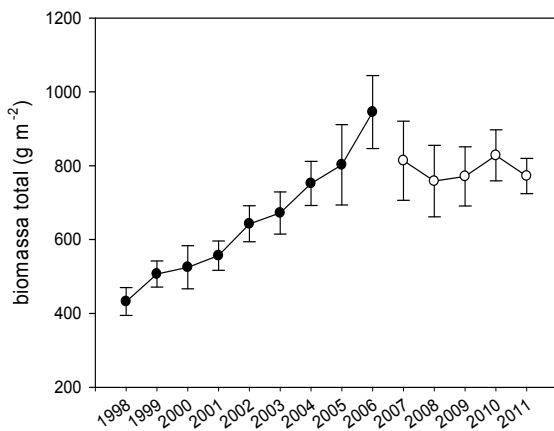
La precipitació ha estat mesurada amb un pluviòmetre *in situ* des del 1999. S'han utilitzat les dades de precipitació acumulada durant dotze mesos o bé sis mesos anteriors a la mesura de la biomassa al juliol. Definim *precipitació*₁₂ per a l'any «i» com la suma de pluja des de l'agost de l'any «i-1» fins al juliol de l'any «i», ambdós inclosos. De manera similar, *precipitació*₆ és la pluja acumulada des del febrer fins al juliol de cada any de mesura. Amb aquestes dades, es calcula l'SPI₆, o índex de precipitació estandaritzada a sis mesos, per als mesos de juliol i gener. L'SPI₆ s'obté com el nombre de desviacions respecte a la mitjana de pluja acumulada durant un període de sis mesos. Per a l'SPI₆_juliol, s'utilitza la mitjana de la pluja acumulada des del febrer fins al juliol i per a l'SPI₆_gener, l'acumulada des de l'agost fins al gener. Com que el registre de precipitació es va iniciar l'any 1999, per a aquest any només hi ha disponible la precipitació₆ dels sis mesos previs des del juliol, però no la precipitació₁₂, ja que no es disposa de les dades de l'agost-desembre del 1998.

La biomassa s'ha estimat un cop l'any a mitjan juliol mitjançant el mètode no destructiu de la intercepció (PRIETO *et al.*, 2009). Breument, a les parcel·les d'estudi hi ha delimitats cinc transectes permanents separats per 0,8 m. Aquests transectes fan 3 m de llargada i estan dividits en intervals de 5 cm per 61 punts. A cada un dels 305 punts, es mesura l'alçària màxima de la vegetació. La biomassa s'estima a partir d'aquesta alçària utilitzant regressions entre biomassa i alçària mitjana màxima obtingudes en mostres destructives fora de les parcel·les de seguiment. L'acumulació de biomassa per a un any «i» es deriva de la diferència en l'estimació de biomassa entre dos anys consecutius, és a dir, la biomassa l'any «i» menys la biomassa l'any «i-1», i l'acumulació relativa de biomassa s'expressa dividint aquest valor per la biomassa present l'any «i-1», en unitats de g/g·m².

Resultats i discussió

L'any 1998, quan es va mesurar la biomassa abans de començar els tractaments, la vegetació s'estava recuperant de l'incendi que va afectar la zona el 1994. Des del 1998, la biomassa ha anat augmentant des dels poc més de 400 g/m² fins als prop de 900 g/m² estimats l'estiu del 2006. En eliminar els pins per tal de mantenir les parcel·les com a brolla sense cobertura arbòria, la biomassa estimada va disminuir. A partir d'aleshores, la biomassa sembla saturada prop dels 800 g/m².

Figura 1. Biomassa estimada des del 1998 fins al 2010



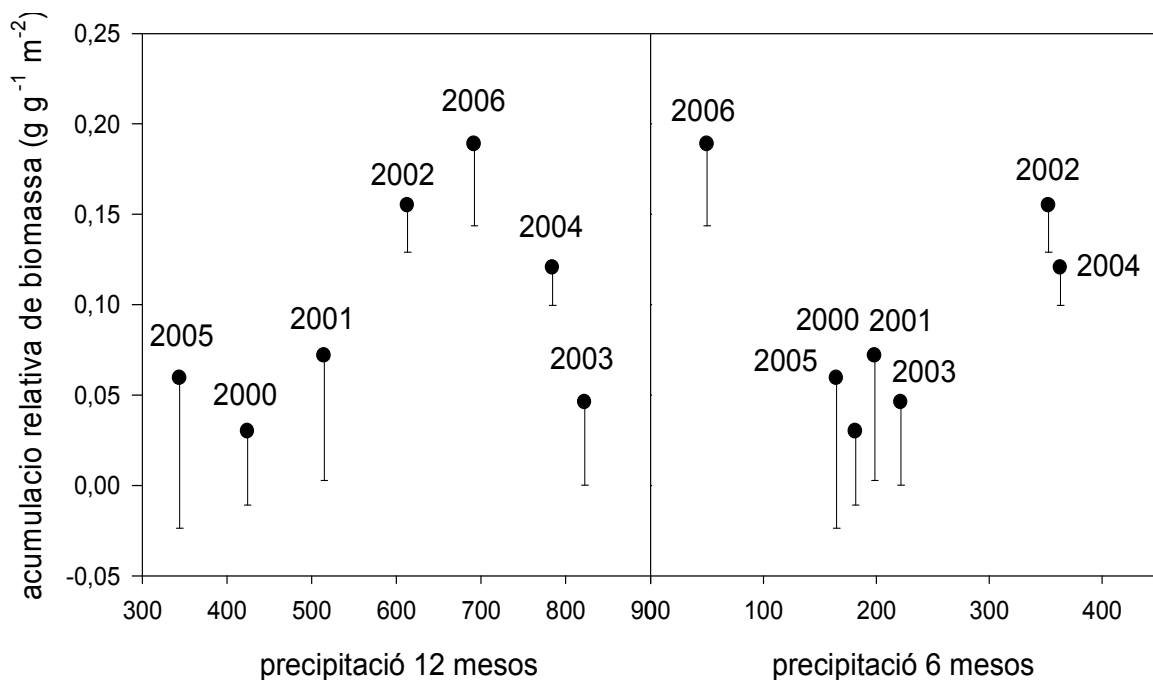
De color negre, els anys previs a l'eliminació dels individus de *Pinus halepensis* la tardor del 2006; de color blanc, els anys posteriors a l'eliminació.

L'acumulació relativa de biomassa (figura 2) no presenta correlació amb la precipitació¹² ni amb la precipitació⁶ en el període complet 1999-2010. Si ens fixem només en el període 2000-2006, per tal d'evitar l'alteració en el funcionament de l'ecosistema que va implicar l'eliminació dels pins, tampoc no trobem correlació amb la precipitació ni a dotze mesos ni a sis mesos.

L'observació en detall de les dades d'alguns anys concrets revela comportaments que tenen molta influència en l'anàlisi de la relació entre l'acumulació de biomassa i la precipitació.

L'any 2003 es va registrar la precipitació¹² més elevada del període; tot i això, l'acumulació relativa de biomassa va ser similar a la dels anys 2000 i 2001, en els quals la precipitació¹² va representar una mica més de la meitat de la del 2003. Els anys 2000, 2001 i 2003 no només tenen en comú els valors d'acumulació de biomassa, sinó que també mostren registres de precipitació⁶ similars prop dels 200 mm. Les dades suggereixen que la precipitació dels sis primers mesos de l'any exerceix el control sobre l'acumulació de biomassa del 2003 i resten importància a la precipitació dels darrers sis mesos de l'any anterior. La importància de la temporalitat de la pluja no es veu reflectida en el valor agrupat quan es valoren períodes de temps llargs, com ara dotze mesos, perquè pluges abundants en una part del període ama-

Figura 2. Acumulació relativa de biomassa en relació amb la precipitació acumulada en els dotze mesos previs o en els sis mesos previs a l'estimació de la biomassa



guen pluges modestes en una altra part del mateix període.

D'altra banda, els anys 2002, 2004 i 2006 van ser relativament plujosos, ja que es van recollir precipitació¹² entre 600 mm i 800 mm, la qual cosa pot explicar que aquests tres anys presentessin les estimacions més altes d'acumulació relativa de biomassa. Els registres de precipitació de sis mesos mostren que els anys 2002 i 2004 van ser humits, amb valors de precipitació⁶ prop dels 350 mm, mentre que l'any 2006 presenta un comportament totalment anòmal.

Malgrat que l'any 2006 va tenir una precipitació¹² elevada, prop dels 700 mm, va presentar una precipitació⁶ amb valors de SPI₆ al juliol de -2,50, ja que gairebé no va ploure. Malgrat això, l'acumulació de biomassa és la més elevada de totes les registrades.

Aquesta anomalia pot ser deguda a la fenologia de les espècies dominants. Al Garraf, *G. alypum* i *E. multiflora* floreixen majoritàriament a la tardor (PRIETO *et al.*, 2008), tot i que en territoris més continentals *G. alypum* ho fa més tard (ESTIARTE *et al.*, 2011). Les flors es formen sobre les tiges que han crescut durant la primavera anterior, de manera que com més tiges hagin crescut durant aquest període, més flors podran obrir-se més endavant. L'any 2005 va ser el més sec del registre, si es tenen en compte els dotze mesos. La pluja a la tardor del 2005, indicada com a SPI₆_gener del 2006 amb valor d'1,66 (taula 1), va ser la més abundant registrada, amb fins a 200 mm caiguts només durant el període de 20 dies comprès entre el 5 i el 25 de setembre, per posar-ne un exemple.

G. alypum i *E. multiflora* poden presentar cert creixement a finals d'estiu i principis de tardor, encara que el seu creixement es concentra principalment a la primavera. La reproducció a la tardor utilitza per a la producció de flors i llavors uns recursos que no poden usar-se per al creixement, de manera que quan hi ha creixement de tardor, aquest tendeix a produir-se en les tiges que no produeixen flors (observació

personal) i que no tenen els recursos monopolitzats per a la funció reproductiva. A la tardor del 2005, es van combinar dues condicions que van fer possible un creixement abundant: d'una banda, la disponibilitat d'aigua al sòl i, de l'altra, l'absència de reproducció. Pensem que la biomassa acumulada entre els estius del 2005 i del 2006 va produir-se la tardor del 2005, ja que, com hem indicat anteriorment, la pluja va ser extremament baixa durant els sis primers mesos de l'any 2006. La manca d'embornals reproductius a la tardor del 2005 com a conseqüència de la manca de creixement durant el cicle de creixement anterior va possibilitar l'ocurrència d'un creixement compensatori inusual en aquesta estació, que va desacoblar l'acumulació de biomassa de l'any 2006 de les pluges dels sis primers mesos d'aquell any.

Les anomalies en el 2003 i el 2006 distorsionen les relacions entre la precipitació i l'acumulació de biomassa, com s'observa si ens fixem només en el període 2000-2006, abans de l'eliminació dels pins. Si excloem l'any 2003, la correlació entre l'acumulació relativa de biomassa i la precipitació¹² presenta un coeficient de determinació R^2 de 0,59, ben diferent del 0,16 que s'obté quan s'hi inclou l'any 2003. Si excloem l'any 2006, la correlació entre l'acumulació relativa de biomassa i la precipitació⁶ presenta un coeficient de determinació R^2 de 0,80, ben diferent del 0,00 que s'obté quan s'hi inclou el 2006.

El pendent de la correlació amb la precipitació de dotze mesos –excloent-ne l'any 2003–, mostra que, quan no hi ha anomalies extremes, durant els primers anys després de l'incendi, a partir de prop dels 200 mm de pluja anual, per cada 100 mm de pluja addicional a la brolla del Garraf s'acumula una biomassa de 28 mg/m² per cada gram de biomassa de la vegetació (pvalor del pendent de 0,076). De manera similar, en el mateix període, però excloent-ne l'any 2006, en anys amb precipitacions no anòmales, en els sis mesos des del febrer fins al juliol, per cada 100 mm de precipitació addicional acu-

Taula 1. Valors de SPI a sis mesos calculats per als mesos de juliol i gener de cada any

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<i>SPI</i> ₆ _gener	-0,57	-0,03	-0,43	1,48	0,60	-1,13	1,66	-0,80	-0,64	0,45	1,17
<i>SPI</i> ₆ _juliol	-0,32	-0,14	1,19	0,10	1,26	-0,52	-2,50	-0,01	0,94	-0,13	1,10

SPI₆_gener s'obté a partir de la precipitació acumulada durant sis mesos, inclosos el mes de gener i els cinc mesos anteriors, és a dir, el període agost-gener, mentre que SPI₆_juliol inclou la precipitació acumulada en el període febrer-juliol.

mulada a partir de 80 mm s'acumula una biomassa de 49 mg/m² per cada gram de biomassa de la vegetació (pvalor del pendent de 0,015).

En conclusió, la biomassa estimada de la brolla, en absència de pins, sembla saturada prop de 800 g/m². En els períodes inicials de recuperació des de l'incendi, l'acumulació de biomassa està controlada per la precipitació, però el control resta desdibuixat quan no es té en compte la temporalitat de la pluja o quan la combinació excepcional de períodes secs i humits provoca un creixement abundant a la tardor. Les dades mostren que el control és més intens en el període de sis mesos centrat a la primavera i que hi ha mecanismes que mantenen la funcionalitat de l'ecosistema en condicions extremes.

Referències bibliogràfiques

ESTIARTE, Marc; PEÑUELAS, Josep; LLORENS, Laura; BRUNA, Paula; PRIETO, Patricia, FILELLA, Io-

landa; LLUSIÀ, Joan; LLORET, Francisco; RODÀ, Ferran (2004): «Efectes del canvi climàtic (eixut i escalfament) en una brolla del Garraf: resultats dels projectes Climoor i Vulcan». A: *Monografies 37. IV Trobada d'estudiosos del Garraf*. Barcelona: Diputació de Barcelona p. 65-74.

ESTIARTE, Marc; PUIG, Glòria; PEÑUELAS, Josep (2011): «Large delay in flowering in continental versus coastal populations of a Mediterranean shrub, *Globularia alypum*». *International Journal of Biometeorology*, núm. 55; p. 855-865.

PRIETO, Patricia; PEÑUELAS, Josep; OGAYA, Romà; ESTIARTE, Marc (2008): «Precipitation-dependent flowering of *Globularia alypum* and *Erica multiflora* in Mediterranean shrubland under experimental drought and warming, and its inter-annual variability». *Annals of Botany*, núm. 102; p. 275-285.

PRIETO, Patricia; PEÑUELAS, Josep; LLUSIÀ, Joan; ASENSIO, Dolores; ESTIARTE, Marc (2009): «Effects of experimental warming and drought on biomass accumulation in a Mediterranean shrubland». *Plant Ecology*, núm. 205; p. 179-191.