

Com afecta el model actual de gestió forestal els recursos aquàtics del Parc?

IRAIMA VERKAIK WITTEWEN,¹ FRANCESC GALLART,² NÚRIA CID PUEY,¹ PAU FORTUÑO ESTRADA,¹ DOLORS VINYOLÉS CARTANYÀ³ I NARCÍS PRAT FORNELLS¹

¹Grup de Recerca Freshwater Ecology and Management (FEM). Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, secció d'Ecologia. Universitat de Barcelona

²Grup d'Hidrologia Superficial i Erosió. Institut de Diagnosi Ambiental i Estudis de l'Aigua (IDEAE-CSIC).

³Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, secció de Biologia Animal. Universitat de Barcelona

Resum

Davant del canvi global i la gestió d'un recurs limitat com és l'aigua, és crucial saber com es relaciona la gestió dels recursos terrestres amb la dels aquàtics, especialment en zones de clima mediterrani. Amb un mínim d'un 85 % de cobertura vegetal, les conques estudiades (Rellinars, Talamanca, Mura, Vall d'Horta i Castelló) indiquen que l'evapotranspiració real estimada pot variar entre un 74 % i un 87 %, depenent de la precipitació anual. Però, sobretot, indica que d'un any menys sec a un any sec la diferència en escolament d'aigua es redueix més d'un 50 %. Això pot tenir implicacions en la qualitat i quantitat de l'aigua, i en els models de gestió del Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac, a curt i mitjà termini, per a l'establiment de mesures de conservació dels ecosistemes aquàtics i terrestres.

Paraules clau

Connectivitat, usos del sòl, balanç hídric

Resumen

¿Cómo afecta el actual modelo de gestión forestal a los recursos acuáticos del Parque?

Ante el cambio global y la gestión de un recurso limitado como es el agua, resulta crucial, especialmente en zonas de clima mediterráneo, saber cómo se relaciona la gestión de los recursos terrestres con los acuáticos. Con una cobertura vegetal mínima de un 85 %, en las cuencas estudiadas (Rellinars, Talamanca, Mura, Vall d'Horta y Castelló) la evapotranspiración real estimada puede variar entre un 74 % y un 87 %, dependiendo de la precipitación anual. Pero, sobre todo, indica que de un año menos a seco a uno seco la escorrentía se reduce en más de un 50 %. Esto puede tener implicaciones en la calidad y cantidad de agua y en los modelos de gestión del Parque Natural Sant Llorenç de Munt i l'Obac, a corto y medio plazo, para el establecimiento de medidas de conservación de los ecosistemas acuáticos y terrestres.

Palabras clave

Conectividad, usos del suelo, balance hídrico

Abstract

How Does the Current Forest Management Model Affect the Park's Aquatic Resources?

Given climate change and management of a limited resource such as water, it is crucial to know how management of aquatic and terrestrial resources is related especially in Mediterranean climate areas. With a minimum vegetative cover of 85%, the estimated real evapotranspiration rate in the basins studied (Rellinars, Talamanca, Mura, Vall d'Horta and Castelló) can vary between 74% and 87% depending on annual precipitation. However, it primarily indicates that runoff is reduced by more than 50% from a less dry year to a dry one. This may impact water quality and quantity and also management models in Sant Llorenç de Munt i l'Obac Nature Park over the short and medium term with respect to implementing conservation measures for aquatic and terrestrial ecosystems.

Key words

Connectivity, land use, water balance

Introducció

Les conseqüències de l'escalfament de la terra són múltiples, entre les quals la intensificació, l'acceleració o l'accentuació del cicle hidrològic global (WWPA, 2009). La majoria dels models preveuen una pujada de temperatura i una modificació de la repartició de la precipitació global, amb efectes sobre el cicle hidrològic local o regional que poden variar substancialment en l'espai i en el temps. A més, es pronostica que, encara que alguns d'aquests canvis es produiran d'una manera gradual o progressiva, els períodes i esdeveniments extrems de pluges o sequera seran més freqüents. Des d'un punt de vista estacional, sembla que aquests canvis de temperatura i precipitació seran més imprevisibles. En climes mediterranis, caracteritzats per una hidrologia molt estacional, es preveu que durant els períodes estivals hi hagi un estrès hídric molt més acusat (IPCC, 2013).

Si bé la precipitació té un paper clau en el balanç hídric, hi ha molts altres factors que influencien l'escorrentia superficial (mesurada com el cabal del riu), la recàrrega dels aquífers i el canvi d'emmagatzematge d'aigua al sòl. Per poder entendre la hidrologia d'una conca és, doncs, fonamental conèixer la quantitat d'aigua que entra al sistema (pluja), però també les característiques físiques i biològiques de la coberta del sòl, ja que la seva naturalesa modifica la quantitat d'aigua interceptada, retinguda i evapotranspirada. No sembla estrany, doncs, que sigui imprescindible tenir en compte la interacció amb la coberta del sòl per poder obtenir un balanç hídric més acurat de cara a la gestió dels recursos hídrics (ELISON *et al.*, 2017). A més, a falta de mesures detallades dels cabals dels rius, el model teòric i empíric desenvolupat per ZHANG *et al.* (2001) pot ser una eina —àmpliament emprada— per estimar una primera aproximació dels canvis d'evapotranspiració d'una conca en relació amb les modificacions de la vegetació i deduir-ne l'escolament que hi pot haver.

Diversos estudis elaborats a Catalunya ja assenyalen una disminució significativa dels cabals dels rius en diverses conques, però, en aquests casos, no s'explica per la reducció en la precipitació per si sola. El descens de l'escolament està relacionat també amb l'augment de la coberta forestal, com s'ha demostrat en les capçaleres dels rius Ebre (GALLART i LLORENS, 2004), Llobregat i Ter (GALLART *et al.*, 2011), i d'altres (BUENDIA *et al.*, 2015). L'abandonament progressiu dels conreus i les pastures a la península Ibèrica ha provocat que molts espais rurals en desús hagin estat ocupats progressivament per boscos i matollars nous. Per tant, el canvi d'usos del sòl durant el darrer segle pot estar modificant el funcionament hidrològic, fet que pot tenir implicacions en el subministrament d'aigua i en la gestió dels recursos hídrics (POYATOS *et al.*, 2003).

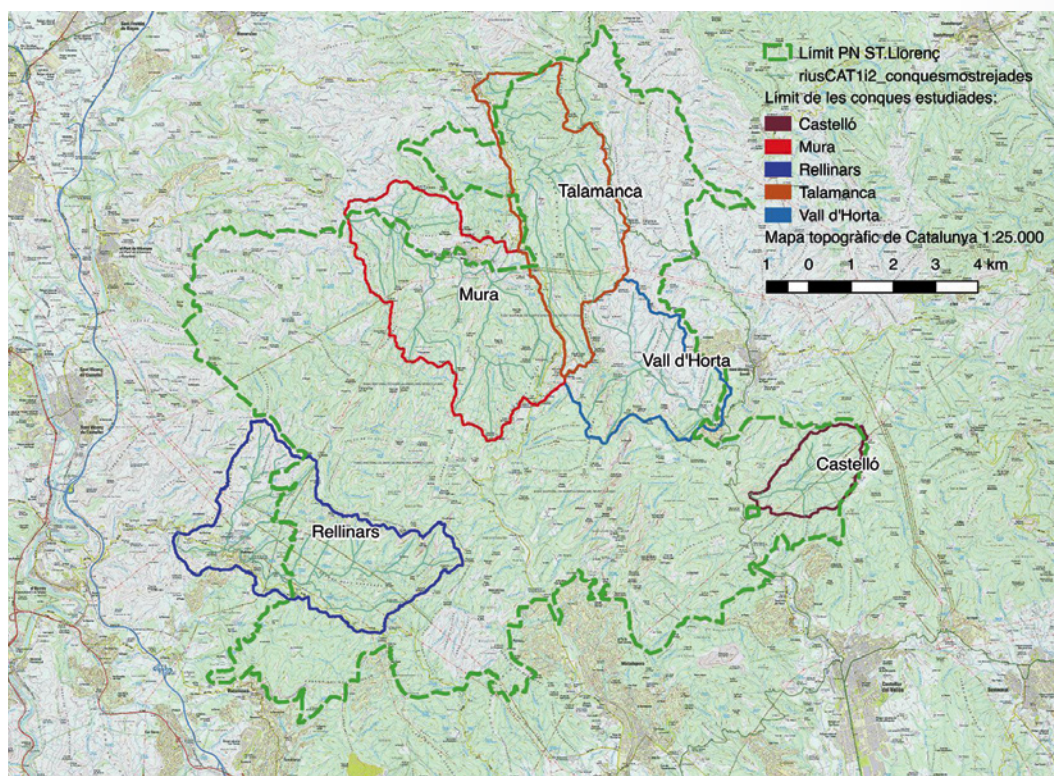
Els rius temporals són ecosistemes singulars que alberguen una diversitat i una composició de comunitats biològiques que varia en funció de la disponibilitat d'aigua, però també de l'estacionalitat. Així, per exemple, les comunitats de macroinvertebrats que els habiten poden ser diferents entre rius permanents i

temporals (BONADA *et al.*, 2007). Aquest patró ens indica que la predictibilitat dels cabals dels rius mediterranis és important i que els canvis que es produeixen en la seva hidrologia poden comprometre la supervivència dels organismes aquàtics que hi viuen. El cas més dramàtic és el dels peixos, que, si bé tenen estratègies de supervivència davant de condicions força extremes, depenen completament de la presència de refugis aquàtics. N'és un exemple local i molt rellevant la desaparició d'una espècie amenaçada com el barb de muntanya (*Barbus meridionalis*) a la Vall d'Horta i que va provocar un efecte cascada en el funcionament de la comunitat de macroinvertebrats (RODRÍGUEZ-LOZANO *et al.*, 2015). L'objectiu d'aquest treball ha estat quantificar, en cinc subconques dels rius Besòs i Llobregat situades al Parc, les tendències en els canvis d'usos del sòl observats en cinquanta-tres anys, així com estimar —amb la seva composició actual vegetal— el consum d'aigua mitjançant càlculs d'evapotranspiració. Amb aquest treball es pretén començar un debat sobre la importància de la interacció forestal i l'aigua, i també presentar uns primers valors en termes hídrics per tal d'avaluar el model de gestió forestal del Parc.

Material i mètodes

Àrea d'estudi

Figura 1. Localització de les cinc subconques estudiades al Parc de Sant Llorenç del Munt i l'Obac



L'àrea es caracteritza per un clima mediterrani i per la seva geologia calcària, amb substrats altament permeables alternats amb d'altres de menys permeables que també en condicionen la hidrologia amb cursos permanents i d'altres de més intermitents. Les capçaleres de les cinc subconques dels rius estudiats es troben al Parc i en cobreixen més d'un 40 % del territori, amb gairebé 100 km de rius i torrents. Les delimitacions de les conques han sobrepassat, algunes més que d'altres, els límits del Parc perquè el punt de sortida del riu ha estat decidit a partir dels punts on es fan seguiments de les comunitats de peixos presents en algunes basses (vegeu MARIMON *et al.* en aquesta mateixa publicació).

Mapa de cobertes del sòl

D'acord amb el mapa de cobertes del sòl de Catalunya (MCSC) dels anys 1956 i 2009, s'han quantificat les extensions del tipus de coberta amb l'objectiu de comparar-ne la variació durant aquests cinquanta-tres anys. Els fulls corresponents s'han treballat des de l'inici en format Shapefile (.shp), que s'han descarregat de la pàgina web <<http://www.creaf.uab.es/mcsc/>>. Amb l'objectiu de comparar les cobertes entre els dos mapes, s'han agrupat diverses categories per així aconseguir-ne un total de sis: Boscos, Matollars, Prats i herbassars, Conreus, Improductiu artificial i Improductiu natural. En el cas del mapa de cobertes de l'any 1956, s'ha emprat el nivell de classificació 1F, que considera vuit categories. Per tant, dues de les categories han estat simplificades: la suma d'Arbrat dens amb el clar passa a la categoria Boscos, i la categoria d'Aigües continentals s'ha ajuntat amb la d'Improductiu natural. En el cas del mapa de cobertes de l'any 2009, s'ha hagut de simplificar de 139 categories a 6. Ara bé, aquest nivell de detall és el que ha permès poder fer càlculs més acurats d'evapotranspiració sobre les comunitats vegetals més representatives que hi ha en aquestes conques, és a dir, pinedes, alzinars i, en una mesura menor, rouredes i altres comunitats de fulla caduca, entre d'altres.

Consum d'aigua per a la vegetació

L'evapotranspiració anual per cada conca s'ha calculat emprant un model simple basat en l'equació de ZHANG *et al.* (2001), expressada com:

$$\frac{ET}{PP} = \left(\frac{1 + w \times \frac{E_0}{PP}}{\left(1 + w \times \frac{E_0}{PP}\right) + \left(\frac{PP}{E_0}\right)} \right)$$

En què *ET* representa la taxa anual d'evapotranspiració de la coberta vegetal (mm); *PP* la precipitació anual i *E₀* l'evapotranspiració de referència de la zona on creix la coberta. Finalment, la *w* és un indicador adimensional anomenat *coefici-*

ent de disponibilitat d'aigua que varia en funció de la fisiologia i arquitectura de cada espècie vegetal, en què els valors de 0,5 corresponen a cobertures herbàcies i els valors de 2 a cobertes més forestals. Per tant, el càlcul de l'evapotranspiració utilitzant l'equació anterior incorpora la climatologia específica d'una zona, però també té en compte la categoria de coberta vegetal.

La capacitat de cada espècie vegetal de bombejar aigua de la zona insaturada és variable en funció de factors com l'edat, la condició fisiològica i la profunditat de les arrels, entre d'altres. Això, a la vegada, també depèn de les condicions climatològiques. A més, algunes constants de l'equació han estat millorades i provades en diferents climes i tipus de vegetació adequant aquests valors per a algunes de les tipologies vegetals. En aquest sentit, WILLAARTS (2012) va fer una revisió bibliogràfica en què es van mesurar les taxes d'evapotranspiració reals per a diferents tipus de boscos a Espanya i va estimar el paràmetre w per a cada cas, un valor que pot variar entre 0,1 i 2,4. En la [taula 1](#) es presenten els valors de w dels tipus de vegetació dominants al Parc i les categories de l'MCSC que s'han utilitzat per calcular l'evapotranspiració de cada conca mitjançant l'equació de ZHANG *et al.* (2001). Per a tots els càlculs s'ha fet servir la mateixa evapotranspiració potencial climàtica de la zona: 850 mm. Atès que la precipitació mitjana de la zona (688 mm) és inferior a l'evapotranspiració potencial climàtica, les conques estudiades aquí es caracteritzen perquè tenen un tipus climàtic subhúmit segons la classificació de Thornwaite de 1948.

Taula 1. Coeficients de disponibilitat d'aigua (w) per a diferents tipus vegetals. Aquests valors han estat emprats per a tots els càlculs d'evapotranspiració. S'hi indica la categoria de cobertes (MCSC, 2009) del Parc que s'han fet servir en l'estudi. Els valors de w s'han extret de WILLAARTS (2012), excepte els indicats amb asterisc en què s'ha fet servir una mitjana conservadora dels valors existents a la literatura. Per a les cobertes no vegetals (Improductiu artificial o natural) s'ha fet servir el valor mínim que correspon a la forma vegetal Prats

Forma vegetal	Composició principal	w	Categoria MCSC (2009)
Boscos	<i>Pinus</i>	1,2	Pi blanc, pinastre, pinassa, pi pinyer, pi roig
	<i>Q. ilex</i>	1,9	Alzina
	<i>Q. faginea</i>	2	Roure fulla menuda
	<i>Q. petraea</i>	1,8	Roure fulla gran
	<i>Q. pubescens</i>	1,8	Roure martinenc
	Arbres caducifolis	1*	Avellanosa, caducifoli, altres caducifolis
	Arbres perennifolis	1*	Arboçar
Matollars	Mediterrani (ex. <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Erica</i> sp.)	0,4	Matollars
Prats	Plantes anuals	0,1	Prats i herbassars

Amb l'objectiu de comparar cicles anuals amb diferents pluviometries s'han comparat els anys 2015 i 2016. Per calcular l'evapotranspiració real a les conques, s'ha fet servir la mitjana de la precipitació de les estacions més properes al Parc —Sant Llorenç Savall, Rellinars i Vacarisses—, calculada en els anys hidrològics (setembre-agost) 2015 i 2016, respectivament 572 ± 82 i 423 ± 36 mm. I s'ha calculat la diferència entre aquesta aigua evapotranspirada real estimada i la precipitació per obtenir l'aigua potencial de recàrrega dels aqüífers i d'escolament d'aigua, aquí anomenada per simplificació *excés d'aigua*.

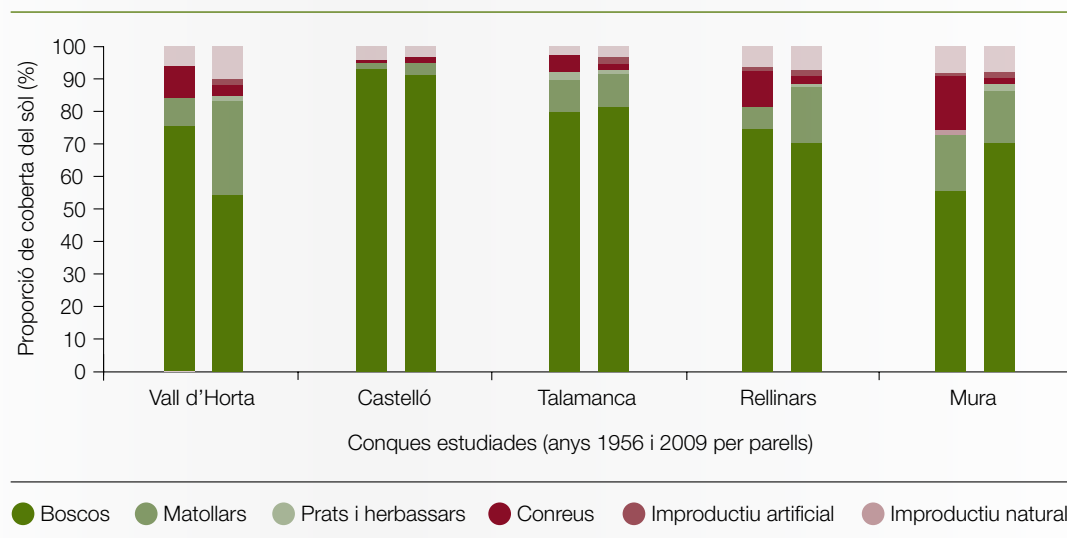
L'estimació d'excés d'aigua també s'ha fet servir per valorar els volums d'extracció d'aigua anual dels pous localitzats a la Vall d'Horta i la quantitat d'aigua potencial que hi quedaria. Per a aquest cas, s'han emprat els valors de precipitació acumulada en anys naturals i, per proximitat, s'han fet servir només els valors de l'estació de Sant Llorenç Savall, que corresponen, respectivament, a 382 i 623 mm per als anys 2015 i 2016.

Resultats

Superfície forestal i cobertes

Les cinc conques estudiades mostren una dominància de boscos: el cas de la Vall d'Horta és el més baix (55 %) i Castelló, el més alt (93 %). Quan se sumen les categories de cobertes vegetals restants, Matollars i Prats i herbassars, a la Forestal, les conques tenen entre un 85 % i un 95 % de cobertura vegetal (**gràfic 1**). Els Conreus, Roquissars i Improductiu artificial, que inclou categories variades com edificacions, cases, carrers, arbrat urbà, entre d'altres, completen el 5-15 % restant.

Gràfic 1. Proporció de cobertes del sòl (Boscos, Matollars, Prats i herbassars, Conreus, Improductiu artificial i improductiu natural) agrupades en parells dels anys estudiats (1956 i 2009, esquerra i dreta, respectivament) per a les cinc subconques estudiades



La coberta vegetal de l'any 1956 és força semblant a l'actual, que cobreix un 75-95 % (gràfic 1). No obstant això, si es compara la proporció de boscos a cada conca, s'observa com ha disminuït a la Vall d'Horta, mentre que a Mura va en augment. De fet, és en aquesta última on s'observa el canvi més important a la coberta de conreus, que ocupava un 18 % el 1956. Tenint en compte tota la superfície de les cinc conques, la superfície de conreus ha disminuït un 81 %, que equival a una disminució de gairebé 500 ha del territori estudiat. La major part dels canvis s'observen a la categoria Matollars, seguida per Prats i herbassars, que augmenta en conjunt un 66 % (unes 333 ha) de la seva superfície ocupada el 2009 respecte de 1956.

Si bé el canvi d'usos del sòl no ha estat gaire important, quan es compara la quantitat d'hectàrees que durant aquests cinquanta-tres anys s'han mantingut igual o han canviat, sí que s'observen algunes qüestions que s'expliquen a continuació (taula 2). La diferència quant a la superfície ocupada per boscos és molt semblant perquè hi ha hagut un intercanvi similar entre algunes categories de cobertes vegetals. És a dir, 599 ha de boscos passen a altres categories vegetals, Matollars i Prats i herbassars, mentre que 468 han passat a ser Boscos. El principal canvi s'observa als Conreus, on hi ha una diferència de 487 ha entre 1956 i 2009, que majoritàriament han passat a ser Boscos (49 %), seguits per Matollars i Prats i herbassars (respectivament, 32 % i 7 %). Per tant, sí que s'observa una aforestació espontània de camps abandonats i d'àrees amb vegetació escassa. No obstant això, l'augment de boscos no ha estat tan important a les gairebé 900 ha de superfície cremada l'any 1994 i sobretot el 2003, cosa que afecta les conques de la Vall d'Horta i Talamanca.

Taula 2. Nombre d'hectàrees totals de les cinc conques estudiades el 1956 i el 2009. S'observa que hi ha cobertes que s'han mantingut iguals i s'especifica quina és la nova categorització després de cinquanta-tres anys

						1956
2009	Boscos	Matollars	Prats i herbassars	Conreus	Improductiu	Total
Boscos	3.449	584	15	6	104	4.159
Matollars	425	128	13	5	39	610
Prats i herbassars	43	6	< 1	1	1	51
Conreus	244	163	34	109	59	609
Improductiu	66	33	8	1	260	368
Total	4.227	914	70	122	464	379

Consum i excés d'aigua entre conques forestals

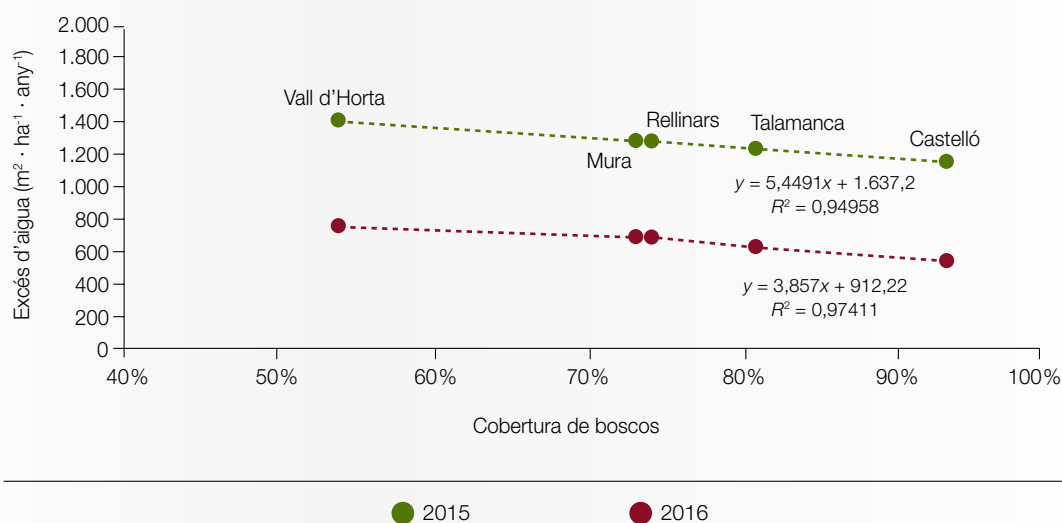
Tal com simula l'equació emprada, el consum d'aigua depèn sobretot de la precipitació perquè són conques subhúmedes en les quals la precipitació és inferior a la

demanda evapotranspirativa. És a dir, com més plou, més aigua s'evapora anualment. Per tant, s'observa que l'evapotranspiració calculada per àrea representa un consum d'entre un 74 % i un 87 %, és a dir, entre els 3.518 i els $4.581 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$, que varien linealment amb la proporció de boscos de la conca (gràfic 2).

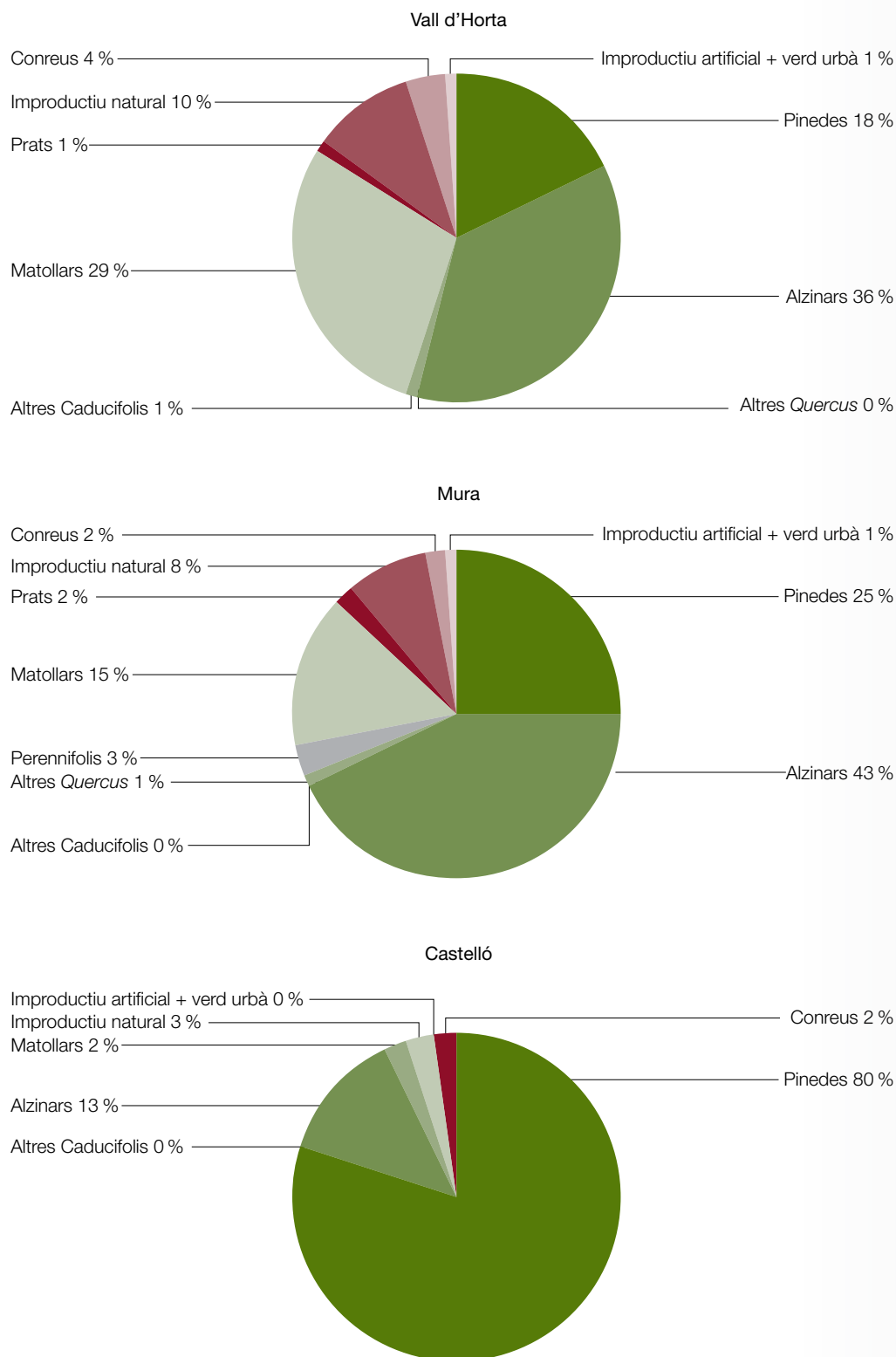
La comparació entre les conques, calculada per als anys hidrològics 2015 i 2016, ens permet fer una relació entre la diferència d'aigua no evapotranspirada o susceptible de recarregar aqüífers i generar escolament —anomenada aquí *excés d'aigua*, per simplificar— i el percentatge de superfície de boscos (gràfic 2). Així, la conca de la Vall d'Horta té un 18-25 % d'escolament d'aigua possible en comparació de la de Castelló. Part d'aquesta diferència d'excés és deguda a les diferències de cobertes (i, per tant, evapotranspiració real estimada) entre algunes conques. Així, a Castelló el que dominen són pinedes de pi blanc (79 %), mentre que a Mura i a la Vall d'Horta les pinedes codominen amb els alzinars i matollars (gràfic 3). A la conca de la Vall d'Horta, aquesta codominància és una conseqüència de l'incendi forestal de 2003, que va cremar un 65 % de la superfície.

La diferència o l'excés d'aigua potencial per recarregar els aqüífers i alimentar els torrents estimada per a les conques de la Vall d'Horta i Castelló durant els anys 2015 i 2016 pot variar entre 438 i $1612 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$. Segons aquests càlculs, l'excés d'aigua al torrent de la Vall d'Horta és de 504.774 i $1.439.118 \text{ m}^3$ per a 2015 i 2016, respectivament. Si bé el 2015 va ploure gairebé un 40 % menys que el 2016, la quantitat d'aigua extreta per als pous de la Vall d'Horta (Pregona i Alzina) també és molt diferent (2015 i 2016, 68.953 i $15.636 \text{ m}^3 \cdot \text{any}^{-1}$, respectivament). Això suposa, respectivament per als anys 2015 i 2016, un 13,7 % i 1,1 % d'explotació sobre l'excés d'aigua.

Gràfic 2. Relació entre el percentatge de coberta de boscos i l'excés d'aigua per recarregar els aqüífers i alimentar els torrents calculada com la diferència entre la precipitació i l'evapotranspiració per àrea de conca ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$) per als anys hidrològics de 2015 (verd) i 2016 (granat)



Gràfic 3. Proporció de cobertes del sòl de l'any 2009 per a tres conques: Vall d'Horta, Mura i Castelló. Les categories presentades són les que s'han emprat per calcular, segons la *w* de WILLAARTS (2012), l'evapotranspiració real estimada: Boscos diferenciats en pinedes, alzinars, altres *Quercus*, altres caducifolis, Matollars, Prats (i herbassars), Conreus, Improductiu (artificial, natural i verd urbà)



Discussió

Els boscos són considerats els reguladors principals entre la connexió d'aigua, l'energia i el cicle de carboni (ELISON *et al.*, 2017). Per tant, una bona gestió dels boscos té implicacions en la viabilitat econòmica, la qualitat del medi ambient i la seguretat (qualitat i quantitat) dels recursos hídrics (BLANCO, 2017). L'anomenat *paradigma dominant* és ara més actual que mai perquè està relacionat amb una compensació entre la quantitat de boscos (i, per tant, de l'embornal de carboni) i els recursos hídrics d'escolament i recàrrega d'aquífers (ELISON *et al.*, 2017). En aquest sentit, la gestió forestal de cada perímetre dependrà dels serveis ecosistèmics que es prioritzin, i la generació de recursos hídrics en podria ser un (GALLART, 2015).

Tot i que els canvis mesurats en les subconques estudiades indiquen una modificació de cobertes de sòl no gaire important, s'observa una aforestació espontània de camps abandonats i d'àrees amb vegetació escassa. En línia amb altres estudis fets a Catalunya, la dinàmica actual dels boscos mediterranis respon a canvis en els usos del sòl, però en combinació amb la intensitat i la freqüència de les perturbacions, com els incendis forestals (VAYREDA *et al.*, 2016). El declivi del sector primari en els espais naturals a Catalunya ha portat cap a una cerca de rendes alternatives en el turisme i, segons la síntesi del PLA DEL PARC (30 gener 2018), les poblacions del nord ja s'han vist beneficiades en aquest sentit. De fet, després de cinquanta-tres anys, les conques de la Vall d'Horta, Castelló, Rellinars, Mura i Talamanca continuen amb una dominància forestal i, per tant, les normatives del Parc han mantingut aquesta prioritització. En conseqüència, la qualitat de les capçaleres dels rius al Parc tenen un impacte baix d'origen humà i, generalment, quan hi corre l'aigua, els rius presenten un estat ecològic bo o molt bo (PRAT *et al.*, 2017; <www.ub.edu/barcelonarius>).

L'actual PLA DE PROTECCIÓ ESPECIAL (30 gener 2018) inclou setanta-nou articles en què preveu, per exemple, les rieres i els torrents com a elements de protecció especial i, entre altres qüestions, especifica la persistència, conservació i millora de les masses forestals. Davant de la reducció en precipitació i episodis més acusats de sequera previsibles en un futur pròxim, no sembla viable poder mantenir un bon estat de masses forestals a l'hora de generar i assegurar recursos hídrics en una quantitat que no posi en risc la qualitat dels ecosistemes aquàtics. Hi ha, doncs, un compromís entre mantenir la funcionalitat dels ecosistemes i la provisió de Serveis Ecosistèmics (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Caldrà analitzar si les mateixes masses forestals actuals, tant en composició com en densitat, seran viables davant de les condicions hídriques previsibles per al futur (KEENAN *et al.*, 2011). Tal com s'observa en l'estudi de FORTUÑO *et al.* (en aquesta mateixa publicació), es demostra que un canvi en el model d'explotació dels recursos hídrics a la Vall d'Horta ha suposat uns valors rècord de la qualitat biològica del riu. Queda valorar si canvis en els models forestals també tindrien el mateix impacte positiu.

La relació entre la viabilitat econòmica, la qualitat del medi ambient i la seguretat dels recursos hídrics tindrà unes conseqüències en el model socioeconòmic del territori. Diversos estudis ja indiquen que la quantitat de la coberta del sòl pot maximitzar la recàrrega dels aqüífers (p. ex., ILSTEDT *et al.*, 2016). L'estudi de GARCIA-PRATS *et al.* (2016) planteja un model hidroeconòmic per integrar els recursos hídrics, opcions de gestió en un període de cent anys en parcel·les de pi blanc. Emprant diferents equacions, calculen la rendibilitat econòmica de diversos models d'actuació en què es té en compte el preu de la fusta (euros per hectàrea), la recàrrega d'aqüífers (mil·límetres per any) i el cost d'acció sobre aclarides de plançones (entre 8 i 32 anys) i podes (entre 79 i 84 anys).

L'augment de la quantitat de biomassa forestal i la seva continuïtat és majoritàriament deguda a la despoblació rural. Després de l'abandonament de les explotacions agrícoles, l'augment de la vegetació —acumulació de combustible— ha estat un dels principals impulsors dels incendis, malgrat que ara la sequera comença a ser un factor controlador principal dels incendis (PAUSAS i FERNÁNDEZ-MUÑOZ, 2012). Un estrès hídric cada cop més freqüent o reduccions de la precipitació anual comporten canvis en la distribució de la vegetació que poden limitar-ne la capacitat de resistència davant episodis extrems de sequera (LLORET *et al.*, 2012). La fauna aquàtica també pot quedar empobrida, o extirpada en alguns casos, sobretot en el cas dels peixos (BENEJAM *et al.*, 2010). És important, doncs, que s'incorporin mesures de conservació complementàries en el model de gestió del Parc que puguin ajudar a la generació de recursos hídrics, com s'ha fet recentment a la Vall d'Horta.

En aquest estudi es mostra que, tot i l'elevat consum d'aigua a les conques, quedaria una quantitat total d'aigua suficient per recarregar els aqüífers i l'escolament superficial amb $47.304 \text{ m}^3 \text{ any}^{-1}$ (corresponent a un cabal ecològic d' $1,5 \text{ L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ sense tenir en compte les crescudes). No obstant això, en episodis de pluges fortes, aquesta aigua pot ser exportada i, per tant, que quedi una quantitat inferior per a la recàrrega. Aquest podria ser el cas del torrent de la Vall d'Horta, que es queda molts anys sec. Per tant, tot plegat ens porta a concloure que cal fer un estudi detallat dels escolaments dels rius (com a estacions d'aforaments) per poder calcular de manera més clara com funciona el balanç hídric en el territori i poder arribar als cabals mínims, especialment durant l'estiu.

Bibliografia

- BENEJAM, L.; ANGERMEIER, P. L.; MUNNÉ, A.; GARCÍA-BERTHOU, E. (2010): «Assessing effects of water abstraction on fish assemblages in Mediterranean streams». *Freshwater Biology*, núm. 55 (3); p. 628-642.
- BLANCO, J. A. (2017): «Bosques, suelo y agua: explorando sus interacciones». *Ecosistemas*, núm. 26; p. 1-9.

- BONADA, N.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. (2007): «Macroinvertebrate community structure and biological traits related to flow permanence in a Mediterranean river network». *Hydrobiologia*, núm. 589, p. 91-106.
- BUENDIA, C.; BUSSI, G.; TUSET, J.; VERICAT, D.; SABATER, S.; PALAU, A.; BATALLA, R. J. (2016): «Effects of afforestation on runoff and sediment load in an upland Mediterranean catchment». *Science of the Total Environment*, núm. 540; p. 144-157.
- ELISON, D.; MORRIS, C. E.; LOCATELLI, B.; SHEIL, D.; COHEN, J.; MURDIYARSO, D.; GUTIERREZ, V.; VAN NOORDWIJK, M.; CREED, I. F.; POKORNY, J.; GAVEAU, D.; SPRACKELN, D. V.; BARGUÉS TOBELLA, A.; ILSTED, U.; TEULING, A. J.; GEBREYOHANNIS GEBREHIWOT, S.; SANDS, D. C.; MUYR, B.; VERBIST, B.; SPRINGGAY, E.; SUGANDI, Y.; SULLIVAN, C. A. (2017): «Trees, forests and water: Cool insights for a hot world». *Global Environmental Change*, núm. 43; p. 51-61.
- GALLART, F. (2015): «Vulnerabilidades de los recursos hídricos en relación al cambio climático y a sus interacciones con los ecosistemas terrestres». A: HERRERO, A.; ZAVALA, M. A. (ed.). *Los bosques y la biodiversidad frente al cambio climático: impactos, vulnerabilidad y adaptación en España*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente; p. 345-352.
- GALLART, F.; DELGADO, J.; BEATSON, S. J. V.; POSNER, H.; LLORENS, P.; MARCÉ, R. (2011): «Analysing the effect of global change on the historical trends of water resources in the headwaters of the Llobregat and Ter river basins (Catalonia, Spain)». *Physics and Chemistry of the Earth*, núm. 16; p. 655-661.
- GALLART, F. LLORENS, P. (2004): «Observations on land cover changes and water resources in the headwaters of the Ebro catchment, Iberian Peninsula». *Physics and Chemistry of the Earth*, núm. 29, p. 769-773.
- GARCIA-PRATS, A.; CAMPO, A. D. del; PULIDO-VELAZQUEZ, M. (2016): «A hydro-economic modeling framework for optimal integrated management of forest and water». *Water Resources Research*, núm. 52; p. 8277-8294.
- ILSTEDT, U.; BARGUÉS TOBELLA, A.; BAZIÉ, H. R.; BAYALA, J.; VERBEETEN, E.; NYBERG, G.; SANOU, J.; BENEGAS, L.; MURDIYARSO, D.; LAUDON, H.; SHEIL, D.; MALMER, A. (2016): «Intermediate tree cover can maximize groundwater recharge in the seasonally dry tropics». *Scientific Reports*, núm. 6; p. 21930.
- IPCC (2013): «Climate Change 2013». A: STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M. (ed.). *The Physical science basis. Contribution of working group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- KEENAN, T.; SERRA, J. M.; LLORET, F.; NINYEROLA, M.; SABATE, S. (2011): «Predicting the future of forests in the Mediterranean under climate change, with niche-and process-based models: CO₂ matters!». *Global Change Biology*, núm. 17; p. 565-579.

- LLORET, F.; ESCUDERO, A.; IRIONDO, J. M.; MARTÍNEZ-VILALTA, J.; VALLADARES, F. (2012): «Extreme climatic events and vegetation: the role of stabilizing processes». *Global Change Biology*, núm. 18; p. 797-805.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005): *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute.
- PAUSAS, J. G.; FERNÁNDEZ-MUÑOZ, S. (2012): «Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: from fuel-limited to drought-driven fire regime». *Climatic Change*, núm. 110; p. 215-226.
- PLA ESPECIAL DE PROTECCIÓ DEL MEDI FÍSIC I DEL PAISATGE DE L'ESPAI NATURAL DE SANT LLORENÇ DEL MUNT I L'OBAC (1998). Text normatiu [en línia]. <<https://goo.gl/2Xkafk>> [Consulta: 30 gener 2018].
- POYATOS, R.; LATRON, J.; LLORENS, P. (2003): «Land use and land cover change after agricultural abandonment: the case of a Mediterranean mountain area (Catalan Pre-Pyrenees)». *Mountain Research and Development*, núm. 23; p. 362-368.
- PRAT, N.; FORTUÑO, P.; ACOSTA, R.; BONADA, N.; CASTRO, D.; CID, N.; BURGAZZI, G.; RODRÍGUEZ-LOZANO, P.; SÓRIA, M.; TARRATS, P.; VERKAİK, I. (2017): *Efectes del Canvi Ambiental en les comunitats d'organismes dels Rius MEDiterranis (CARIMED). Informe 2016* [en línia]. Barcelona: Diputació de Barcelona. Àrea d'Espais Naturals (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 26). 74 pàgines. <<http://www.ub.edu/barcelonarius/web/index.php/informe-2016>>.
- RODRÍGUEZ-LOZANO, P.; VERKAİK, I.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. (2015): «Small but powerful: top predator local extinction affects ecosystem structure and function in an intermittent stream». *Plos One*, núm. 10, p. e0117630.
- SÍNTESI DEL PLA DEL PARC DE SANT LLORENÇ DE MUNT I L'OBAC (2007). <<https://goo.gl/38tfaz>> [Consulta: 30 gener 2018].
- SOSTOA, A. de; VINYOLÉS, D.; MACEDA-VEIGA, A.; CAIOLA, N.; CASALS, F. (2007): «Effects of the fire of the 2003 on the fish communities in Sant Llorenç del Munt i l'Obac Nature Reserve». A: *VI Trobada d'Estudiosos de Sant Llorenç del Munt i l'Obac*. Barcelona: Diputació de Barcelona; p. 217-221. (Sèrie Territori; núm. 2).
- VAYREDA, J.; MARTINEZ-VILALTA, J.; GRACIA, M.; CANADELL, J. G.; RETANA, J. (2016): «Anthropogenic-driven rapid shifts in tree distribution lead to increased dominance of broadleaf species». *Global change biology*, núm 22; p. 3984-3995.
- WILLAARTS, B. (2012): «Linking land management to water planning: estimating the water consumption of Spanish forests». A: STEFANO, L. de; LLAMAS, M. R. (ed.). *Water, agriculture and the environment in Spain: Can we square the circle?*. Madrid: Water Observatory of the Botin Foundation – Universidad Complutense de Madrid; p. 139-151.

WWAP (WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME) (2009): *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. París: UNESCO; Londres: Earthscan. 76 pàgines.

ZHANG, LU; DAWES, W. R.; WALKER, G. R. (2001): «Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale». *Water Resources Research*, núm. 37; p. 701-708.