



Marta Domènech i Ferrés

Doctora en Forests per la
Universitat de Lleida i
investigadora d'Andorra
Recerca + Innovació

Resum

Andorra, igual que la resta de conques dels Pirineus, s'enfronta a una sèrie de reptes motivats per l'augment de les temperatures i dels períodes de sequera, així com probablement un augment del episodis climàtics extrems. Alhora, el país té ja més de 80.000 habitants i una pressió turística remarcable, la qual cosa fa que sigui una de les conques pirinenques amb més pressió antròpica. Aquest context fa que es consideri imprescindible disposar de coneixement sobre el funcionament hidrològic dels seus sistemes fluvials i en especial dels possibles impactes en ells del canvi global.

Mitjançant el model WEAP-Andorra, aquest estudi analitza la sostenibilitat futura dels recursos hídrics, considerant variables climàtiques i socioeconòmiques, incloent-hi un escenari de sequera extrema. Els resultats preveuen una disminució del cabal anual del 5,3 al 8,5% en escenaris de canvi global, que arriba fins al 65,4% en una sequera extrema. Els escenaris de sequera mostren vulnerabilitats tant per assegurar el recurs hídic com per garantir la conservació dels espais fluvials.

Introducció

El canvi global és un dels grans reptes mundials. L'augment generalitzat de les temperatures, juntament amb els canvis socioeconòmics i en l'ús del sòl, afecta el cicle hidrològic modificant règims i alterant la disponibilitat d'aigua. A més, les sequeres, probablement més intenses, freqüents i de durada més llarga (Lemus Casanovas, 2021), poden agreujar els efectes sobre la reducció dels cabals fluvials, entre altres impactes esperats. Per tot, les regions de muntanya, com els Pirineus, són especialment vulnerables, amb impactes en la gestió de l'aigua i en sectors com la generació hidroelèctrica. Els efectes sobre els sistemes hidrològics són coneguts a les nostres latituds: més evaporació i evapotranspiració i, per tant, menys disponibilitat d'aigua als rius. Per tant, el recurs hídic, finit per naturalesa, esdevé ara més que mai un recurs que ha arribat a ser escàs al nostre entorn i que en un futur podrà veure's compromès.



Marta Domènech i Ferrés

Escenaris de canvi climàtic sobre el riu Valira

Aquest estudi utilitza un model integrat per analitzar els efectes físics i socioeconòmics sobre els recursos hídrics de la conca del riu Valira, a Andorra, generant escenaris de disponibilitat d'aigua i identificant sectors vulnerables en cas d'escassetat.

Objectiu

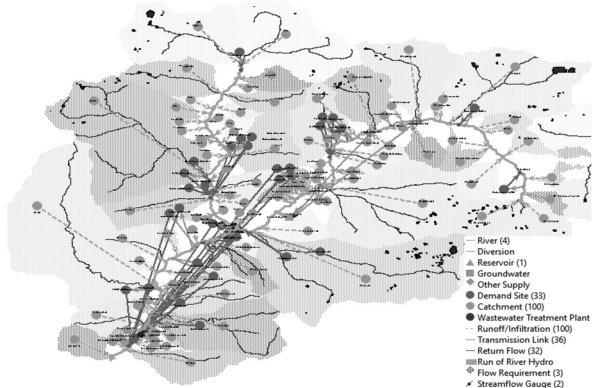
En aquest treball l'objectiu és avaluar els impactes de diferents escenaris climàtics i socioeconòmics sobre el recurs hídric del riu Valira i, en especial, els efectes de la sequera.

Metodologia

El document presenta un model hidrològic integrat desenvolupat mitjançant l'eina Water Evaluation and Planning (WEAP)¹ (Yates et al., 2005) que inclou la demanda d'aigua així com el recurs hídric disponible. Aquest model estima el balanç hídric a la conca andorrana des de l'any 2015 al 2050, amb una àrea total de 475 km².

L'algoritme principal de WEAP és un balanç hídric amb resolució espacial, calculat mensualment, que equilibra l'oferta i la demanda d'aigua a cada node i enllaç del sistema. La figura 1 mostra l'estructura de WEAP amb 100 subconques, 33 punts de demanda, un embassament amb generació hidroelèctrica, enllaços de transmissió i requisits de cabal per garantir els cabals ecològics. Els nodes representen els punts de demanda de diferents sectors socioeconòmics (punts vermells) i les aportacions d'aigua procedents de les conques (punts verds), mentre que els enllaços connecten amb els rius.

Figura 1. Vista esquemàtica del model WEAP amb la xarxa hidrogràfica (en blau), els nodes de demanda (punts vermells) i les aportacions a les conques (punts verds)



1- <https://www.weap21.org/>

El model és alimentat amb dades climàtiques uniformes per cada una de les 100 subconques andorranes. Aquestes dades climàtiques han estat la temperatura i la precipitació² calculades per a cada subconca amb una resolució de 90x90 m en el període de referència 1981-2010, i la humitat relativa i el vent³ amb una resolució de 2,5x2,5 km pel mateix període. Igualment s’han incorporat les cobertes del sòl, així com la demanda d’aigua dels principals sectors socioeconòmics del país (turisme, domèstic, agricultura, estacions d’esquí i producció hidroelèctrica).

El model s’ha projectat fins al 2050, guiat per factors climàtics i socioeconòmics que representen diversos escenaris de canvi global (vegeu la taula 1). L’escenari actual serveix d’any de base, que vindria a representar un any “normal” en termes climàtics i de demanda. Els escenaris de referència i de canvi global incorporen escenaris de canvi climàtic i augment de la demanda d’aigua en els diferents sectors, essent el de referència el que pateix canvis més suavitzats respecte al de canvi global. L’escenari de sequera històrica és el mateix que el de canvi global però afegint una reducció de la precipitació equivalent a l’any més sec detectat al país (2007). Finalment s’ha volgut projectar un darrer escenari representant l’últim episodi de sequera esdevingut a Andorra, que correspon a l’any 2022. Per tant, aquest darrer escenari anomenat “Any 2022 i canvi global”, es projecta a partir de les dades de precipitació del 2022 (any sec) amb l’escenari de canvi global (vegeu la taula 1).

Aquests diferents escenaris permeten quantificar els impactes sobre el cabal a la sortida de la conca andorrana.

Escenari	Canvi climàtic (anomalia al 2050)			Canvis socioeconòmics als principals sectors (2050)			
	RCP	T (°C)	Pp (%)	Domèstic	Turisme	Agricultura	Estacions d’esquí
Referència	4.5	T ₁	P ₁	▲Demografia: 1,18%/any	▲Allotjaments: 1,18%/any		
Canvi global	8.5	T ₂	P ₂	▲Demografia: 1,62%/any	▲Allotjaments: 1,62%/any Ocupació: 70%	▲Demanda de reg 10%*	▲Cultiu de neu 15%
Any històric sec	8.5	T ₁	P ₂₀₀₇	▲Demografia: 1,62%/any	▲Allotjaments: 1,62%/any Ocupació: 70%	▲Demanda de reg 10%*	▲Cultiu de neu 15%
Any 2022 i canvi global	8.5	T ₁	P ₂₀₂₂	▲Demografia: 1,62%/any	▲Allotjaments: 1,62%/any Ocupació: 70%	▲Demanda de reg 10%*	▲Cultiu de neu 15%

Taula 1. Resum dels escenaris implementats fins al 2050. T1, T2, P1, P2 i P3 representen les distribucions mensuals projectades de temperatura i precipitació en cada escenari extretes del projecte CLIMPY⁴

2 -<http://www.acda.ad/>
3- <http://hdl.handle.net/10261/271111>
4- <https://www.opcc-ctp.org/en/climpy>

El model ha estat calibrat (2015–2017) i validat (2018–2019) per al cabal mensual al punt de mesura de cabal més representatiu de la conca andorrana, situat a la sortida del riu Valira des d'Andorra.

Resultats

Els resultats mostren una disminució significativa del cabal anual en tots els escenaris modelitzats (vegeu la figura 2) per al 2050, fet que implica una reducció explícita dels recursos hídrics totals a Andorra, on la major part provenen de rius i llacs, i una part més petita, de les aigües subterrànies. En l'escenari de referència, s'estima que el cabal anual disminuirà un 5,3%, mentre que en l'escenari de canvi global la reducció serà del 8,5%. Malgrat això, durant els períodes hivernals, en els escenaris de referència i de canvi global, el cabal podria augmentar lleugerament, excepte al gener, quan podria incrementar-se encara més (40-55%). Això s'explica per un canvi de les precipitacions de neu a pluja, en línia amb les projeccions de canvi climàtic.

No obstant això, la reducció més notable del cabal es dona en l'escenari de sequera històrica. Mentre que en l'escenari de canvi global es perd gairebé un 10% del cabal anual, en el de sequera històrica la pèrdua arriba al 65,4%. L'augment de temperatures i els anys secs intensifiquen aquesta reducció, que fa disminuir els recursos hídrics de la conca.

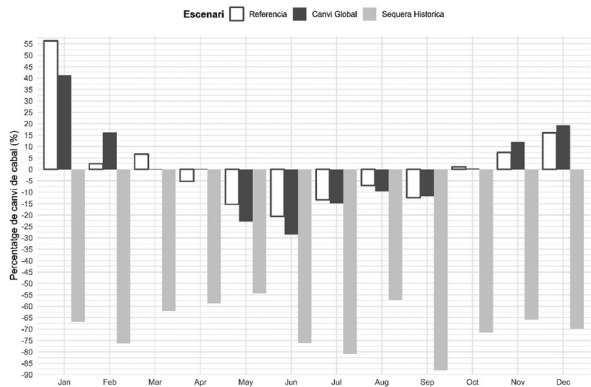


Figura 2. Variació del cabal en els diferents escenaris simulats el 2050 en comparació amb l'any actual, considerat l'any base

Tot seguit s'observen les projeccions de cabal (m^3/s) durant tots les mesos de l'any al 2050 (vegeu la figura 3). En aquest

cas s'hi ha afegit un darrer escenari de sequera "Any 2022 i canvi global", atès que recentment Andorra n'ha patit un episodi. Aquest episodi queda ben il·lustrat en les publicacions del butlletí de seguiment de recurs hídric.⁵

Si comparem els cabals mensuals modelitzats dels diferents escenaris amb el cabal mensual projectat amb la precipitació de l'any 2022 i les variables de canvi global (vegeu la taula 1), es pot observar que l'efecte de la sequera sobre el cabal és efectivament molt significatiu (vegeu la figura 3) en els dos escenaris de sequera. En aquest sentit, l'últim episodi de sequera ocorregut a Andorra, molt recent, ens permet identificar de nou un impacte sever al riu.

Com es veu en els resultats, en cap dels escenaris de sequera hi ha un mes on el cabal sigui superior, a diferència dels altres escenaris, que semblen ajudar a augmentar el cabal en alguns mesos hivernals.

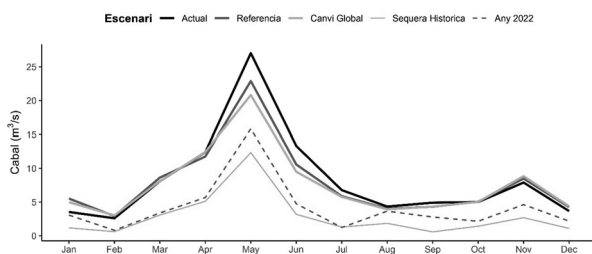


Figura 3. Cabals mensuals modelitzats a la sortida de la conca andorrana (estació d'aforament A403) en els diferents escenaris per al 2050

Les reduccions significatives de cabal es tradueixen directament en una disminució del recurs hídric fluvial i alhora tenen un impacte negatiu sobre el conjunt de l'ecosistema del riu i les seves funcions ecosistèmiques. Aquest impactes són especialment rellevants a finals d'estiu, quan la temperatura de l'aigua és més elevada, i poden resultar-ne afectats la qualitat fisicoquímica de l'aigua i l'hàbitat d'algunes espècies autòctones, com és el cas de la truita de riu.

Conclusions

En general, el canvi futur previst en l'hidrogràfic de les conques d'Andorra es caracteritza per un avançament del desgel amb el conseqüent augment de cabal a l'hivern i una reducció a la primavera i l'estiu. Encara que les fluctuacions de règims de cabals interanual siguin elevades en capçaleres i

5- <https://www.govern.ad/ca/tematiques/medi-ambient-i-sostenibilitat/aigua/el-recurs/butlleti-de-seguiment-del-recurs-hidric>

Referències bibliogràfiques

LEMUS CASANOVAS, J. L. B. (2021). Assessing internal changes in the future structure of dry-hot compound events: the case of the Pyrenees. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(6), 1721–1738.

YATES, D. N., SIEBER, J., PURKEY, D. R., & HUBER-LEE, A. (2005). WEAP21 – A demand-, priority-, and preference-driven water planning model part 1: model characteristics. *Water International*, (4), 487–500. <http://cabyregion.org/Members/yates/yates-et-al-part-1.pdf>

zones de muntanya, aquest canvi podria afectar el règim de les espècies adaptades a l'hidrograma actual. Tot i així, sembla que en els propers anys fins al 2050, i quan no s'esdevinguin sequeres intenses, les reduccions de cabal no superaran el 10%.

L'impacte més sever s'observa en els escenaris de sequera. Efectivament, l'efecte sobre de les reduccions de precipitació juntament amb el canvi global en el cabal és realment molt elevat. En aquest sentit, cal estudiar més a fons els impactes en altres trams fluvials de la conca andorrana, tant per assegurar el recurs hídric en tots els sectors del país com per garantir la conservació dels espais fluvials.