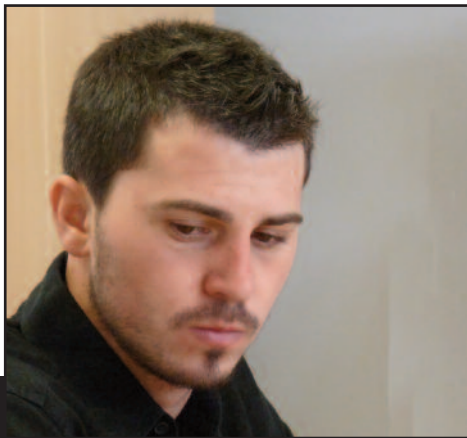


Impactes del canvi climàtic sobre els recursos hídrics en zones de muntanya

Marc Pons i Pons



Canvi climàtic i recursos hídrics

A mesura que l'evidència d'un canvi climàtic induït per l'ésser humà esdevé més inequívoca, també les conseqüències i els impactes que se'n poden derivar, ja sigui sobre els ecosistemes com en els sistemes socioeconòmics, es comencen a advertir i conèixer amb més certesa. En els darrers anys, s'està observant amb una certa severitat alguns d'aquests impactes, com és el cas de la disminució de la superfície gelada de l'Àrtic, el retrocés i desaparició de les glaceres, l'increment del nivell del mar o els canvis en la distribució i la fenologia d'algunes espècies animals i vegetals. A causa de la complexitat d'alguns d'aquests fenòmens, en els quals sovint altres factors no climàtics, com canvis en els usos del sòl o canvis tecnològics, tenen una gran incidència, poder discernir i avaluar el pes del canvi climàtic esdevé una tasca no gens trivial i aparent. Això no obstant, les evidències acumulades durant les darreres dècades ens han permès identificar i projectar una sèrie de canvis i alteracions directament vinculats a un canvi climàtic d'origen antropogènic (IPCC 2007). Els recursos hídrics, fortament condicionats i influenciats per un component climàtic, són un clar exemple de com un escalfament de l'atmosfera a un ritme superior al natural pot tenir greus repercussions tant en els ecosistemes com en el pla socioeconòmic. Els recursos hídrics són un element indispensable per a qualsevol forma de vida al planeta i la seva gestió afecta pràcticament tots els aspectes de la societat i l'economia; en particular la salut, la producció i la seguretat alimentària, l'abastiment domèstic d'aigua, l'energia i la indústria. Per tant, és essencial conèixer i poder entendre les possibles conseqüències que el canvi climàtic pot tenir sobre els recursos hídrics a diferents escales espacials i temporals i quins són els processos que les estan provocant. El clima i els sistemes hídrics estan fortament relacionats de forma complexa. Per això qualsevol canvi en un dels dos sistemes provoca directament canvis en l'altre. Per exemple, un canvi en el clima pot afectar la quantitat i la qualitat d'aigua disponible en una regió ja sigui per canvis en el valors mitjans de les precipitacions o en la seva estacionalitat. De forma inversa, la reducció de grans masses d'aigua en una regió pot portar a una disminució de les precipitacions durant alguns mesos l'any.

Lluny de ser un fenomen homogeni, el grau i fins i tot la direcció dels canvis en el clima poden variar de forma considerable d'una regió a una altra, especialment pel que fa als canvis en les precipitacions. Mentre que la majoria d'estudis científics assenyalen que s'està produint en major o menor grau un increment global de les temperatures, el que coneixem com a escalfament global, els canvis en els règims de precipitacions són molt més variables a escala territorial i sovint amb signes oposats segons l'àrea d'estudi. Aquesta heterogeneïtat en els canvis fa que els impactes del canvi climàtic sobre els sistemes hídrics arreu del món variïn molt d'una regió a una altra. D'entre aquests canvis un dels més coneguts i alhora amb impacte més gran és l'increment del nivell del mar. Des de final del segle XIX fins a l'actualitat s'ha registrat un progressiu augment del nivell del mar, al voltant d'uns 20 cm, amb una significativa acceleració durant els darrers vint anys (figura 1). A més a més, la majoria de models climàtics projecten no només una continuïtat d'aquesta tendència sinó un increment cada cop més important a causa de l'acceleració de la fosa de gel àrtic.

El progressiu increment del nivell del mar és un dels fenòmens amb un impacte més evident sobre els sistemes socioeconòmics, ja que són moltes les regions arreu del planeta que se'n poden veure afectades i patir-ne les conseqüències. Un dels casos més evidents és Tuvalu, un estat insular del Pacífic que a dia d'avui es troba negociant la compra de territori a Austràlia i Nova Zelanda, ja que s'estima que els pròxims decennis gairebé la totalitat del seu territori es trobarà per sota del nivell del mar. Un altre dels països que se'n pot veure greument afectat és Bangla Desh. En una de les regions amb més densitat del món, la gran concentració de població a la zona dels deltes del Ganges i del Brahmaputra, juntament amb el baix nivell de desenvolupament i per tant de recursos i capacitat adaptativa, fan que aquest país es presenti com a altament vulnerable als efectes d'un increment del nivell del mar. D'altra banda, la qualitat dels recursos hídrics d'algunes zones costaneres es poden veure greument afectats, ja que l'increment del nivell del mar pot portar a la salinització de molts dels aqüífers situats prop de la costa i que sovint són la principal font d'abastiment d'aigua dolça de la zona. Tot i que són els països no desenvolupats els que patiran un impacte més dramàtic, precisament per aquesta manca de mitjans i capacitat adaptativa, algunes regions ubicades en països desenvolupats, tot i que en menor grau, no deixen ni molt menys de ser vulnerables. Ciutats importants ja sigui per la seva densitat de població, com Boston o Saint-Louis, o pel seu valor cultural com pot ser Venècia, també presenten una gran vulnerabilitat. En un estudi recent de la Universitat de Boston es preveu que sota un escenari mitjà de canvi climàtic gran part del centre històric i del districte financer de la ciutat es poden veure afectats per un increment del nivell del mar. Aquest mateix estudi estima que al llarg d'aquest segle els costos derivats dels danys materials, humans i dels serveis d'emergència per l'increment del nivell del mar i de les inundacions per precipitacions

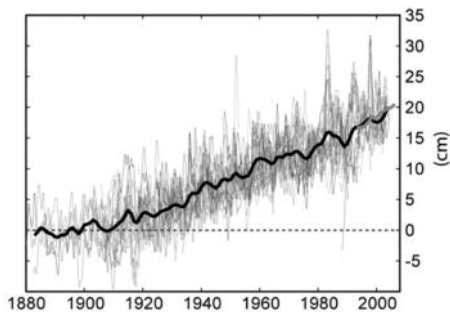


Figura 1: Increment del nivell del mar des del 1880.
Font: IPCC 2007.

extremes podrien suposar al voltant d'uns 94 bilions de dòlars. Precisament aquest últim impacte, associat a l'increment dels fenòmens extrems, és un altre dels efectes del canvi climàtic amb un impacte més gran a escala global. Mentre que en algunes regions es preveu un increment tant en el nombre com en la freqüència de precipitacions extremes, cosa que provocarà un increment del nombre d'inundacions, en altres es preveu una intensitat i severitat més gran de les sequeres, amb l'augment i intensificació dels processos de desertificació en moltes regions del planeta. En el primer cas, els danys materials i humans i l'afectació de la qualitat de l'aigua són les conseqüències més evidents associades a aquest fenomen. Pel que fa a les sequeres, les conseqüències més importants poden ser la dificultat en l'abastiment d'aigua i una significativa disminució de la producció agrícola en les zones que se'n veuran afectades, moltes actualment ja en situació d'estrès hídric i amb greus dificultats d'abastiment alimentari, com és el cas de països com Mali o Níger.

Canvi climàtic en zones de muntanya

Les zones de muntanya són origen i font essencial d'aigua i un component principal en el cicle hidrològic que suposa, mitjançant les reserves de neu i gel, l'origen d'un 50% de l'aigua dels rius de tot el planeta. D'altra banda, les zones de muntanya representen zones úniques per a la detecció del canvi climàtic i l'avaluació dels seus impactes. D'una banda, el fet que el clima variï ràpidament amb l'alçada amb curtes distàncies, fa que la vegetació i la hidrologia també variïn amb aquests gradients altitudinals. Per aquest motiu, les muntanyes exhibeixen una gran biodiversitat, sovint amb transicions abruptes en el tipus de vegetació (ecotons) i en el pas de vegetació i terra a neu i gel. A més a més, els ecosistemes de muntanya sovint són endèmics, ja que moltes espècies romanen aïllades a cotes altes en comparació de les comunitats vegetals de les zones menys elevades, les quals poden ocupar nínxols climàtics més amplis. D'altra banda, el ritme amb el qual s'estan produint aquests canvis s'ha observat que és més elevat en les regions de muntanya que la mitjana observada a escala global (Beniston 2003). Finalment, en les regions de muntanya existeix una forta relació i dependència entre els sistemes físics i socials, ja que, en major mesura que altres regions, aquestes segueixen basant la seva economia en els recursos naturals disponibles (figura 2). Un clar exemple és el turisme d'hivern, sector fortament dependent d'un recurs natural com la neu. En els últims decennis el turisme de neu i muntanya s'ha convertit en una activitat econòmica molt productiva i ha passat a ser una de les principals fonts d'ingressos i de desenvolupament de moltes regions de muntanya, com és el cas d'Andorra. Per aquests motius, les regions de muntanya s'han identificat com a zones altament susceptibles als impactes del canvi climàtic i es presenten com a interessants emplaçaments per a la detecció i l'avaluació dels impactes tant sobre els sistemes hidrològics, ecològics com en els socioeconòmics (Beniston 2003).

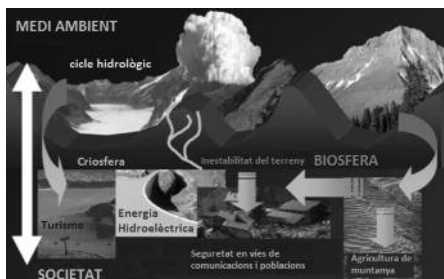


Figura 2: Impactes del canvi climàtic en regions de muntanya. Font: Adaptat de Beniston 2003.

Un augment de la temperatura pot alterar significativament el cicle hidrològic. Els corrents de distribució, l'estacionalitat i la quantitat de precipitacions poden experimentar canvis significatius en diverses regions de muntanya. El canvi climàtic pot conduir a un increment en les taxes d'evaporació i a una proporció més gran de precipitacions en forma de pluja. Les variacions en la quantitat i l'estacionalitat de les precipitacions poden afectar aspectes com la humitat del sòl, les reserves dels aqüífers o la freqüència d'inundacions i sequeres. En moltes regions de muntanya, la neu i el gel són un component clau en el cicle hidrològic i la quantitat i l'estacionalitat de l'escorrentia està estretament lligada als processos criosfèrics. Ja que les regions de muntanya són la font del 50% dels rius del planeta, és probable que el canvi climàtic tingui greus repercussions no només en les mateixes regions de muntanya i la seva biodiversitat, sinó també en regions menys elevades, altament poblades, en les quals el subministrament d'aigua per a usos domèstics, agrícoles, per a la generació d'energia i per a usos industrials depèn fortament dels recursos hidrològics de muntanya. Per tant, les variacions climàtiques tindran un efecte sobre els sistemes econòmics en reduir-ne el subministrament i la qualitat de l'aigua (Beniston 2003). Per exemple, s'estima que la capacitat de producció d'energia hidroelèctrica es podria veure substancialment afectada per l'alteració dels règims hídrics del riu de muntanya. D'altra banda, les glaceres són un valuós indicador del canvi climàtic. A causa de la seva gran sensibilitat, representen una clara evidència de l'escalfament global i del canvi en el règim de precipitacions (Haeberli i Beniston 1998). El volum de gel a les glaceres està determinat pel balanç entre l'acumulació de neu i gel (entrades) i el desgel i la separació de blocs de gel (sortides). Aquests factors estan determinats per la temperatura, la humitat, la velocitat del vent i d'altres factors com el pendent i l'albedo del gel (Fitzbarris et al. 1996). A mesura que augmenta la temperatura mitjana, aquest balanç s'altera. Des del 1850, la superfície de les glaceres dels Alps s'ha reduït entre un 30 i un 40% (figura 3) (Haeberli i Beniston 1998) mentre que la dels Pirineus s'ha vist dramàticament reduïda un 85% durant el mateix període de temps (Serano et al. 2004).



Figura 3: Superfície de la glacera Hornkees al Tirol austríac. (a) 1905 i (b) 2003. Font: Gesellschaft für Ökologische Forschung.

També s'han observat canvis en l'estacionalitat de les acumulacions de neu. En les regions de muntanya temperades, com és el cas d'Andorra, la neu acumulada acostuma a trobar-se propera al punt de desgel, fet que es tradueix en una ràpida resposta davant petits canvis de temperatura. A mesura que l'escalfament global augmenti, regions on les precipitacions acostumen a ser en forma de neu poden experimentar un canvi cap a precipitacions més freqüents en forma de pluja. La resultant variació tant en la quantitat del gruix del mantell nival com en la seva estacionalitat serà un factor crucial no només en la futura disponibilitat d'aigua en les diferents conques hidrogràfiques sinó també en la sostenibilitat del turisme d'hivern, sector clau dins l'economia de moltes regions de muntanya. A més a més, el progressiu increment en la necessitat de generar neu de cultiu com a mesura d'adaptació a la reducció de neu disponible a les estacions d'esquí pot suposar una pressió afegida sobre els recursos hídrics del territori.

Adaptació al canvi climàtic

Així doncs, durant els propers anys serà essencial respondre i poder anticipar-se als potencials canvis futurs causats pel canvi climàtic. Per la mateixa inèrcia del sistema climàtic, encara que des d'ara mateix es reduïssin en la seva totalitat els nivells d'emissió actuals de gasos d'efecte hivernacle, s'estima que les emissions dels darrers anys podrien provocar un increment de la temperatura global d'uns 2 °C a final de segle (IPCC 2007). Per tant, a part de l'adopció de mesures de mitigació, és a dir de reduir les emissions d'efecte hivernacle, principal causant del canvi climàtic d'origen humà, el desenvolupament i la implementació de mesures d'adaptació comença a ser imprescindible tant per part de les administracions públiques com per part del ciutadà de forma individual. Entenem per *adaptació* el procés o acció en un sistema, ja sigui una casa, un grup, una comunitat, un sector o un país, de gestionar de la forma més adequada qualsevol canvi en les condicions, l'estrès o els riscos per tal de minimitzar-ne o reduir-ne els possibles impactes. Les estratègies d'adaptació tenen l'objectiu de reduir la vulnerabilitat del sistema i incrementar-ne la



Figura 4. Font: USA TODAY, 12 de juliol del 2009.

seva resiliència, és a dir, la seva capacitat de fer front i respondre a canvis i pressions externes. En aquest context, l'adopció immediata d'accions encaminades a una millor gestió dels recursos hídrics, basada en una gestió integral i participativa per part de la comunitat i tenint en compte possibles futurs escenaris climàtics i altres pressions com els canvis tecnològics o en els usos del sòl, seran essencials per poder reduir els impactes que les tendències actuals ens estan projectant. Mesures com un millor control i monitoratge dels règims hídrics, una gestió integral de les conques hidrogràfiques, una millora de l'eficiència de la xarxa de distribució (al voltant d'un 40% de l'aigua distribuïda es perd durant el transport) o mesures encaminades a reduir i fomentar l'estalvi són alguns exemples d'accions que si no s'apliquen de forma urgent, eficient i eficaç ens situaran en una conjuntura en la qual el cost de no haver actuat serà molt més elevat i inassumible que el de començar a adaptar-nos-hi de forma progressiva.

Marc Pons i Pons,
màster en sostenibilitat i doctorand a l'Observatori
de Sostenibilitat d'Andorra (OBSA) i a l'UPC

Referències:

- Beniston M., (2003) "Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts." *Climatic Change*. 59, 5-31.
- Chapin F. S., Folke C., Kofinas G. P. (2009) *A Framework for Understanding Change. a Principles of Ecosystem Stewardship: Resilience-based natural resource management in a changing world*. Eds. New York, Springer.
- Fitzharris B. B., Allison I., Braithwaite R. J., Brown J., Foehn P., Haeberli W., Higuchi K., Kotlyakov V. M., Prowse T. D., Rinaldi C. A., Wadhams P., Woo M. K., Youyu Xie (1996) The Cryosphere: *Changes and their Impacts*, al *Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, Capítol 5, Cambridge University Press, pp. 241-265.
- Serrano E., Martínez de Pisón E., Lampre F. (2004) *La desaparición de glaciares pirenaicos españoles. Cambio climático a la vista*. Greenpeace.
- Haeberli W., Beniston M. (1998) "Climate Change and its Impacts on Glaciers and Permafrost in the Alps." *Ambio* 27, 258-265.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kallis G., Videira N., Antunes P., Pereira G., Spash C. L., Coccossis H., Quintana S. C., del Moral L., Hatzilacou D., Lobo G., Mexa A., Paneque P., Mateos B. P., Santos R. (2006) *Participatory methods for water resources planning. Environment and Planning C: Government and Policy* 24 (2): 215-234.
- Martin E., Durand Y. (1998) "Precipitation and Snow Cover Variability in the French Alps". a: Beniston, M. and Innes, J. L. (eds.), *The Impacts of Climate Change on Forests*, Springer-Verlag, Heidelberg/New York, pp. 81-92.