Resum executiu informe OPCC2

El canvi climàtic als Pirineus: impactes, vulnerabilitat i adaptació

Bases de coneixement per a la futura Estratègia d'Adaptació al Canvi Climàtic als Pirineus

Foto de portada: © OPCC

Avís legal
El contingut d'aquesta publicació no reflecteix necessàriament les opinions oficials de l'Observatori Pirinenc del Canvi climàtic o altres institucions de la Unió Europea. Ni l'Observatori Pirinenc del Canvi Climàtic ni cap persona que actuï en nom de l'OPCC és responsable de l'ús que pugui fer de la informació continguda en aquest informe.

Aviso de copyright

Reconeixement-No comercial (CC BY-NC)

Aquesta llicència permet a altres barrejar, ajustar i construir a partir del seu treball per a fins no comercials, i encara que en les seves noves creacions hagin de reconèixer la seva autoria i no puguin ser utilitzades de manera comercial, no han d'estar sota una llicència amb els mateixos termes.

Descarrega l'informe complet i el resum executiu en ES, FR, CAT o A en el portal d'informació de l'Observatori Pirinenc del Canvi Climàtic: https://opcc-ctp.org/

Prefaci 5

1. Antecedent i objectius 6

2. Metodologia 6

3. El clima als Pirineus 7

La variabilitat climàtica en el passat 7
El clima actual 7
Projeccions del clima futur 9

4. Impactes del canvi climàtic als sectors biofísics i recomanacions 11

4.1 Biodiversitat de muntanya: fauna 11
4.2 Biodiversitat de muntanya: flora 13
4.3 Boscos 15
4.4 Ecosistemes sensibles d'alta muntanya 17
4.5 Cicle hidrològic i recursos hídrics 19

5. Impactes del canvi climàtic als sectors socioeconòmics 21

5.1 Turisme 21
5.2 Agricultura i pastoralisme de muntanya 23
5.3 Energia 25
5.4 Riscos naturals 27

6. Conclusions: els deu desafiaments del canvi climàtic als Pirineus 29

1. Preparar la població per afrontar els extrems climàtics 29
2. Augmentar la seguretat en vista dels riscos naturals 29
3. Acompanyar els actors del territori davant l'escassetat hídrica i les sequeres 29
4. Garantir la qualitat de les aigües superficials i subterrànies 29
5. Mantenir l'atractiu turístic dels Pirineus 30
6. Fer front als canvis en la productivitat i la qualitat dels cultius i aprofitar les oportunitats emergents 30
7. Preveure canvis irreversibles del paisatge 30
8. Considerar la possible pèrdua de biodiversitat i els canvis en els ecosistemes 30
9. Adaptar-se als desequilibris entre oferta i demanda energètica 30
10. Fer front a la major difusió de malalties, plagues i espècies invasores 31

Informe sobre el canvi climàtic als Pirineus

Des del seu llançament l'any 2010 sota la presidència de Midi-Pyrénées, l'Observatori Pirinenc del Canvi Climàtic de la Comunitat de Treball dels Pirineus (CTP) ha treballat analitzant la vulnerabilitat al canvi climàtic de les diverses poblacions, sectors socials, econòmics i naturals de l'espai pirinenc transfronterer, a través del desenvolupament de metodologies adequades i sota el prisma de la cooperació.

Durant l'any 2018 i seguint la línia de treball de l'Observatori, la CTP ha elaborat un informe en el qual s'actualitza el coneixement sobre les repercussions del canvi climàtic en el territori pirinenc transfronterer. Aquest informe recull les bases científiques sobre els impactes del canvi climàtic i la seva repercussió en el territori, així com un compendi de recomanacions sectorials d'adaptació formulades en conseqüència. Aquestes bases de coneixement són indispensables per orientar les polítiques en matèria d'adaptació al canvi climàtic de manera més eficaç, per aprofitar les oportunitats emergents i maximitzar les sinergies positives amb altres polítiques sectorials. El seu valor afegit rau sens dubte en l'esperit de cooperació que n'ha marcat tant la concepció com la redacció. Hi han participat prop de 100 científics i experts de referència provinents d'ambdues vessants dels Pirineus. Han col·laborat en la seva redacció així com en els diversos processos de revisió que atorguen a aquest document un ampli consens científic. És necessari recalcar que sense la llarga trajectòria de cooperació, treball en xarxa i projecció internacional amb organismes com la Convenció dels Alps, la Convenció dels Carpats o l'Agència Europea de Medi Ambient, seria impossible crear documents de referència com el present informe. La visió d'aquest informe és la pròpia de l'Observatori, que concep els Pirineus com una única "bioregió" que no entén de límits administratius i que té uns sistemes socioeconòmics i biofísics que presenten una especial vulnerabilitat al canvi climàtic. Les evidències científiques recollides en aquest informe posen de manifest el mateix que altres estudis ja han demostrat en altres territoris: les zones de muntanya estan experimentant augments de temperatura superiors a les zones planes i, per tant, els impactes del canvi climàtic són més intensos. En concret, per als Pirineus ja s'estan observant impactes en tots els sectors naturals i socioeconòmics com la desaparició accelerada d'ecosistemes sensibles i elements iconogràfics com els glaciars; l'alteració del cicle de vida de moltes espècies, entre elles algunes d'endèmiques; la incidència del canvi climàtic en els riscos naturals, en les activitats lligades al turisme, en l'agricultura o els canvis observats en el cicle hidrològic. El canvi climàtic es posiciona com un factor d'estrès afegit que agreuja els problemes ja coneguts en el territori pirinenc com la despoblació, els canvis d'ús del sòl o la falta de relleu generacional en el sector primari. Des de la CTP s'entén la lluita contra el canvi climàtic i l'adaptació als seus impactes com a instruments transversals que ofereixen una multitud d'oportunitats per abordar els desafiaments dels Pirineus, que són a la vegada desafiaments globals. D'aquesta manera, la CTP, des de l'acció local, contribueix a la consecució de l'Objectiu 13, Acció pel Clima, de l'Agenda 2030 de Desenvolupament Sostenible de las Nacions Unides.

D. Francisco Javier Lambán Montañés,
President de la CTP

1. Antecedent i objectius

L'Observatori Pirinenc del Canvi Climàtic (OPCC) és la iniciativa de cooperació transfronterera de la Comunitat de Treball dels Pirineus (CTP) en matèria de canvi climàtic i adaptació. L'Observatori té com a finalitat comprendre millor el fenomen del canvi climàtic i realitzar el seguiment dels seus impactes al territori en connexió amb el canvi global. Amb aquest objectiu, l'Observatori coordina estudis i elabora informes de caràcter cientificotècnic a partir dels quals poder identificar accions d'adaptació. En alguns casos, accions per limitar els impactes negatius del canvi climàtic i, en altres casos, per aprofitar oportunitats emergents.

Tal com reconeix l'Estratègia europea d'adaptació al canvi climàtic de la Comissió Europea (2013), resulta imprescindible disposar d'una base científica sòlida per dissenyar i implementar les mesures d'adaptació més adequades. Per això, des del seu llançament el 2010, l'OPCC ha elaborat diferents informes i estudis en matèria d'adaptació al canvi climàtic als Pirineus. Tanmateix, cada dia la comunitat científica revela noves evidències i afina metodologies d'estudi que ofereixen informació valuosa i que cal incorporar a les bases del coneixement per facilitar així la presa de decisions en matèria d'adaptació.

En el context del projecte OPCC2 s'ha elaborat aquesta nova publicació, que aporta un valor afegit respecte d'informes anteriors. En aquesta ocasió s'han centrat els esforços en assegurar la participació de gran part de la comunitat científica dels Pirineus i en la utilització d'un llenguatge consensuat pels autors.

Els objectius d'aquest informe són:

- Actualitzar les bases del coneixement científic en matèria d'impactes i vulnerabilitat del territori dels Pirineus davant el canvi climàtic, als principals sectors biofísics i socioeconòmics.

- Consensuar, des del punt de vista científic, els principals desafiaments dels Pirineus contra el canvi climàtic.

- Proposar recomanacions sectorials per a l'adaptació al canvi climàtic en un context de canvi global.

L'informe aspira a ser un document de referència per a la comunitat científica, els responsables de decisions tècniques i polítiques, el sector empresarial i, en general, per a tota la societat tant dels Pirineus com de fora. Per a informació més detallada, vegeu l'informe complet.

2. Metodologia

L'"Informe sobre canvi climàtic als Pirineus: impactes, vulnerabilitat i adaptació" s'ha redactat de manera col·laborativa, i s'hi han implicat més de 80 persones expertes en matèria de canvi climàtic. Es divideix en tres capítols, que aborden:

- La variabilitat climàtica passada, actual i projectada als Pirineus.

- Els impactes observats i previstos en sectors biofísics.

- Els impactes observats i previstos en sectors socioeconòmics clau.

La coordinació de l'informe l'ha duta a terme la Comunitat de Treball dels Pirineus com a cap de fila del projecte OPCC2. Els socis del projecte OPCC2 han coordinat i redactat part dels capítols temàtics.

Els continguts s'han redactat a partir d'una metaanàlisi exhaustiva de la literatura científica més recent sobre la matèria.

Els capítols s'han complementat amb aportacions i revisions de persones expertes externes a l'OPCC2, que han contribuït de manera voluntària al procés de revisions successives al que s'ha sotmès l'informe. L'informe també s'ha complementat a través de les comunicacions científiques seleccionades en el 2n Col·loqui internacional sobre canvi climàtic en zones de muntanya, PYRADAPT 2017, organitzat pel projecte OPCC2 i que es va desenvolupar els dies 7 i 8 de novembre de 2017 a Biarritz.

3. El clima als Pirineus

La variabilitat climàtica en el passat

Per entendre el canvi climàtic actual i posar-lo en un context global és imprescindible conèixer l'evolució del clima en el passat. Les interaccions entre l'atmosfera, la hidrosfera i la criosfera operen a escales temporals més grans que les dels mesuraments instrumentals. Gràcies a l'estudi de dipòsits glacials, fluvials i lacustres, entre d'altres, s'han reconstruït els principals canvis climàtics als Pirineus en el passat.

Durant el quaternari (últims 2,6 milions d'anys), la successió de períodes glacials i interglacials ha modelat el paisatge dels Pirineus i ha determinat l'evolució dels seus ecosistemes i, recentment, de les comunitats humanes. Tot i que la successió d'aquests períodes freds i càlids és sincrònica a escala planetària, la màxima extensió de les glaceres pirinenques va succeir fa 60.000 anys, i no fa 20.000 com a la resta d'Europa, amb lleugeres variacions entre valls. Aquesta peculiaritat és deguda a la posició meridional de les glaceres pirinenques i a la interacció entre els processos atmosfèrics i oceànics de l'Atlàntic Nord i els subtropicals.

Durant l'última desglaciació, els canvis en la temperatura mitjana van ser de fins a 6 ºC, amb períodes de canvi climàtic ràpid de més d'1 ºC en unes quantes dècades. Durant l'holocè (últims 11.700 anys), els canvis en temperatura van ser menors, però s'han registrat nombroses fases humides/seques. L'últim mil·lenni es va produir una fase particularment seca i càlida (anomalia climàtica medieval, 900 - 1300 CE) que es podria considerar com el període amb més similituds amb l'actual pel que fa al canvi climàtic.

A aquest període li va seguir la petita edat de gel, última fase freda (1300 - 1850 CE) abans de l'escalfament global en què vivim. La variabilitat climàtica durant els últims dos mil anys està controlada principalment per les interaccions entre els processos atmosfèrics (NAO, Oscil·lació de l'Atlàntic Nord i EA, Atlàntic Est, Oscil·lació de l'Atlàntic Oriental i SCAN, Oscil·lació d'Escandinàvia), els canvis en els corrents oceànics, la insolació i el vulcanisme. Aquestes interaccions poden explicar, a més, els gradients regionals i temporals d'humitat i temperatura.

La taxa d'augment de temperatura durant l'escalfament global del segle XX és superior a la de les transicions glacial/interglacial i als canvis viscuts durant l'holocè. Dit d'una altra manera, la Terra mai no ha experimentat canvis climàtics tan ràpids com els d'ara.

El clima actual

Entre el 1959 i el 2010 la temperatura mitjana als Pirineus ha experimentat un clar augment, tot i que l'escalfament no ha estat ni constant ni regular. Fins al 1980 han predominant les anomalies negatives, amb una tendència al descens de les temperatures. A partir dels anys 80, es va invertir aquesta tendència, amb anomalies positives sistemàticament ascendents fins a l'actualitat. La tendència de l'indicador d'augment de temperatura mitjana anual per al conjunt del període analitzat és positiva i estadísticament significativa, i el seu valor és de prop de 0,2 °C per dècada (figura 1). Aquest augment de la temperatura durant els 50 darrers anys (1959-2010) ha estat general a tota la serralada pirinenca, amb poques diferències entre el vessant nord i el vessant sud, i més marcat durant l'estació estival (juny, juliol i agost).

De tota la sèrie, l'any més càlid va ser el 1997, amb una temperatura mitjana superior en 1,5 °C al valor mitjà del període 1961-1990, seguit dels anys 2003 i 2006. Al contrari, el 1972 va ser el més fred, amb 0,8 °C per sota de la mitjana de referència, seguit dels anys 1963 i 1980.

Pel que fa les precipitacions, s'observa un predomini cap al descens dels volums anuals, sobretot atès el descens durant hivern i estiu. L'indicador climàtic per a la precipitació mostra una tendència a la disminució de les precipitacions de prop del 2,5 % per dècada durant els 50 darrers anys (segons dades de 1959-2010).

Figura 1. Evolució de la temperatura mitjana anual al conjunt dels Pirineus durant el període 1959-2010. Es mostra l'anomalia anual respecte al valor mitjà del període de referència 1961-1990 (en vermell, positiva; en blau, negativa) i l'evolució de la mitjana mòbil per a un període de deu anys (línia negra). Font: Projecte OPCC1

Figura 2. Evolució de la precipitació anual al conjunt dels Pirineus durant el període 1959-2010. Es mostra l'anomalia anual respecte al valor mitjà del període de referència 1961-1990 (en verd si és positiva, en groc si és negativa) i l'evolució de la mitjana mòbil per a un període de deu anys (línia negra). Font: Projecte OPCC1

El valor d'aquesta tendència presenta una gran variabilitat d'any en any, i fins i tot entre dècades. En general, durant les darreres dècades han predominat els anys secs, amb quantitats anuals de precipitació bastant inferiors a la mitjana del període de referència, però amb intermitència d'alguns anys molt plujosos, amb precipitacions, en canvi, per sobre de la mitjana del període. Quant a les diferències territorials, la disminució de la precipitació anual ha estat més gran al vessant sud que al vessant nord, encara que els contrastos no són importants. Tot i que la tendència a la disminució de les precipitacions no presenta un comportament estacional clar ni significatiu en l'àmbit estadístic, sí que resulta lleugerament més marcada a l'hivern i a l'estiu.

L'anàlisi de l'evolució de la capa de neu durant l'últim mig segle presenta complicacions, ja que no existeix una sèrie temporal de dades històriques prou contínua i robusta. Això és perquè la instal·lació i el manteniment instrumental per realitzar els mesuraments necessaris es complica a mesura que s'ascendeix en altura. No obstant això, a partir de les sèrie de dades provinents de la xarxa de balises del vessant sud, s'ha identificat un descens estadísticament significatiu de la capa de neu en aquest sector des del 1950 fins als nostres dies (figura 3).

Figura 3. Evolució del mantell de neu (en metres) al mes d'abril, entre 1959 i 2010, simulat a partir de la relació entre temperatura i precipitació hivernal i l'acumulació de neu en una balisa del Canal d'Izas, Vall d'Aragó . Font: Projecte OPCC1

Projeccions del clima futur

Malgrat les incerteses relacionades amb els escenaris socioeconòmics futurs i les limitacions dels models numèrics ocupats per obtenir les projeccions del clima, els principals models climàtics coincideixen en una intensificació de l'escalfament global les pròximes dècades i de manera especial a les zones de muntanya. Això podria suposar una intensificació de la variabilitat climàtica i de les tendències fins ara identificades en l'evolució de les principals variables climàtiques. Si aquestes projeccions es confirmen, podrien induir efectes significatius en les característiques climàtiques, hidrològiques, ambientals i paisatgístiques de la bioregió pirinenca.

Dels resultats preliminars de les projeccions climàtiques realitzades en el context del projecte CLIMPY (a partir de les dades d'un conjunt de models climàtics globals i combinacions de models climàtics regionals) i considerant els quatre escenaris d'emissions globals (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5; RCP per les seves sigles en anglès, "Representative Concentration Pathways", en què l'RCP2.6 és l'escenari més optimista i l'RCP8.5, el més pessimista), s'ha dut a terme una primera aproximació probabilística de predicció de clima futur que es resumeix a continuació:

- Segons les projeccions realitzades, s'espera un augment significatiu de les temperatures màximes i mínimes diàries, al llarg del segle XXI, sota els tres escenaris emissius analitzats (RCP4.5, RCP6.0 i RCP8.5) (figura 4), en totes les estacions de l'any i a tota la zona pirinenca. Aquest augment seria més ràpid per a l'RCP8.5, en relació amb un escenari emissiu més intens. Les incerteses associades als escenaris RCP i als models climàtics globals van augmentant al llarg del segle.

- Per a l'horitzó 2030, el canvi del valor mitjà anual de les temperatures màximes respecte al període de referència (1961-1990) podria estar, de mitjana per a tota la zona pirinenca, entre 1ºC i 2,7 ºC per a l'RCP8.5. Augments semblants o lleugerament més baixos s'obtenen per a les temperatures mínimes (entre 0,9 ºC i 2,2 ºC per a l'RCP8.5).

- Per a l'horitzó 2050, l'escalfament seria una mica més alt. Per a la temperatura màxima, els intervals anirien de 2,0 ºC a 4,0 ºC i d'1,4 ºC a 3,3 ºC per a les RCP8.5 i 4.5 respectivament, mentre que per a la temperatura mínima serien d'1,7 ºC a 3,3 ºC i de 1,2 ºC a 2,8 ºC.

- Per a finals de segle, els rangs de valors s'amplien encara més, així com la magnitud dels canvis, i

també la separació entre les evolucions associades a les RCP és més clara. Per a la temperatura màxima i per a l'RCP8.5, de mitjana, l'augment anual estaria entre 4,3ºC i 7,1ºC, mentre que per a l'RCP4.5 oscil·laria entre 1,9 ºC i 4,2ºC. Per a la temperatura mínima, els intervals corresponents se situarien entre 3,6 oC i 6.0 ºC, en el primer cas, i 1,6ºC i 3,5ºC en el segon.

● Quant a l'evolució de les precipitacions futures, no s'obtenen canvis significatius al llarg del segle XXI, i se n'aprecia poca influència sobre la seva evolució, almenys respecte als valors mitjans (figura 5). El nombre de models que indiquen augments en les precipitacions mitjanes és similar al nombre de models que en mostren un descens. Les incerteses augmenten a mesura que ens apropem a finals de segle, sobretot en el cas de l'RCP 8.5.

Figura 4. Evolució de l'anomalia mitjana anual de la temperatura màxima (esquerra) i la temperatura mínima (dreta) emprant diferents escenaris RCP. Els nombres entre parèntesis indiquen la quantitat de simulacions climàtiques considerades per a cada RCP. Font: Projecte CLIMPY

Els primers resultats del projecte CLIMPY respecte a l'evolució de l'espessor mitjana de la neu als Pirineus assenyalen un descens significatiu de l'espessor de neu malgrat la forta variabilitat interanual. Així doncs, al Pirineu central, a l'altura de 1.800 m, l'espessor mitjana de neu podria disminuir a la meitat en l'horitzó del 2050 segons la referència actual, mentre que el període de permanència de la neu a terra es reduiria en més d'un mes.

Figura 5. Evolució de l'anomalia mitjana de les precipitacions per a diferents projeccions RCP. Els nombres entre parèntesis indiquen la quantitat de simulacions climàtiques considerades per a cada RCP. Font: Projecte CLIMPY

4. Impactes del canvi climàtic als sectors biofísics i recomanacions

4.1 Biodiversitat de muntanya: fauna

Marmota dels Pirineus a l'estació d'esquí de Panticosa. Font: Etienne Valois

L'escalfament global podria induir canvis en la productivitat i l'abundància de les espècies d'alta muntanya.

Els canvis en la temperatura i els esdeveniments climàtics extrems influeixen en les espècies de muntanya més sensibles. Mentre que algunes espècies són capaces d'adaptar-se, d'altres poden patir alteracions en el seu estat de salut amb efectes negatius en la seva productivitat, i com a conseqüència, també en la seva abundància.

- Algunes espècies d'aus d'alta cota, com la perdiu nival, estan veient alterat el seu estat fisiològic i la seva abundància a causa del canvi climàtic.

- Els amfibis es troben entre els grups de vertebrats més vulnerables al canvi climàtic. S'han constatat descensos poblacionals considerables en les poblacions del tritó pirinenc, coincidint amb els anys amb extrems climàtics com avingudes i sequeres.

El canvi climàtic podria provocar alteracions en el cicle de vida de les diferents espècies i en les interaccions entre elles.

Esdeveniments importants en la vida dels animals com la reproducció, la posta, la migració i la letargia estan modificant el seu calendari a causa de l'augment de les temperatures.

- Les aus migratòries han avançat la seva data d'arribada una mitjana de 0,16 dies a l'any des del 1959.

- Alguns canvis en el cicle de vida de les aus semblen estar relacionats amb les onades de calor, les sequeres i les precipitacions intenses.

- Les últimes dècades s'han registrat avançaments en la data de les primeres observacions de moltes espècies de papallones, i l'augment de les temperatures sembla que n'és la raó principal.

Sovint la fauna respon a l'escalfament global modificant la seva distribució.

Moltes espècies responen al canvi climàtic desplaçant-se cap a zones més altes a la recerca de les condicions climàtiques adequades per al seu desenvolupament. Aquests desplaçaments poden ser molt negatius en les espècies que es troben als marges de la seva àrea de distribució actual, com és el cas de moltes espècies de muntanya.

- S'ha estimat que, els darrers anys, les espècies europees s'han desplaçat una mitjana d'11 m per dècada cap a altituds superiors a causa de l'escalfament global.

- Els desplaçaments ascendents estan limitats pel mateix límit físic de les muntanyes però, a més, es veuen sovint limitats per la fragmentació de l'hàbitat i els canvis en els usos del sòl.

- Algunes espècies podrien quedar progressivament aïllades en les petites àrees restants d'hàbitat adequat, amb la qual cosa augmentaria la seva vulnerabilitat i fins i tot el seu risc d'extinció, atesa l'escassetat d'aliments i la variabilitat genèrica cada vegada menor de les seves poblacions.

L'efecte combinat dels impactes del canvi climàtic pot incidir negativament en el funcionament dels ecosistemes.

Sovint les espècies de muntanya responen de manera molt diferent de l'acció combinada dels impactes del canvi climàtic. Això pot provocar la pèrdua de sincronia entre algunes espècies que depenen les unes de les altres, com les plantes i els insectes pol·linitzadors, o els depredadors i les seves preses. Si aquestes interaccions clau entre espècies es veuen modificades, poden provocar alteracions considerables en alguns processos fonamentals per a la salut dels ecosistemes de muntanya.

- El canvi climàtic podria estar tenint efectes negatius en la capacitat dels insectes pol·linitzadors per pol·linitzar les plantes, amb greus repercussions en els ecosistemes.

- L'efecte de la desincronització està afectant aus migratòries, com el cucut, i moltes espècies de papallona, entre d'altres,

El canvi climàtic podria incrementar el risc d'expansió d'algunes espècies exòtiques i d'altres de nocives ja presents.

El canvi climàtic podria incrementar el risc d'invasions i d'establiment d'espècies exòtiques als Pirineus, facilitant-ne el transport i el posterior assentament gràcies a l'establiment de condicions climàtiques favorables. D'altra banda, algunes espècies plaga es poden veure afavorides gràcies als hiverns més suaus.

- Les espècies exòtiques s'adapten millor a les ràpides variacions climàtiques en comparació amb la majoria de les espècies natives.

- El desplaçament de les espècies natives cap a cotes més altes a causa del canvi climàtic sovint disminueix la competència, la qual cosa proporciona avantatges per a les espècies nouvingudes.

- Algunes espècies plaga, com la processionària del pi, ja estan proliferant més i estan arribant fins a més altura a causa del canvi climàtic.

El moviment d'animals i plantes a la recerca de condicions climàtiques adequades podria influir en la connectivitat dels espais naturals pirinencs.

Algunes àrees protegides, que fins ara es trobaven interconnectades a través de corredors naturals o artificials, és probable que resultin aïllades per a certes espècies que no tolerin les noves condicions climàtiques dels corredors.

- Els efectes del canvi climàtic en la interconnectivitat podrien ser especialment notables en espais protegits amb presència d'espècies endèmiques amb poca capacitat de dispersió o molt especialitzades.

- El desplaçament d'animals i plantes a la recerca de condicions climàtiques idònies pot fer que es desplacin cap a zones ubicades fora de les àrees actualment demarcades com a protegides, la qual cosa n'augmenta la seva vulnerabilitat contra moltes amenaces.

RECOMANACIONS:

Promoure noves xarxes d'observació de la biodiversitat d'alta muntanya i incentivar-ne la dinamització, així com assegurar el manteniment a mitjà i llarg termini de les xarxes d'observació ja existents.

● Promoure la integració de les consideracions sobre l'adaptació al canvi climàtic en els plans i els programes actuals i altres eines de planificació i protecció de la biodiversitat als Pirineus.

● Limitar la fragmentació dels hàbitats i garantir, en la mesura possible, la connectivitat ecològica progressiva de les àrees protegides dels Pirineus.

● Impulsar estudis que combinin els factors climàtics i els riscos antròpics.

● Promoure la col·laboració i l'intercanvi d'informació entre els organismes competents en tots els sectors involucrats.

4.2 Biodiversitat de muntanya: flora

Androsace ciliata DC., planta endèmica dels Pirineus. Font: CBNPMP/C. Bergès

L'escalfament global altera el creixement i provoca canvis en la productivitat de moltes espècies de flora.

Els canvis en els diferents paràmetres climàtics i l'augment de la concentració atmosfèrica de CO_2 influeixen en la fotosíntesi i tenen efectes sobre el creixement i el desenvolupament de tota la vegetació.

● La resposta de les plantes de muntanya a les condicions extremes les pot portar a situacions crítiques si aquestes condicions s'accentuen a causa del canvi climàtic i si, a més, arriben noves espècies més competitives.

● Paradoxalment, la menor cobertura de neu provocada pel canvi climàtic redueix l'efecte aïllant durant l'hivern, i sotmet la flora dels cims a temperatures extremes.

El canvi climàtic provoca canvis en el cicle de vida de moltes plantes d'alta muntanya.

El canvi climàtic està provocant canvis en les diferents etapes de la vida de les plantes, com l'avançament de l'aparició dels primers brots a la primavera o la durada més llarga del període de creixement.

L'acció combinada del canvi climàtic i l'activitat humana és capaç d'alterar la distribució, la composició florística i la diversitat de la vegetació en alta muntanya.

Segons estudis realitzats en altres muntanyes, l'efecte combinat del canvi climàtic i l'acció de l'home està provocant canvis en la distribució de les diferents espècies, alterant la composició característica de les comunitats de muntanya, disminuint-ne la diversitat i afavorint l'acceleració del procés termofilització.

- S'ha detectat una tendència general cap a un augment del nombre d'espècies amb necessitat de calor, en detriment del nombre d'espècies amb necessitat de condicions més fredes (fenomen anomenat "termofilització").

- A les zones més elevades, habitades per espècies especialistes i adaptades al fred, els canvis de distribució podrien portar a la seva extinció local a causa de la desaparició progressiva de les condicions adequades per al seu desenvolupament.

La suma dels factors climàtics i antròpics podria desencadenar canvis en la flora pirinenca, fins al punt de posar en perill la seva capacitat de proporcionar importants béns i serveis.

L'alteració de la composició, el cicle de vida i la distribució de la flora, en combinació amb els canvis d'usos del sòl i altres factors d'estrès d'origen humà, poden generar alteracions en els ecosistemes que posin en risc serveis ecosistèmics clau com la preservació d'espècies i ecosistemes sensibles, el manteniment de la continuïtat ecològica, els valors educatius i científics de la flora típica de muntanya o l'atractiu turístic del territori.

RECOMANACIONS:

- Reconsiderar els objectius de gestió en consideració als nous desafiaments climàtics, però amb la dificultat de la manca de certesa respecte als escenaris (precipitació en particular), des d'una perspectiva panpirinenca.

- Reduir a escala local les pressions d'origen humà que puguin limitar la capacitat de la biodiversitat a adaptar-se al canvi climàtic i global (fragmentació dels ecosistemes, introducció d'espècies, contaminació genètica...).

- Reconèixer i millorar les funcions dels espais protegits pirinencs i la continuïtat entre ells.

- Preservar les zones identificades com a «refugis», amb especial atenció a aquelles zones on es desenvolupin poblacions d'espècies rares o amenaçades, així com les zones menys susceptibles de veure's afectades pel canvi climàtic.

- Reforçar els dispositius de monitoratge existents (finançament a llarg termini) i posar-ne en marxa altres de nous (evolució de la diversitat genètica).

4.3 Boscos

Bosc pirinenc. Font: Forespir

L'escalfament global i els canvis en els usos del sòl estan modificant la diversitat i la distribució de moltes comunitats vegetals i espècies forestals als Pirineus.

La combinació del canvi climàtic i l'abandonament progressiu de l'agropastoralisme de muntanya estan alterant la composició i l'estructura dels boscos pirinencs. Tanmateix, hi ha una forta variabilitat espacial i temporal en aquests processos i els canvis no sempre segueixen els patrons establerts.

- Els 50 darrers anys s'ha observat, al vessant sud dels Pirineus, un desplaçament total en altura del límit del bosc de 35 metres, és a dir, una mica més de mig metre per any.

- L'abandonament progressiu de l'activitat agropastoral de muntanya combinat amb els efectes del canvi climàtic, està provocant les boscos recolonitzin les zones de pastura abandonades.

El canvi climàtic pot tenir efectes en la productivitat dels boscos i en la seva capacitat per fixar el CO_2 atmosfèric a través de la fotosíntesi.

L'augment de temperatures mitjanes, juntament amb la concentració de diòxid de carboni en l'atmosfera, provoca un efecte fertilitzant en els arbres.

A les zones dels Pirineus on la disponibilitat d'aigua sigui suficient, la productivitat dels boscos podria augmentar com a conseqüència del canvi climàtic. Tanmateix, és probable que el nombre més alt d'onades de calor i sequeres previstes per a les pròximes dècades limiti la disponibilitat d'aigua en el sòl, la qual cosa reduiria tant la productivitat com l'estat de salut de molts boscos pirinencs. L'augment dels fenòmens extrems (tempestes, incendis) i la major prevalença de plagues podrien influir negativament en la capacitat dels boscos per actuar com a embornals de carboni.

- Si l'estat de salut dels boscos empitjora, la seva capacitat de créixer també ho fa i, com a conseqüència, també la seva capacitat per segrestar CO_2 atmosfèric i contribuir a la mitigació del canvi climàtic.

- La gestió forestal i el sector fuster juguen un paper important en l'atenuació dels efectes del canvi climàtic, ja que ajuden a millorar l'estat de salut dels boscos augmentant així la seva resiliència al canvi climàtic.

Alteració de les condicions de salut dels boscos i possible desequilibri amb les comunitats d'agents patògens.

Els esdeveniments climàtics extrems com la sequera, les pluges extremes i les onades de calor, entre d'altres, influeixen en l'estat de salut dels boscos. A més, cal sumar-hi l'efecte d'agents patògens sobre aquestes masses forestals, tenint en compte que estan arribant, i es preveu que n'arribin més, noves plagues d'espècies exòtiques.

- Els vint darrers anys s'ha detectat un augment de la pèrdua de fulles i de la mortalitat de les branques de la part superior de les copes dels arbres dels Pirineus.

- També s'ha observat una incidència de plagues més alta als boscos, coincidint amb els anys en què hi va haver sequeres, onades de calor i precipitacions extremes. Amb l'arribada de plagues exòtiques es preveu que puguin aparèixer noves malalties amb efectes potencialment negatius en la salut dels boscos pirinencs.

El canvi climàtic podria influir sobre la capacitat dels boscos per protegir-nos d'alguns riscos naturals típics de les zones de muntanya.

Els boscos en zones de muntanya exerceixen un paper fonamental a l'hora de protegir la població i les infraestructures contra els riscos naturals, com les avingudes, els despreniments o les allaus, entre d'altres. Aquest paper es podria veure afectat pels impactes del canvi climàtic en les masses forestals.

- Els canvis en la composició i l'estructura dels boscos induïts pel canvi climàtic influeixen en la seva capacitat per reduir l'impacte de fenòmens naturals.

- Les sequeres i les onades de calor, juntament amb l'expansió d'algunes plagues forestals, poden influir en l'estat de salut dels boscos i, per tant, reduir la seva capacitat per protegir-nos contra els riscos naturals accentuats pel canvi climàtic.

El canvi climàtic podria incrementar el nombre i la intensitat dels incendis forestals als Pirineus.

L'increment de la temperatura i, sobretot, la major durada i intensitat de les sequeres podrien derivar en un risc més alt que es produeixin grans incendis als Pirineus.

- En augmentar la disponibilitat del combustible (més fusta seca), els incendis podrien ser més intensos.

- El major nombre d'anys amb alta freqüència d'onades de calor i sequeres podria augmentar la freqüència d'anys amb alt risc d'incendis, sobretot a l'estiu i la tardor.

RECOMANACIONS:

- Millorar els coneixements a escala pirinenca dels efectes i els impactes del canvi climàtic als boscos (en particular, els més vulnerables a mitjà i curt termini) i els processos d'adaptació (naturals o antròpics).

- Mantenir i desenvolupar activitats agrícoles, pastorals i silvícoles a les zones de muntanya, ja que garanteixen una gestió sostenible d'aquests mitjans amb múltiples efectes: disminució del volum i de la continuïtat dels combustibles, mosaic d'hàbitats més resilient en conjunt, limitació de riscos i creixement de la resiliència dels boscos en cas d'accidents sanitaris o climàtics.

- Afavorir la transmissió de coneixements i avanços tècnics i científics a destinació de públics no especialistes.

4.4 Ecosistemes sensibles d'alta muntanya

Estany d'Acherito. Font: Jon Larrañaga

Els impactes previstos als llacs i torberes dels Pirineus deguts a la variabilitat climàtica se superposen als causats per les activitats antròpiques (deposició de metalls pesants, introducció de peixos, augment de l'aportació de nutrients i sediments, usos hidroelèctrics i pasturatge).

Les sequeres i el canvi en el règim de les precipitacions podrien provocar alteracions en el cicle hidrològic i, per tant, modificar la quantitat d'aigua disponible als llacs d'alta muntanya.

La major freqüència i intensitat de les sequeres, juntament amb el canvi en la distribució de les precipitacions, podria disminuir considerablement la disponibilitat d'aigua als ivons durant algunes estacions de l'any (especialment durant l'estiu i la tardor).

Els canvis en el règim hidrològic, juntament amb l'augment de les temperatures, poden modificar les condicions físiques i químiques dels llacs, amb conseqüències negatives per a les comunitats vegetals i animals.

L'augment de les temperatures provoca l'escalfament directe de l'aigua dels llacs i redueix la durada de la coberta de gel i la capa de neu que els envolta.

- És esperable que els llacs profunds responguin més lentament als canvis físics, químics i biològics atesa la seva mida més gran i la major inèrcia tèrmica (s'escalfen i es refreden més a poc a poc que els llacs menys profunds).

- L'augment de temperatura pot afectar al règim tèrmic i la dinàmica dels llacs, a més d'alterar la composició química de les aigües (augment alcalinitat), augmentar la concentració de nutrients i incidir en l'abundància de determinades comunitats de flora i fauna típiques d'aquests ambients, sovint úniques.

Els efectes del canvi climàtic podrien accelerar el procés de degradació de les torberes pirinenques, així com reduir-ne la superfície inundada.

L'augment de la variabilitat de les precipitacions en alta muntanya podria incrementar la freqüència i la intensitat de les sequeres i les inundacions, amb possibles canvis en les àrees inundades de les torberes.

- Un augment a les pluges torrencials podria incidir en un augment de la taxa d'erosió de les torberes, que a més podria es veure amplificat pel drenatge d'aquestes i l'efecte de la sobrepastura localitzada en àrees limítrofes als ivons.

El canvi climàtic podria invertir el rol actual de les torberes com a embornals de carboni i convertir-les en emissores de CO_2 en lloc de captadores

L'augment de les temperatures i la reducció de la seva superfície inundada podria accelerar el procés de descomposició de la torba i, com a conseqüència, incrementar les emissions de CH_4 i CO_2, principals gasos responsables de l'escalfament global.

- Això suposaria que, en lloc de ser ecosistemes "embornals" de CO_2 com en l'actualitat, podrien revertir aquest important servei ecosistèmic i convertir-se en "emissors" de CO_2.

RECOMANACIONS:

- És important continuar analitzant les tendències recents i els canvis futurs als llacs i torberes d'alta muntanya des d'un punt de vista que inclogui tant els factors climàtics com els antròpics, tant a escala global (deposició de nutrients, contaminació) com a escala local (efectes del turisme específic de cada zona).

- Establir i mantenir xarxes d'observació i monitoratge detallat d'aquests ecosistemes i promoure al seu si projectes integrats amb la participació de tots els agents del territori.

- Potenciar un turisme ecològic amb el mínim impacte en espais protegits i la màxima integració de la ciutadania en la seva conservació.

- Oferir incentius per a l'adequació de les empreses de turisme de muntanya als objectius de conservació sostenible i maneig d'aquests ecosistemes.

4.5 Cicle hidrològic i recursos hídrics

Embassament de Bubal. Font: Etienne Valois

El canvi climàtic podria provocar canvis en els rius i llacs dels Pirineus, i especialment en l'aportació anual dels rius.

El canvi climàtic ha generat canvis en les aportacions mitjanes anuals de molts rius dels Pirineus les últimes dècades. Tanmateix, aquests canvis s'atribueixen tant a causes climàtiques com a canvis en els usos del sòl i de la coberta vegetal, de manera que resulta complicat quantificar la influència de cada factor per separat.

- A la conca de l'Ebre s'han detectat descensos significatius del cabal anual en més del 50 % de les estacions d'aforament estudiades entre el 1950 i el 2010.

L'escalfament global també podria estar generant canvis en el règim mensual dels rius.

- El descens de l'acumulació hivernal de neu, a causa de les temperatures més altes i el menor nombre de precipitacions en forma de neu, està provocant un augment dels cabals durant l'hivern.

- En canvi, la freqüència i la intensitat més altes de les sequeres estan provocant la disminució dels cabals dels rius a l'estiu i la tardor.

- L'acumulació de neu per sota dels 1.500 m podria arribar a reduir-se en un 78 % l'últim quart del segle XXI.

El canvi climàtic també podria incidir en la qualitat i la quantitat de les aigües subterrànies.

- Els aqüífers superficials i poc profunds són especialment sensibles als canvis en les condicions climàtiques.

- És previsible que els canvis en el balanç hídric abans esmentats influeixin també en la recàrrega i la descàrrega dels aqüífers, la qual cosa podria causar escassetat d'aigua a les zones sense prou capacitat d'embassament.

- La recàrrega dels aqüífers podria disminuir fins a un 20 % en algunes zones de la serralada a mitjan segle. Això podria suposar una reducció del cabal de molts brolladors.

L'augment de les temperatures i els canvis en el cicle de l'aigua induïts pel canvi climàtic poden alterar les característiques físiques i químiques de les aigües pirinenques i influir en la seva qualitat.

Les sequeres i els períodes d'estiatge més llargs tenen un efecte directe en la composició química de les aigües, ja que en disminuir la quantitat d'aigua augmenta la concentració a què es troben els contaminants, i per tant disminueix la qualitat de les aigües. D'altra banda, la freqüència i la intensitat més altes de riuades i avingudes podria desembocar en un increment de les aportacions de nutrients i substàncies contaminants d'origen humà als rius. Aquesta estreta relació entre la qualitat (química i ecològica) i el cabal ha estat plenament reconeguda i integrada en la Directiva marc de l'aigua europea.

- La combinació de baixos caudals i la presència de substàncies tòxiques que afecten les comunitats biològiques aquàtiques està provocant problemes estructurals i funcionals en els ecosistemes fluvials.

Els diversos impactes del canvi climàtic en les masses d'aigua poden desencadenar efectes greus en la composició biològica de les masses d'aigua.

A mesura que els rius i rierols esdevenen més càlids, els peixos d'aigües càlides desplacen els peixos d'aigües més fredes del seu hàbitat.

- Com a conseqüència del canvi climàtic, s'ha constatat una redistribució generalitzada de diferents espècies de les aigües continentals cap a altituds més elevades.

- El canvi climàtic també està afectant les comunitats d'algues i, en general, la productivitat de les aigües a causa de la major concentració de nutrients, temperatures més altes i un major nombre d'hores de llum en el cas dels llacs d'alta muntanya.

RECOMANACIONS:

- Per abordar els reptes del canvi climàtic en relació amb els recursos hídrics cal adoptar una visió integradora de la gestió del territori que replantegi la distribució territorial de l'ús de l'aigua.

- Quant a les llacunes de coneixement, caldrà reorientar els estudis de l'impacte del canvi climàtic en el cicle hidrològic dels Pirineus perquè considerin la serralada en la seva totalitat, integrant ambdós vessants a una mateixa unitat.

- També cal promoure el desenvolupament i el manteniment de xarxes de seguiment del canvi climàtic, incloent-hi indicadors que facilitin el seguiment i la caracterització de l'impacte del canvi climàtic sobre el balanç hidrològic.

5. Impactes del canvi climàtic en els sectors socioeconòmics

Esquí de fons al Pirineu aragonès. Font: Mikel Ortega

5.1 Turisme

El canvi climàtic i els seus efectes en la durada de la capa de neu podrien desembocar en la reducció de l'atractiu turístic hivernal d'algunes estacions d'esquí als Pirineus.

Les últimes dècades ha disminuït el nombre de dies esquiables (dies amb una acumulació de neu de 30 cm, suficient per poder esquiar amb normalitat a les estacions d'esquí). A més, la línia d'acumulació de la neu també ha pujat progressivament a cotes superiors. La producció de neu artificial a gran escala com a mesura d'adaptació, a més de posar en risc la rendibilitat econòmica de les estacions d'esquí, comporta una sèrie d'externalitats ambientals que també cal considerar, especialment en un escenari futur de més escassetat de recursos hídrics

- Entre el 1960 i el 2010, el nombre de dies a l'any amb un gruix de la capa de neu inferior a 30 cm ha augmentat notablement a totes les estacions d'esquí i a totes les cotes, però especialment a les estacions a baixa cota (del 5 al 70 % a les estacions a cotes baixes i del 4 al 20 % a les estacions a cotes mitjanes).

- També s'ha anat retardant progressivament la data d'inici de la temporada d'esquí (en consideració a la disponibilitat de neu natural), amb retards d'entre 5 i 55 dies a les estacions a baixa cota i entre 5 i 30 dies a les estacions a cotes mitjanes.

El canvi climàtic podria tenir efectes irreversibles en alguns elements iconogràfics del paisatge pirinenc.

El canvi climàtic pot desencadenar canvis importants en el paisatge, derivats de l'acceleració del procés de degradació d'alguns elements iconogràfics del paisatge d'alta muntanya, com les torberes, les glaceres i els ivons, entre d'altres.

- Els canvis en la composició i la distribució de la flora i la fauna dels ecosistemes d'alta muntanya podrien contribuir a la reducció de l'atractiu visual d'alguns paisatges típics dels Pirineus.

- Des del 1984 fins al 2016 han desaparegut més de la meitat de les glaceres pirinenques comptabilitzades el 1984 i les que hi queden han vist minvada considerablement la seva massa i superfície, que es troba en un estat accelerat de retrocés.

La influencia del cambio climático en los principales riesgos naturales puede afectar particularmente a la integridad de las infraestructuras turísticas y seguridad de los turistas.

La influència del canvi climàtic en els principals riscos naturals pot afectar particularment la integritat de les infraestructures turístiques i la seguretat dels turistes.

- Les inundacions sobtades o avingudes provocades per la freqüència més alta de precipitacions intenses i els corriments i esllavissades de terra lligats a l'augment dels cicles de gel i desglaç podrien ser els elements més crítics per al sector.

L'escalfament progressiu i, en particular, les temperatures més suaus a la tardor i la primavera podrien derivar en una prolongació de l'estació del turisme de muntanya als Pirineus.

L'extensió de l'estació estival i l'ocurrència de temperatures tendencialment més suaus a la primavera i la tardor, juntament amb l'ascens de les temperatures mínimes, podria suposar un increment de l'elecció de les destinacions turístiques de muntanya en detriment d'altres destinacions menys confortables a causa de les altes temperatures.

RECOMANACIONS:

- Readaptar els models de desenvolupament turístic per potenciar la resiliència del sector en vista a la probable disminució del nombre de dies esquiables i la major pressió ambiental de la seva activitat; així mateix, potenciar les oportunitats emergents per al turisme de naturalesa i muntanya (concepte d'estacions de muntanya).

- Reduir la vulnerabilitat de les infraestructures turístiques al possible increment d'esdeveniments hidrològics, geològics i climàtics extrems, i assegurar la integritat física dels turistes.

- Promoure una gestió equilibrada dels recursos hídrics al sector turístic, amb especial atenció a les conques alimentades per aigua de pluja.

- Assegurar la integritat física de les persones davant els riscos hidrometeorològics i climàtics que es puguin veure agreujats pel canvi climàtic (avingudes, onades de calor, empitjorament de la qualitat de l'aire, de l'aigua i degradació del permafrost).

5.2 Agricultura i pastoralisme de muntanya

"Colors d'estiu" a Andorra. Font: Soraya Cristina

El canvi climàtic pot tenir impactes tant positius com negatius en el sector agrícola dels Pirineus.

La disminució dels dies amb gelades i l'increment de les temperatures mitjanes podria afavorir alguns cultius d'àmbit més mediterrani. En canvi, els cultius de secà es podrien veure afectats negativament per la menor disponibilitat d'aigua.

- S'ha estimat que el nombre de dies amb gelades als Pirineus ha disminuït prop de 0,3 dies per dècada durant el període comprès entre el 1985 i el 2014.

- Cultius com la vinya o l'olivera es podrien veure beneficiats en zones de muntanya per l'escalfament global.

- Els esdeveniments meteorològics extrems cada vegada més freqüents com les gelades tardanes, les onades de calor i les sequeres podrien revertir part d'aquests efectes positius.

És molt probable que la menor disponibilitat d'aigua, els canvis en el calendari dels cultius i l'increment del risc de danys per esdeveniments climàtics extrems facin que en conjunt disminueixi la productivitat dels cultius.

- El canvi climàtic ha estat considerat com un dels principals factors associats a l'estancament del rendiment dels cultius de cereals, malgrat els continus progressos tecnològics.

- La floració del blat s'ha anticipat una mitjana de 0,3 dies per any entre el 1985 i el 2014.

- A causa de les onades de calor estivals dels anys 2003 i 2010, s'estima que hi va haver un 20 % més de pèrdues respecte a la mitjana d'altres anys.

El canvi climàtic podria afavorir l'expansió d'algunes plagues i malalties dels cultius.

La major susceptibilitat a les malalties causada per les condicions d'estrès climàtic pot propiciar una variació en els patrons de distribució i difusió de les actuals plagues i malalties dels cultius, així com augmentar el risc d'expansió de noves malalties.

- Les noves condicions climàtiques podrien crear zones climàticament idònies per a l'expansió de noves plagues prèviament introduïdes des de zones més càlides.

- Els esdeveniments climàtics extrems indueixen estats d'estrès en els cultius, i n'augmenten la sensibilitat a l'atac de plaga i malalties.

Les noves condicions climàtiques poden influir en la productivitat i la qualitat de les pastures dels Pirineus.

Sempre que les sequeres a l'estiu i la tardor no siguin severes, l'increment de les temperatures i la major concentració de CO_2 atmosfèric poden tenir un efecte fertilitzant en les pastures d'alta muntanya i augmentar-ne la productivitat. Tanmateix, aquest fenomen podria incidir en la composició del farratge i, per tant, en la seva qualitat com a aliment per al bestiar.

- S'ha demostrat que, després de sequeres molt intenses durant la temporada estival, és molt difícil la recuperació del rebrot de les pastures a la tardor.

- L'increment de les concentracions de CO_2 atmosfèric també té efectes negatius en les pastures, ja que n'alteren la composició. També les sequeres i les onades de calor tenen efectes negatius en les pastures, atès que les torna menys desitjables i digeribles pel bestiar.

Una altra conseqüència del canvi climàtic en les pastures inclou l'alteració de la composició florística de les comunitats de les pastures i de la seva diversitat d'espècies.

- El canvi climàtic està propiciant l'expansió d'algunes espècies herbàcies i d'arbustos que són molt competitives i desplacen la resta d'espècies, la qual cosa provoca una pèrdua de diversitat florística.

- El canvi climàtic està actuant en sinergia amb l'actual tendència de degradació dels agroecosistemes i l'abandonament progressiu de l'agropastoralisme d'alta muntanya en moltes zones dels Pirineus.

L'increment de les temperatures mitjanes i les onades de calor influeixen de manera directa en l'estat de salut i benestar dels animals.

Les altes temperatures afecten els animals reduint la ingesta d'aliments, de manera que n'alteren l'estat de nutrició i rendiment productiu. Això podria incidir en el rendiment econòmic d'algunes explotacions ramaderes intensives de muntanya mitjana.

- És altament probable que en el futur les situacions d'estrès tèrmic per al bestiar siguin més freqüents i intenses també als Pirineus.

Les noves condicions climàtiques podrien augmentar la difusió i prevalença de malalties del bestiar.

El canvi climàtic, juntament amb la major mobilitat de béns i persones, és el principal factor implicat en la major aparició i difusió de malalties del bestiar i dels seus vectors de difusió.

- Malalties originàriament tropicals, com la llengua blava, s'han expandit progressivament al vessant nord els últims anys, en part a causa del canvi climàtic.

RECOMANACIONS:

- Reduir les incerteses sobre els majors riscos, els possibles efectes negatius i les futures pressions sobre els ecosistemes agropastorals dels Pirineus.

- Incrementar la resiliència dels sistemes agropastorals de muntanya davant les pressions del canvi climàtic.

- Afavorir mesures de gestió del sector que garanteixin un ús sostenible dels recursos hídrics en el marc d'una gestió integral.

- Potenciar els sistemes de vigilància d'organismes patògens i malalties emergents del bestiar i els cultius.

- Limitar l'abandonament del sector i incentivar-ne la diversificació i modernització en consideració als desafiaments del canvi climàtic i global.

5.3 Energia

Estany De Cavallers, Pirineus

L'impacte del canvi climàtic en el cicle hidrològic pot afectar la capacitat de les centrals hidràuliques per produir energia en alguns períodes de l'any.

El canvi en el règim de les precipitacions i la modificació del calendari del desglaç incideixen en la capacitat d'acumulació dels embassaments destinats a la producció d'energia hidràulica.

- Les sequeres dels anys 2003, 2005, 2007 i 2012 van provocar disminucions considerables de la producció d'energia hidràulica tant a la conca de l'Ebre com a la de l'Alta Garona.

- La fusió anticipada de la neu, a causa de les altes temperatures, està anticipant el pic primaveral del cabal dels rius pirinencs. Aquesta situació sovint provoca que s'ultrapassi la capacitat d'acumulament de molts embassaments durant les èpoques de pluja.

La producció d'energia solar es podria veure afavorida en el futur per un increment de l'índex de la irradiació solar a tota la serralada pirinenca.

Els canvis previstos en la nuvolositat i el contingut de vapor d'aigua atmosfèric causats pel canvi climàtic podrien derivar en un increment de la radiació solar total, amb efectes positius en la producció d'energia d'origen solar.

- La capacitat potencial de producció d'energia fotovoltaica podria augmentar en un 10 % a mitjan segle respecte a la capacitat actual.

- No obstant això, aquest increment es podria veure alterat per l'increment de les temperatures, que afecta negativament els sistemes fotovoltaics, i pels danys causats per esdeveniments meteorològics extrems.

La producció d'energia eòlica es podria veure negativament afectada en les pròximes dècades a causa del canvi climàtic.

Els canvis previstos en el patró dels vents i l'esperada reducció de la seva velocitat mitjana a la superfície (fins a un 9 % més lents) podria reduir el potencial de producció d'energia eòlica en prop de -1 MWh/dia respecte als valors actuals durant el transcurs d'aquest segle.

És previsible que la demanda estacional d'energia varïi considerablement les pròximes dècades atès l'augment de les temperatures mitjanes i les onades de calor.

Els hiverns cada vegada més suaus i els estius més calorosos i marcats per les onades de calor han provocat canvis en l'estructura de la demanda energètica per a calefacció i refrigeració.

- És molt probable que els propers anys augmenti la demanda energètica per cobrir les necessitats creixents de refredament a l'estiu (pics de demanda).
- A més, aquest augment de demanda podria coincidir amb el moment en què la capacitat de generar energia hidroelèctrica és més baixa a causa de les sequeres típiques dels mesos d'estiu i de la demanda creixent d'aigua per a altres usos (agricultura i consum humà).
- Si les onades de calor es fan cada vegada més freqüents i intenses com preveuen els models principals, els pics de demanda durant l'estiu es podrien aguditzar i generar problemes de proveïment i conflictes amb el sector agrícola.

Les infraestructures de producció i transport d'energia es podrien veure afectades per l'increment previst dels riscos naturals.

Moltes de les infraestructures energètiques i sistemes de transmissió i transformació d'energia en ambdós vessants dels Pirineus estan particularment exposades als riscos climàtics i als riscos naturals induïts o potenciats per aquests.

RECOMANACIONS:

- Diversificar les fonts d'energia prioritzant les fonts d'energies renovables.
- Fomentar la transició a un model de generació d'energia renovable i distribuïda en substitució al model de producció centralitzada actual.
- Optimitzar l'ús de recursos hídrics en la producció d'energia hidroelèctrica i termoelèctrica.
- Adequar la gestió del sector energètic a les possibles variacions de la demanda.
- Fomentar l'ús racional de l'energia en tots els sectors socioeconòmics dels Pirineus, en especial durant els pics d'afluència turística.
- Aprofundir sobre les potencials limitacions del sistema energètic actual en vista dels desafiaments climàtics.
- Assegurar una bona capacitat de resposta i recuperació de la xarxa de distribució en vista d'esdeveniments climàtics extrems.

5.4 Riscos naturals

Estany Gerbert

És altament probable que els Pirineus pateixin un augment dels fenòmens meteorològics extrems.

Tot i que l'evolució més ben documentada és la de les onades de calor, és molt probable que les sequeres, les pluges intenses i les onades de fred també augmentin la freqüència i intensitat durant les pròximes dècades, mentre que les calamarsades augmentin només la intensitat.

L'escalfament global podria influir en la freqüència i la intensitat d'inundacions i crescudes.

El canvi en el règim de les precipitacions, juntament amb l'avançament en el calendari del desglaç primaveral, podrien provocar tant un augment del nombre d'inundacions com un increment de la seva intensitat en les pròximes dècades. Si bé és cert que no hi ha una tendència clara per a tot el territori atesa la quantitat de factors en joc, en particular l'augment de la massa forestal i els canvis en els usos del sòl podrien estar emmascarant aquesta tendència.

- Les últimes dècades, les inundacions de caràcter "extraordinari" han estat més freqüents en bona part dels Pirineus, tot i que els danys provocats per aquestes han estat menors gràcies als esforços realitzats en la disminució dels nivells d'exposició.

- A causa del continu procés de despoblació rural i de l'augment de la coberta forestal, és molt probable que en el futur la problemàtica afecti sobretot determinades zones turístiques dels Pirineus.

La major variabilitat del clima que deriva del canvi climàtic podria desencadenar una freqüència més alta d'esdeveniments com ara esllavisades de terreny, despreniments de roca i allaus.

És previsible que esdeveniments naturals generalment detonats per factors meteoclimàtics (altes temperatures, precipitacions intenses) siguin més freqüents en el futur.

- L'increment de les temperatures i les onades de calor ha provocat un augment de fenòmens com ara esllavisades de roques, allaus i corriments de terra.

- En algunes zones dels Pirineus hi ha hagut un increment del nombre d'allaus de gran magnitud els darrers anys.

- Tanmateix, encara resulta complicat definir amb exactitud la relació entre la intensitat de les precipitacions o l'augment de les temperatures amb l'increment d'esdeveniments com caigudes de pedra, esllavisades o ensorraments.

L'augment de les temperatures mitjanes podria provocar un increment dels riscos associats a l'acceleració del procés de degradació de les glaceres i les zones gelades.

És probable que l'escalfament global alteri la dinàmica de les zones gelades i glaceres dels Pirineus i, per tant, la seva estabilitat. Això podria augmentar el risc que es produeixin més episodis potencialment perillosos, com ara caigudes de roca o despreniments de materials, especialment en zones amb pendents pronunciats.

- A la cara nord-oest de la muntanya Vinyamala s'ha detectat un augment dels despreniments durant els últims anys associats a un deteriorament del permafrost (terres permanentment glaçades), segurament a causa de processos de degradació causats per les altes temperatures.

RECOMANACIONS:

- Potenciar estudis de caracterització local dels riscos naturals incorporant, en la mesura del possible, les projeccions futures del clima (p. ex. substituir els valors de referència actuals per altres que incorporin la possible evolució climàtica en els models de càlcul de riscos).

- Prioritzar la selecció de mesures "robustes" que resultin eficaces per a la reducció de la vulnerabilitat als riscos naturals, amb uns resultats positius independentment de l'evolució del clima i de les incerteses (p. ex. combinar solucions basades en la naturalesa amb mesures estructurals i mesures de gestió).

- Millorar el coneixement de l'impacte del canvi climàtic sobre els desastres naturals i, en particular: dur a terme un inventari de les mesures existents per a la prevenció d'inundacions, elaborar mapes de riscos naturals, crear eines d'ajuda a la decisió integrant les projeccions climàtiques.

- Mantenir i optimitzar els actuals sistemes de seguiment dels diferents perills naturals de manera que permetin un millor monitoratge a les zones ubicades en altura i/o de difícil accés, i a més potenciar la cooperació transfronterera per mutualitzar esforços en l'obtenció de dades i en el seu processament.

6. Conclusions: els deu desafiaments del canvi climàtic als Pirineus

1. Preparar la població per afrontar els extrems climàtics

Les últimes dècades, Europa ha patit un augment en la freqüència i la intensitat de les onades de calor sense precedents. Sobretot a les ciutats s'ha registrat un augment considerable de la mortalitat vinculat a aquest esdeveniment extrem com a conseqüència de l'efecte "illa de calor". Segons la UE, durant les onades de calor de l'estiu del 2003 a Europa, es van produir al voltant de 70.000 morts prematures associades a l'estrès tèrmic. La comunitat científica coincideix que al llarg d'aquest segle augmentaran els fenòmens climàtics extrems com les pluges torrencials, les sequeres severes, les onades de calor i les onades de fred. Si bé les zones de muntanya com els Pirineus, més fresques i menys poblades, s'han vist menys afectades fins ara, és probable que les canícules tinguin una incidència més alta en el futur. Això podria afectar no només la salut dels seus habitants, sinó que també podria incidir potencialment en el sector energètic (pics de demanda per a refrigeració), en l'agropastoralisme de muntanya (qualitat i productivitat de les pastures), estat de salut dels ecosistemes més sensibles i fins i tot en el turisme.

2. Augmentar la seguretat en vista dels riscos naturals

El règim de les precipitacions també ha tingut canvis durant les últimes dècades, i això s'ha traduït en un increment de les precipitacions intenses i de les sequeres. El possible increment futur de pluges especialment intenses, unit a l'avançament del desglaç primaveral, podria incidir en un increment del risc d'inundacions, avingudes i esllavisades de terra, sobretot a la darreria de l'estació hivernal i al començament de la primavera.

Entre el 2010 i el 2016, les pèrdues anuals en Europa van rondar els 12.800 milions d'euros i van representar aproximadament el 83 % de les pèrdues monetàries als estats membres de la UE. Entre el 1981 i el 2015 hi va haver 77 inundacions a Catalunya. El 23 % d'aquestes inundacions van ser catastròfiques i el 51 % van ser "extraordinàries", amb un total de 100 morts. En paral·lel, hi va haver 97 esdeveniments catastròfics entre el 1981 i el 2010 a les regions d'Occitània i Nova Aquitània, amb un total de 94 morts. A Andorra es van produir inundacions extraordinàries el 1907, l'octubre del 1937 i el novembre del 1982. Aquesta darrera va causar víctimes mortals. D'altra banda, l'acceleració dels processos de desglaciació i la fusió de sòls permanentment congelats (pergelisol) podrien augmentar les situacions de risc en alta muntanya: àrees fins ara estables podrien esdevenir cada vegada més inestables i susceptibles d'episodis potencialment calamitosos, com ara col·lapses, ensorraments, allaus mixtes i esllavisades de terra en els pendents més inclinats. Aquests fenòmens poden posar en perill alguns enclavaments turístics, centres de població i altres infraestructures (transport, energia o esquí), especialment a les valls d'alta muntanya. En relació amb les sequeres i les onades de calor, també podrien augmentar la freqüència i la intensitat dels incendis forestals, amb implicacions potencials en la salut, els ecosistemes forestals i les infraestructures.

3.Acompanyar els actors del territori davant l'escassetat hídrica i les sequeres

Els principals models climàtics preveuen un augment en la intensitat i la freqüència de les sequeres les pròximes dècades. És previsible que el canvi climàtic incideixi sobre els recursos hídrics dels Pirineus tant en termes de subministrament (quantitat i qualitat) com des del punt de vista de la demanda (necessitats d'aigua). S'han detectat descensos significatius dels cabals anuals i estacionals en les conques de l'Ebre i de la Garona. D'altra banda, la recàrrega i descàrrega futura dels aqüífers podria disminuir de manera sensible. Aquests fenòmens afectarien lògicament a la disponibilitat de recursos hídrics (superficial i subterrani), així com a la seva qualitat.

Les crisis hídriques afecten diversos sectors socioeconòmics i biofísics alhora, i causen impactes en l'agricultura i l'agropastoralisme (menys disponibilitat hídrica per al reg, menys productivitat i qualitat del farratge), en la producció d'electricitat hidroelèctrica (reservoris hidroelèctrics), en el desenvolupament del turisme (restriccions hídriques) i en la salut dels ecosistemes.

4. Garantir la qualitat de les aigües superficials i subterrànies

El canvi climàtic i els canvis en els usos del sòl han afectat, i es preveu que afectin en el futur, els cabals dels rius pirinencs i la qualitat de les aigües. Les sequeres i els períodes d'estiatge redueixen el factor de dilució dels contaminants que arriben als rius, la qual cosa dona lloc a un augment en la concentració de contaminants i al conseqüent empitjorament de la qualitat de l'aigua. D'altra banda, les inundacions promouen l'arrossegament i la remobilització de

contaminants retinguts en els sediments. L'increment de les temperatures, en sinergia amb la major concentració de contaminants, sovint altera els processos químics i biològics implicats en la qualitat de l'aigua, la qual cosa influeix negativament en les comunitats biològiques. Els canvis en el règim de les precipitacions i els extrems climàtics també podrien influir negativament en la qualitat de l'aigua subterrània, així com en el procés de recàrrega dels aqüífers.

5. Mantenir l'atractiu turístic dels Pirineus

El canvi climàtic podria ser decisiu en la determinació de les condicions necessàries per a la pràctica de certes activitats turístiques als Pirineus. En particular, la major variabilitat en l'espessor i la durada de la coberta de neu podria suposar un desafiament per a les estacions d'esquí alpí, que s'hauran d'adaptar per mantenir operatives les estacions i assegurar la sostenibilitat de la seva activitat. D'altra banda, el canvi climàtic està causant alteracions ambientals amb efectes contextuals negatius en alguns ambients pirinencs. En particular, aspectes com la presència o no de certes espècies de fauna i flora emblemàtica, la qualitat dels ecosistemes i l'estat de les formacions naturals iconogràfiques com les glaceres es podrien veure afectats pel canvi climàtic, resultant en una pèrdua d'interès turístic. D'altra banda, l'increment de les temperatures podria afectar positivament el turisme de muntanya, allargant la temporada i afavorint l'elecció de destinacions de muntanya relativament fresques en detriment de les zones de sol i platja.

6.Fer front als canvis en la productivitat i la qualitat dels cultius i aprofitar les oportunitats emergents

La disminució del període de gelades i l'increment de les temperatures mitjanes podria afavorir l'expansió de cultius no habituals als Pirineus, com els cultius d'àmbit mediterrani o els d'origen subtropical. En canvi, altres cultius principalment de secà podrien veure restringida la seva àrea de distribució potencial atesa la major variabilitat en el règim de les precipitacions i l'increment de les temperatures extremes.

L'augment de l'estrès hídric i tèrmic en els cultius, la pèrdua de terres agrícoles atès l'increment dels riscos hidrològics i el major risc de propagació de plagues podria limitar la productivitat d'alguns cultius, en una mesura o una altra segons les zones. D'altra banda, la freqüència i la intensitat més altes de les sequeres i les onades de calor podrien afectar la ramaderia extensiva a través de canvis en la composició i la productivitat del farratge, mentre que l'estrès tèrmic podria impactar en l'estat de salut del bestiar en les explotacions intensives de muntanya mitjana.

7. Preveure canvis irreversibles del paisatge

El canvi climàtic està accelerant el procés de degradació d'alguns paisatges iconogràfics com les glaceres, els llacs i les torberes d'alta muntanya. Això i altres canvis ambientals com els canvis en la distribució d'algunes espècies d'animals, boscos i vegetació alpina sovint actuen en sinergia amb l'acció humana, com els canvis en els usos del sòl, la qual cosa genera alteracions en els paisatges típicament pirinencs sovint irreversibles.

8. Considerar la possible pèrdua de biodiversitat i els canvis en els ecosistemes

Els ecosistemes pirinencs, caracteritzats per una alta riquesa d'espècies endèmiques amb estrets rangs de distribució, requisits específics d'hàbitat i capacitats limitades de dispersió, són particularment vulnerables a les variacions de les condicions climàtiques. El canvi climàtic afavoreix la pèrdua de biodiversitat i l'extinció d'espècies a través de canvis en la fisiologia i la fenologia de plantes i animals, canvis en la durada de la temporada de creixement, canvis en la distribució de les poblacions i l'increment del risc de disseminació d'espècies exòtiques. L'acció combinada dels impactes antròpics i els impactes del canvi climàtic poden ocasionar la modificació d'alguns processos ecològics clau en els ecosistemes d'alta muntanya, la qual cosa podria limitar la seva capacitat per proveir béns i serveis, a més de comprometre la seva pròpia pervivència a llarg termini.

9. Adaptar-se als desequilibris entre oferta i demanda energètica

L'augment de la variabilitat en la distribució espacial i temporal de les precipitacions, la reducció del cabal dels rius i els canvis en el calendari del desglaç podrien incidir de manera negativa en la capacitat de producció hidroelèctrica als Pirineus. Respecte a la demanda, és previsible que el canvi climàtic incideixi en la seva estructura al llarg de les estacions de l'any: L'augment de les temperatures podria reduir la demanda d'energia per a calefacció a l'hivern i la tardor. Tanmateix, és previsible un augment significatiu de la demanda energètica mitjana estival i de les demandes pic, en resposta a les necessitats creixents d'energia per a l'aclimatació dels habitatges, a causa dels estius cada vegada més càlids i les onades de calor més freqüents i intenses.

10 Fer front a la major difusió de malalties, plagues i espècies invasores

Les interaccions entre les plantes i els seus enemics naturals estan influïdes per les condicions ambientals i, en gran manera, per les temperatures. L'eventual

modificació de les àrees de distribució d'alguns cultius i la seva major susceptibilitat a causa de l'estrès climàtic poden generar canvis en els patrons de distribució i difusió de les malalties més comunes, així com un risc més alt d'expansió de malalties emergents i rares fins ara. D'altra banda, el canvi climàtic podria fomentar l'establiment de noves espècies exòtiques als Pirineus, facilitant-ne el transport i el posterior assentament a través de l'establiment de condicions climàtiques favorables. Atès que les espècies exòtiques invasores són en general oportunistes i generalistes, tendeixen a adaptar-se millor a les ràpides variacions climàtiques en comparació amb la majoria de les espècies natives. A més, l'augment de les temperatures desplaça les barreres climàtiques a altituds majors, la qual cosa incrementa la probabilitat que es produeixin noves invasions (especialment de plantes), i també que s'estableixin algunes espècies ja presents.

Col·laboradors

Comitè tècnic i Comité executiu

Comitè de coordinació i socis del projecte OPCC2

Amb el suport de

El projecte ha estat cofinançat al 65% pel Fons Europeu de Desenvolupament Regional (FEDER) a través del Programa Interreg V-A Espanya-França-Andorra (POCTEFA 2014-2020). L'objectiu del POCTEFA és reforçar la integració econòmica i social de la zona fronterera Espanya-França-Andorra. La seva ajuda es concentra en el desenvolupament d'activitats econòmiques, socials i mediambientals transfrontereres a través d'estratègies conjuntes a favor del desenvolupament territorial sostenible.