

Informe d'abast i metodologia

Impactes i vulnerabilitats del canvi climàtic a Andorra

Sector primari

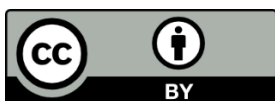
Equip de treball

Clara Pladevall	Investigadora d'Andorra Recerca + Innovació
Merixell Dalmau	Investigador d'Andorra Recerca + Innovació
Marta Domènech	Gerenta d'Andorra Recerca + Innovació
Benjamin Komac	Coordinador de l'eix Muntanya d'Andorra Recerca + Innovació

Andorra Recerca + Innovació agraeix el finançament rebut per part de l'Oficina de l'Energia i del Canvi Climàtic d'Andorra en el marc de l'estudi d'impactes i vulnerabilitats del canvi climàtic i la capacitat d'embornal d'Andorra



Oficina de l'Energia i del Canvi Climàtic
Principat d'Andorra



Aquesta obra està subjecta a una llicència de [Reconeixement 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Resum

Aquest estudi se centra en comprendre els impactes i vulnerabilitats que el canvi climàtic exerceix sobre el sector primari a Andorra, en concret en els àmbits de l'agricultura, la ramaderia i la silvicultura o sector forestal.

El sector primari, per bé que no té una incidència molt alta en els indicadors socioeconòmics actuals, ha estat identificat com un dels sectors estratègics degut al seu arrelament al territori i la importància que els recursos naturals tenen en el territori andorrà, representant el 97% de la superfície nacional.

Es tracta també, d'un sector clau pel que fa a les capacitats d'adaptació i mitigació dels entorns naturals davant del canvi climàtic. En aquest sentit, es fa necessari disposar d'un coneixement ampli i precoç sobre les vulnerabilitats del sector i dels possibles impactes que hi actuen, per fer més resilients els sistemes del sector primaris analitzats.

Aquest informe presenta l'abast i la metodologia en l'estudi d'impactes i vulnerabilitats del canvi climàtic en el sector primari d'Andorra. L'estudi marca uns objectius específics d'actuació a través de l'establiment d'indicadors nacionals per avaluar els efectes i la capacitat d'adaptació al canvi climàtic del sector primari.

Quan ja s'ha dépassat el límit establert d'1,5° respecte el període preindustrial (*Copernicus: 2024 virtually certain to be the warmest year and first year above 1.5°C / Copernicus, s.d.*) es denota la urgència de realitzar un estudi d'aquestes característiques, per entendre les formes d'adaptar-se al canvi climàtic en curs.

Sumari

1.	Introducció	5
1.1	Canvi climàtic i sector primari	9
1.2	El canvi climàtic als espais agrícoles: conreus permanents i anuals	14
1.2.1	Context general i situació a Andorra	14
1.2.2	Identificació dels principals riscos als espais agrícoles	17
1.3	El canvi climàtic als ecosistemes agro-pastorals de muntanya	19
1.3.1	Context general i situació a Andorra	19
1.3.2	Identificació dels principals riscos als ecosistemes agro-pastorals de muntanya	20
1.4	El canvi climàtic a la ramaderia	22
1.4.1	Context general i situació a Andorra	22
1.4.2	Identificació dels principals riscos a la ramaderia	23
1.5	El canvi climàtic al sector forestal	27
1.5.1	Context general i situació a Andorra	27
1.5.2	Identificació dels principals riscos al sector forestal	29
2.	Abast de l'estudi	33
2.1	Objectius	39
2.2	Equip del projecte i actors clau	39
2.3	Entitats col·laboradores externes	41
3.	Pla de treball	42
3.1	Definició d'indicadors d'impactes i vulnerabilitats	42
3.2	Càlcul d'indicadors d'impacte, vulnerabilitat i exposició	43
3.3	Definició d'indicadors d'adaptació	43
3.4	Càlcul d'indicadors d'adaptació	44
	Referències	46

1. Introducció

Aquest estudi contempla els impactes i vulnerabilitats del **sector primari** a Andorra arrel del canvi climàtic en curs.

Per una banda, agricultura i ramaderia com a sectors socioeconòmics clau en un territori com el Pirineu, tant pel seu valor ancestral com estratègic, de desenvolupament territorial i potencial econòmic. Per altra banda, el sector forestal o de la silvicultura, també amb un valor socioeconòmic transcendental en segles passats però com un dels recursos naturals més rellevants de present i de futur.

Segons anàlisis realitzats al Pirineu (OPCC ADAPYR, 2021), entre 1949 i 2015, la **temperatura mitjana** als Pirineus ha augmentat clarament a tota la serralada, amb algunes diferències entre vessants i més acusada a l'època estival. Segons les projeccions fetes al projecte CLIMPY, s'espera un augment significatiu de les temperatures màximes i mínimes diàries durant el segle XXI, especialment a les zones de muntanya. S'extreu del projecte EPiCC (OPCC ADAPYR, 2021) que, d'aquí al 2030, la variació del valor mitjà de les temperatures màximes en relació amb el període de referència (1961-1990) es podria situar, de mitjana per a tota la zona pirinenca, entre 1 °C i 2,7 °C per sobre. Aquests valors molt probablement augmentaran al 2050, amb valors que podrien oscil·lar entre els 2,0 °C i els 4,0 °C.

Pel que fa a Andorra, tota la informació climàtica es pot consultar a *l'Informe d'abast i metodologia: Impactes i vulnerabilitats del canvi climàtic a Andorra. CLIMA* (Trapero & Albalat, 2024). A l'informe es constata l'increment en la temperatura i la variabilitat en la precipitació, tant pel clima passat com per les projeccions sota diferents escenaris d'emissions de GEH, essent més notables els darrers 50 anys (1970-2020). Vegeu a la Figura 1 les tendències segons els dos escenaris RCP per Andorra.

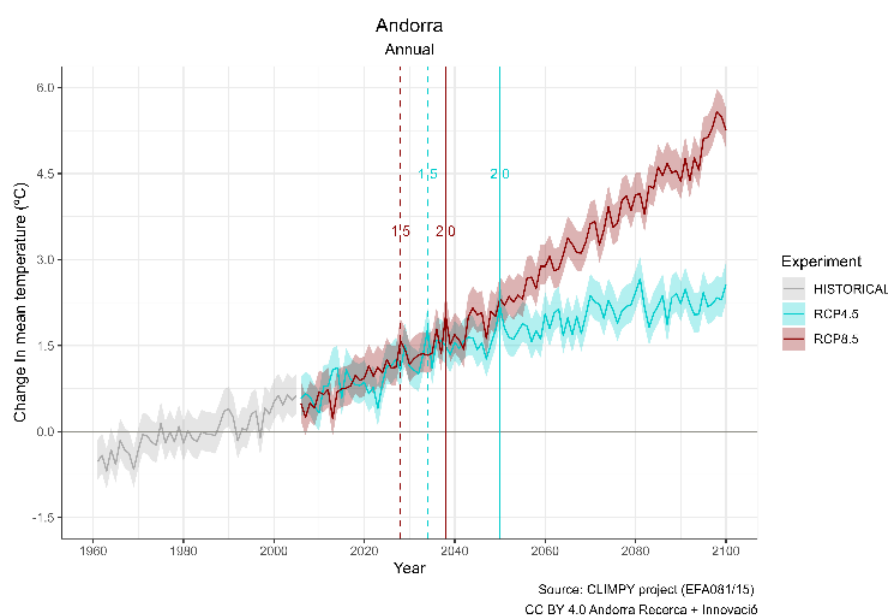


Figura 1. Canvis del valor mitjà anual de la temperatura mediana diària al Principat d'Andorra en el període històric i en els diferents RCP analitzats. La mediana està representada per una línia gruixuda i l'ombra representa els percentils 17 i 83, i en gris s'indica el període històric. Font: (Trapero & Albalat, 2024).

Alguns dels índex rellevants o CID's¹ per entendre el comportament de la **temperatura** al sector primari (Trapero & Albalat, 2024) seran, a més de la temperatura mitjana anual i les temperatures mínimes i màximes, també els dies de glaçada.

Els dies de glaçada es creu que es reduiran a les cotes altes, però és possible que hi hagi una resposta climàtica ambivalent ja que alguns estudis també parlen d'un augment de gelades als fons de vall per la inversió tèrmica. Es coneix que les situacions anticiclòniques que afavoreixen l'ocurrència d'aquest fenomen a Andorra han augmentat la seva freqüència des de 1981 (Lemus-Canovas et al., 2019), però els treballs climàtics hi han d'aprofundir encara.

Altres factors climàtics que tindran incidència són també el nombre de glaçades fora del període hivernal, per exemple l'índex de dies de glaçada entre abril i octubre, o les onades de fred i de calor intensa.

Pel que fa a les **precipitacions**, la tendència pirinenca és més desdibuixada però sí que confirma una tendència a la baixa en els volums de precipitació anual, sobretot a causa d'una disminució de la pluviometria d'hivern i estiu (OPCC ADAPYR, 2021). Els

¹ CID de les sigles en anglès de Climatic impact-drivers (IPCC, 2022)

indicadors climàtics mostren una disminució d'aproximadament un 2,5 % per dècada en els darrers 60 anys (segons dades observades entre 1949 – 2015) però amb forta variabilitat interanual i segons el vessant atlàntic o mediterrani, on és més accentuat. També s'apunta com a importants els possibles canvis de comportament estacional de les precipitacions, amb un descens més marcat i estadísticament significatiu a l'estiu (amb una disminució de -11mm/decenni (Cuadrat et al., 2020)). El fet que el període estival sigui el més perjudicat, coincideix sobretot als períodes de més demandada de disponibilitat hídrica, tant en l'àmbit ambiental com el socioeconòmic. A Andorra aquesta disminució de la precipitació mitja anual ha sigut de 18 mm/dècada els darrers 50 anys, sense significació estadística. Totes les dades de precipitació andorrana i les projeccions es poden consultar a l'informe d'abast i metodologia del sector "Clima" (Trapero & Albalat, 2024).

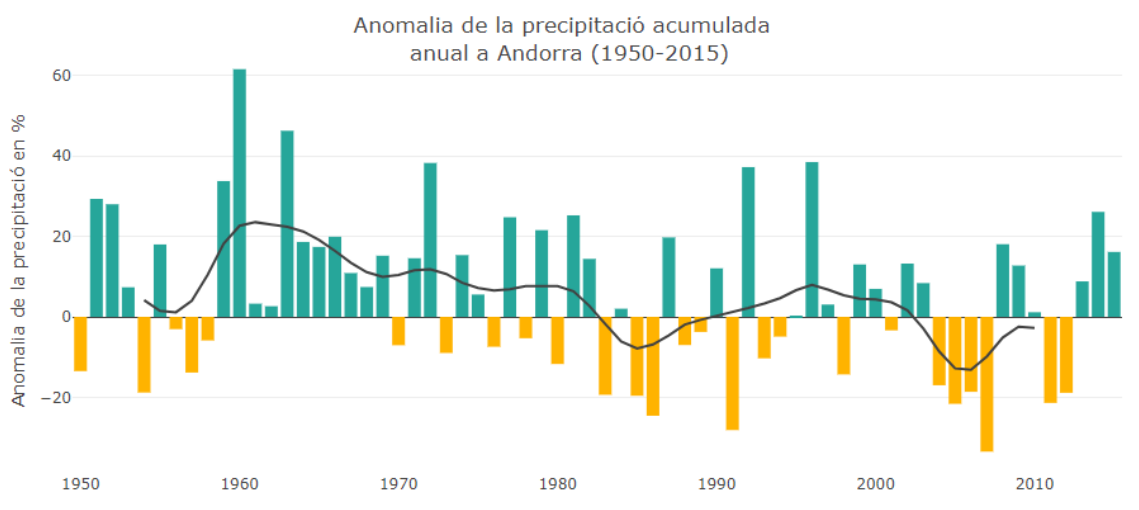


Figura 2. Anomalia de la precipitació anual a Andorra (estacions Central, Ransol i Engolasters) 1950-2010. La corba negra correspon a un filtre gaussià de 13 membres per suavitzar la mitjana mòbil. Font: CLIM'PY (EFA 081/15) (OMA | Observatori de la Muntanya d'Andorra - CENMA - IEA, s.d.).

Alguns índex de precipitació que tenen rellevància per al sector primari seran, a més de la precipitació mitjana anual, el nombre de dies sense pluja (longitud màxima de ratxa seca anual), l'índex d'aridesa o l'extrem de sequera (SPI - SPEI) (Vicente-Serrano et al., 2010). D'altra banda índexs vinculats amb la neu, com els dies de nevada o de neu a terra anuals també són importants pel paper que aquesta neu desenvolupa sobretot a espais com les pastures d'alta muntanya.

En el camp del sector primari, altres factors climàtics o *climatic impact-drivers* que seran rellevants per l'impacte al sector són els que estan vinculats a entendre el comportament previst de **fenòmens meteorològics extrems** (IPCC, 2022) o de **temps sever** (Trapero & Albalat, 2024).

En aquest sentit l'evolució d'índex com els dies amb precipitació molt abundant, o nombre de dies seguits amb precipitacions superiors a la mitjana, o el propi índex E3CI (*European Extreme Events Climate Index - IFAB International Foundation, 2020*), les precipitacions en forma de calamarsa que també incorpora aquest índex. Finalment dins el que són episodis extrems, cal tenir en compte les ventades, per l'afectació que causa a masses forestals. A la Figura 3 poden observar-se la concentració d'aquests episodis a períodes temporals recents (dreta de la figura), segons l'IFAB.

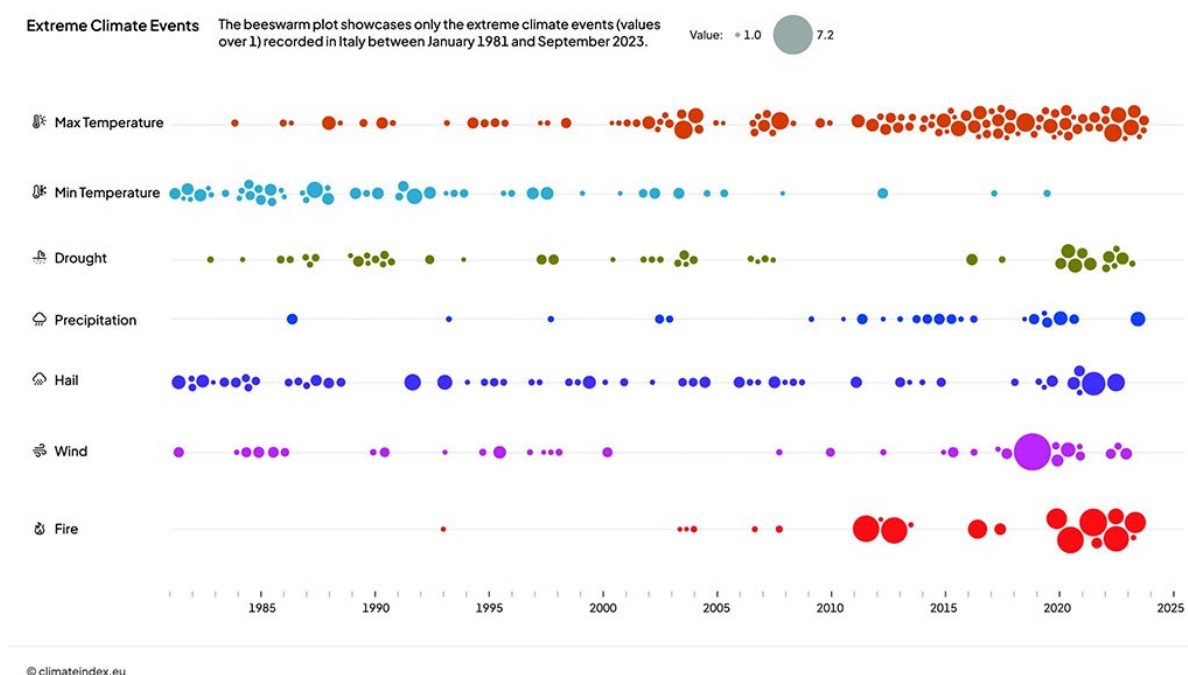


Figura 3. Episodis de diferents fenòmens climàtics extrems. Infografia que mostra aquests episodis detectats entre 1981 i 2023. Font: Cinzia Bongino a IFAB (*European Extreme Events Climate Index - IFAB International Foundation, 2020*).

Altres fenòmens climàtics que poden tenir importància al sector primari seran la qualitat de l'aire i l'aigua com per exemple, la incidència de la pols sahariana o altres fenòmens creixents (Cuevas-Agulló et al., 2024). Aquests fenòmens estan encara poc explorats i alguns dels informes EVICC del sectors clima, salut, turisme o energia també ho exploraran, al ser elements transversals.

L'objectiu general d'aquest estudi és contribuir a afrontar els reptes actuals i futurs del sector primari a Andorra davant les conseqüències del canvi climàtic i millorar-ne la seva resiliència, responent a les següents qüestions:

1. Quins són els principals impactes causats pel canvi climàtic que afecten a l'agricultura, ramaderia i silvicultura d'Andorra?
2. Com podem monitoritzar aquests impactes i quins indicadors permeten avaluar-ho?
3. Quines mesures pot prendre Andorra per adaptar el sector primari al canvi climàtic?

1.1 Canvi climàtic i sector primari

El sector primari a Andorra ha estat identificat com un dels 4 sectors clau per a entendre les seves vulnerabilitats i impactes en relació al canvi climàtic en curs. Malgrat que actualment no és dels sectors que més influeixen en el PIB o en d'altres indicadors socioeconòmics, essent l'any 2022 només el 0,54% del PIB d'Andorra (Departament d'Estadística, 2024), històricament ha sigut el motor de subsistència del país i té una rellevància territorial, on els entorns "no urbanitzats" representaven aproximadament el 97% del territori l'any 2012 (Caritg, 2012; Caritg & Martin, 2023). Per a aquesta particularitat, Andorra en la seva globalitat, ha estat reconeguda per l'Organització de les Nacions Unides per a l'Agricultura i l'Alimentació (FAO). Més concretament, el sistema agro-pastoral d'Andorra ha estat designat com a Sistema Important del Patrimoni Agrícola Mundial (SIPAM), la qual cosa suposa un reconeixement a la singularitat del sistema de producció ramadera del país i també sobre els beneficis compartits que aquestes activitats generen pel conjunt de la població.

En un context de canvi climàtic, les regions de muntanya han estat identificades com a zones especialment vulnerables. Són indrets amb una gran diversitat d'ecosistemes i on la temperatura mitjana anual hi augmenta més de pressa que la mitjana mundial (IPCC, 2022; Pepin et al., 2022). D'altra banda el sector primari ofereix nombrosos serveis ecosistèmics a la ciutadania andorrana, des de l'oferta d'espais naturals i el manteniment de la seva biodiversitat, poder disposar d'aigua i aliments de qualitat, la depuració de l'aire o que són espais que actuen com importants embornals de carboni atmosfèric.

D'acord amb l'IPCC (IPCC, 2022), les interaccions entre el sistema climàtic, els ecosistemes (i la seva biodiversitat) i la societat humana són indissociables. Aquestes interaccions són les bases per l'emergència dels riscos provinents del canvi climàtic, la

degradació d'ecosistemes o la pèrdua de biodiversitat i, al mateix temps, poden oferir oportunitats pel futur. Al centre de l'esquema (vegeu la Figura 2, a) veiem que els diferents components del risc venen determinats per la superposició del perill climàtic, la vulnerabilitat i l'exposició. També es mostra a la mateixa figura (apartat b) que les opcions de futur passen per reduir els riscos (i els impactes) i augmentar els factors de resiliència. Aquesta valoració ha estat analitzada a "Canvi climàtic: components del risc"² (Trapero, 2024).

From climate risk to climate resilient development: climate, ecosystems (including biodiversity) and human society as coupled systems

(a) Main interactions and trends

(b) Options to reduce climate risks and establish resilience

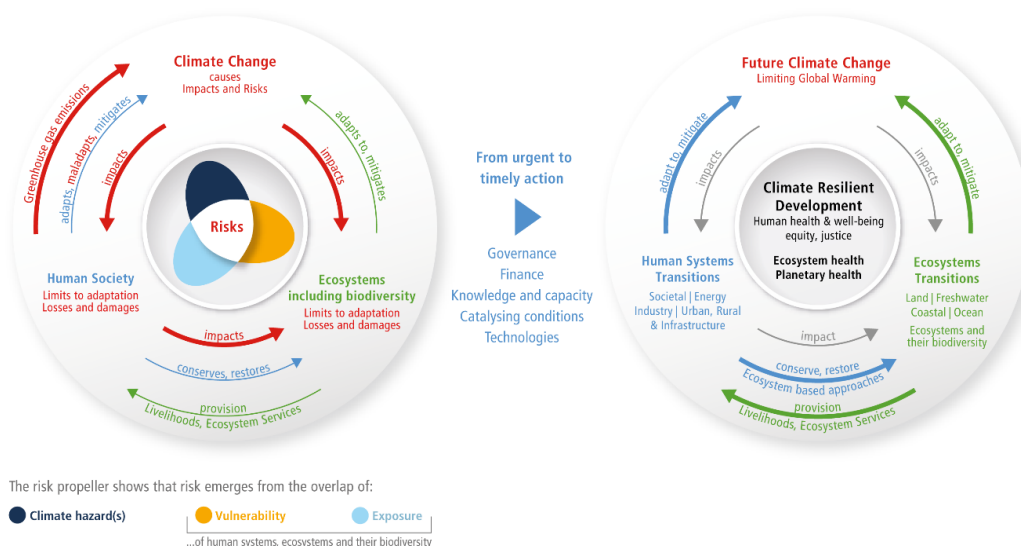


Figura 4. Esquema de les interaccions entre el sistema climàtic, els ecosistemes i la societat humana. Indica els diferents components del risc i les opcions per reduir-los i augmentar la resiliència. Font: Figura SPM.1 (IPCC, 2022).

Els indicadors que s'establiran en aquest informe, han de servir per a monitoritzar aquests riscos i fer-hi front amb més capacitats. La segona fase d'aquest estudi, elaborarà el càlcul dels indicadors que el sector primari pot utilitzar per monitoritzar les vulnerabilitats i impactes del canvi climàtic a Andorra. Vegeu a la pàgina 42, el Pla de treball establert.

Els indicadors els podem separar pels diferents components del risc (LIFE_eCOadapt50, 2024; Trapero, 2024). Per exemple, un *indicador de perill climàtic*, com podria ser l'augment de les temperatures mitjanes diàries per monitoritzar un perill de pèrdua de producció ramadera. Un *indicador d'exposició*, tals com el nombre de punts d'aigua disponibles per la ramaderia. O un *indicador de vulnerabilitat*, entesa

² https://ari.ad/images/projectes/evicc/components_risc.pdf

com la predisposició a ser afectat negativament davant d'un perill. En aquest exemple amb la ramaderia, un indicador de vulnerabilitat seria l'estat de salut del bestiar. Aquest component, sovint pot semblar equivalent a la *sensibilitat climàtica* (grau en què un sistema resulta afectat pel canvi climàtic) i en aquest informe es tractarà com a equivalent.

Finalment també podem establir *indicadors de capacitat adaptativa*, que s'analitza en una escala inversa als altres indicadors, i posem com exemple la facilitat per agilitzar canvis en un calendari de rutines o l'adaptabilitat de la raça bovina a tolerar onades de calor.

En aquest sentit són molt interessants els rangs d'indicadors que ha elaborat el projecte LIFE eCOadapt50 per a la zona pirinenca (LIFE_eCOadapt50, 2024), on distingeix si els indicadors establerts són de perill climàtic, d'exposició, de sensibilitat o de capacitat adaptativa, havent-hi 3 rangs de compliment: baix, mitjà o alt. Vegeu Figura 5 a continuació.

Indicador de perill climàtic	Indicador d'exposició	Indicador de sensibilitat	Indicador de capacitat adaptativa*
1 – Baix	1 – Baixa	1 – Baixa	1 – Baixa
2 – Mitjà	2 – Mitjana	2 – Mitjana	2 – Mitjana
3 – Alt	3 – Alta	3 – Alta	3 – Alta

*Figura 5. Indicadors per tipologia establerts al projecte LIFE eCOadapt50. Font: (LIFE_eCOadapt50, 2024). *En el cas de la capacitat adaptativa, els colors van a la inversa, atès que tenir una capacitat adaptativa alta és un aspecte positiu.*

Com s'ha apuntat a la Introducció, els canvis en l'estacionalitat o la quantitat de les precipitacions, augment de temperatures i els riscos naturals associats, són alguns dels factors que més s'espera que puguin afectar els ecosistemes andorrans així com els canvis que els factors climàtics provocaran com variacions de distribució i pèrdua de la biodiversitat, l'extensió de plagues o d'espècies invasores.

Tot i la incertesa sobre la magnitud exacta d'aquests impactes, és probable que en les pròximes dècades el canvi climàtic suposi un repte addicional als actuals problemes socioeconòmics que ja experimenta el sector primari. Per aquest motiu, l'avaluació dels efectes del canvi climàtic en índexs climàtics de temperatures o pluviometria així com tots els indicadors que se'n deriven, són especialment necessaris per tal de poder valorar els possibles impactes en els ecosistemes en els que es basa el sector primari andorrà.

S'analitzen per separat en 4 activitats econòmiques diferents: espais agrícoles, sistemes agro-pastorals de muntanya, ramaderia i sector forestal. Aquests sectors ja van ser identificats al 2014 com a sectors clau al de Procés participatiu sobre

l'Adaptació d'Andorra al Canvi Climàtic (PAACC³). En aquest projecte participatiu l'objectiu era identificar els possibles impactes del canvi climàtic sobre alguns dels sectors socioeconòmics i ambientals del país i valorar quines eren les vulnerabilitats de cada un d'ells, així com identificar les mesures d'adaptació necessàries per disminuir aquesta vulnerabilitat i afrontar els possibles impactes del Canvi Climàtic. Es poden veure a les Figura 6 i Figura 7 el resum dels impactes i vulnerabilitats prioritzats a la PAACC, amb les seves mesures d'adaptació identificades per a cadascuna d'elles per als sectors d' "Agricultura i Ramaderia" i "Gestió Forestal" respectivament.

IMPACTES	VULNERABILITATS	MESURES D'ADAPTACIÓ
Augment dels períodes de sequera. La disminució de les precipitacions i els canvis en la seva distribució al llarg de l'any, generaran un stress hídric per la vegetació, tant per les pastures com pels conreus, el que pot provocar una disminució de la producció i un augment de les necessitats de reg per alguns conreus i prats de dall. Això incrementarà la pressió sobre el recurs hídric en un context de menor disponibilitat d'aigua. Plagues i malalties. Les noves condicions climàtiques possibiliten l'aparició de noves plagues i malalties pels conreus i pel bestiar.	Vulnerabilitat de l'economia dels pagesos i ramaders vers la disminució de les produccions per sequeres	Potenciar l'ecoturisme per a diversificar regularment els ingressos dels agricultors, ramaders i apicultors.
	Vulnerabilitat dels conreus vers les dificultats per la pol·linització per insectes.	Recerca de noves espècies de cultiu adaptades a possibles dificultats de pol·linització, evitar els monocultius per tal d'afavorir les espècies pol·linitzadores i evitar el cultiu d'espècies modificades genèticament.
	Vulnerabilitat del sòl vers fenòmens climàtics extrems com precipitacions molt intenses, fortes tempestes, torrentades i esllavissaments de terres que generaran més erosió del sòl.	Introducció de la gestió forestal en els terrenys de pastura. Recerca d'antics terrenys de pastura i neteja del sotabosc mitjançant bestiar adaptat.
	Vulnerabilitat de la salut del bestiar vers les onades de calor.	Millorar la gestió de l'aigua disponible per als ramats, per exemple distribuint més abeuradors. Gestió de bestiar que estigui adaptat a les noves condicions climàtiques. Creació d'estructures forestals o altres estructures que generin ombra i facin funció d'abric pel bestiar.
	Vulnerabilitat dels conreus a la sequera. Dependrà del tipus de conreu, de l'altitud, etc.	Buscar nous conreus adaptats a les noves condicions de sequera, evitant cultius d'espècies modificades genèticament.

³ https://www.mediambient.ad/images/stories/PDF/PAACC/ProcesAdaptacioAndorra_CC2014.pdf

Dificultats en la gestió de cultius i pràctiques ramaderes. La variabilitat interanual de les condicions climàtiques podria dificultar el maneig i la gestió de cultius i produir canvis en les pràctiques ramaderes.	Vulnerabilitat de les pastures a la sequera.	Adaptació de la càrrega ramadera a les noves condicions de sequera a les pastures.
	Vulnerabilitat del bestiar vers els canvis en la composició i qualitat de les pastures.	Canvi en el maneig del bestiar per adaptar-lo als canvis en la composició i la qualitat de les pastures. Per exemple, potenciar la rusticitat de les races d'animals de renda.
	Vulnerabilitat dels conreus vers la presència de malalties i plagues.	Recerca sobre possibilitats de tractament de les malalties i plagues en els conreus.
	Vulnerabilitat de la salut del bestiar a la presència de malalties i plagues.	Recerca sobre possibilitats de tractament de les malalties i plagues en la salut del bestiar.

Figura 6. Taula resum dels impactes prioritzats en les sessions de treball de la PAACC (2014), les vulnerabilitats detectades pel sector Agricultura i Ramaderia així com les mesures d'adaptació identificades per a cadascuna d'elles. Font: Elaboració pròpia a partir del document original, Govern d'Andorra, 2014.

IMPACTES	VULNERABILITATS	MESURES D'ADAPTACIÓ
Augment del risc d'incendis forestals. Les altes temperatures i les condicions de sequera amb una disminució de la humitat ambiental augmentaran el risc d'incendi.	Vulnerabilitat davant d'episodis meteorològics severos, com grans ventades, pluges torrencials, que causin danys físics al bosc traduïts en caigudes d'arbres, esllavissaments, etc.	Fomentar la gestió forestal sostenible dirigida a potenciar el paper protector del bosc davant d'episodis meteorològics severos que comportin riscos d'allaus, esllavissades, etc. Aprofitament sostenible de la biomassa dels boscos, que permeti que la quantitat d'espècies vegetals estigui en equilibri, d'aquesta forma els boscos serien més resistents davant fenòmens extrems com els incendis i la sequera.
Augment de la probabilitat de sequeres. La sequera comportarà una disminució de l'aigua disponible per la vegetació (stress hídric) i una disminució de la humitat atmosfèrica que afectaran la vegetació de diferents maneres, en funció de la continuïtat i la severitat del període, reduint el creixement de la vegetació, provocant la seva defoliació i decoloració, provocant un debilitament dels boscos i augmentant la seva vulnerabilitat a malalties o altres danys naturals i podent arribar a provocar la mort per sequera.	Vulnerabilitat dels boscos al risc d'incendis, a la sequera i als possibles atacs de plagues i malalties.	Potenciar la pastura del sotabosc arbrat per ramats forans o del país en transhumància i allargar els torns de tala per reduir la vulnerabilitat dels boscos al risc d'incendis, a la sequera i als atacs de plagues i malalties.
Augment de la possibilitat de grans	Vulnerabilitat dels boscos al risc d'incendis, a la sequera i als episodis meteorològics severos.	Potenciar l'aprofitament dels productes secundaris del bosc (mel, medicines, cosmètics) per a augmentar els ingressos i millorar la gestió forestal.

tempestes i altres fenòmens extrems. Els danys als boscos provocats per fenòmens extrems com fortes tempestes, precipitacions intenses i ventades entre d'altres poden provocar caigudes i descalçament d'arbres, augment de l'erosió del sòl, esllavissades de terres. Aquests efectes s'agreuaran en un context de condicions de sequera.	Vulnerabilitat dels boscos a possibles atacs de plagues i malalties. El bosc serà més vulnerable si es troba debilitat per les condicions de sequera.	Plans de gestió forestal sostenible, potenciant arbres caducifolis que no puguin ser atacats per la processionària que tindrà més presència en un context de sequera i d'un augment de temperatura a l'hivern.
	Vulnerabilitat dels boscos a la sequera.	Disminució de la densitat vegetal als boscos, per a que cada individu disposi de més aigua davant condicions de sequera. Plantació de noves espècies adaptades a les condicions de temperatura i sequera.

Figura 7. Taula resum dels impactes prioritzats en les sessions de treball de la PAACC (2014), les vulnerabilitats detectades pel sector Gestió Forestal, així com les mesures d'adaptació identificades per a cadascuna d'elles. Font: Elaboració pròpia a partir del document original, Govern d'Andorra, 2014.

1.2 El canvi climàtic als espais agrícoles: conreus permanents i anuals

1.2.1 Context general i situació a Andorra

El Departament d'Agricultura del Govern d'Andorra, identifica com a "espais agrícoles" les parcel·les amb conreus permanents (com la vinya, les parcel·les de dall o peixeders), les terres de conreus anuals (com els horts, el tabac o el farratge) i els espais a l'erm o a altres usos no agrícoles (com parcel·les forestals). En total, el registre parcel·lari andorrà hi ha declarades 20.709.738,79 m² (uns 20,71 km² que representen el 4,42% de la superfície d'Andorra). Vegeu la Figura 8.

Superfície segons categoria agrícola harmonitzada- Any 2023	
	Superfície (m ²)
CONREUS PERMANENTS	18.201.116,28
CP	18.201.116,28
TERRES DE CONREU	1.442.130,13
TA (Terres llaurables, terra campà)	1.314.086,03
TH (Horta)	128.044,10
USOS NO AGRÍCOLES	1.066.492,38
FO (Forestal)	278.456,40
IM (Improductius)	788.035,98
Total general	20.709.738,79

Figura 8. Superfície declarada al parcel·lari l'any 2023. Font: Departament d'Agricultura⁴.

Encara que aquestes terres de conreus siguin poc representatives d'Andorra (representen tan sols el 0,3% de la superfície andorrana), són un element rellevant de la tradició i cultures andorranes i han estat assenyalats com a tal (FAO, 2022).

Els últims anys, el sector agrícola d'Andorra ha fet passos importants per a preparar-se i adaptar-se al canvi climàtic, fomentant la diversificació de l'activitat agrícola amb la implantació de nous cultius com la trumfa, les plantes aromàtiques i medicinals, la tòfona o els nabius (informes conjunts o individuals de l'APRA, el CTFC, amb el suport del Govern d'Andorra: 2009, 2011, 2012, 2016-2020). També s'han desenvolupat noves infraestructures, o s'ha fet recerca d'alternatives que permetin desenvolupar activitats complementàries (BOPA, 2022). El cultiu de tabac és un dels més estesos al Principat actualment (essent el 5,28% dels cultius del total d'explotacions. Font: Departament d'Agricultura i Ramaderia, 2025), sobretot a parròquies com Sant Julià de Lòria. En aquest sentit tant el departament com l'Associació de Pagesos i Ramaders ha desenvolupat o encarregat varis estudis per buscar alternatives, que es desglossen a la Figura 9.

Plans de recerca i desenvolupament agrari.	Any de l'estudi
Estudis sobre cultiu alternatiu al conreu de tabac	
Introducció de noves varietats farratgeres dins l'entorn dels prats de dall	2005
Desenvolupament d'una nova pràctica agrària per a la producció de raïm, l'obtenció de vi i la seva comercialització	2005
Informe 2009 sobre el Pla de Recerca Trumfes de qualitat andorranes (MidiAgro Consultant, APRA; Govern d'Andorra)	2009
Foment del cultiu de la tòfona negra (<i>Tuber melanosporum</i> Vitt.) al Principat d'Andorra (CTFC)	2011

⁴ www.agricultura.ad/images/stories/estadistiques/harmonitzada/Superficie-segons-categoria-agricola_2023.pdf

Experimentació amb plantes aromàtiques i medicinals al Principat d'Andorra (CTFC, APRA)	2012
Pla de recerca sobre la viabilitat del cultiu de nabius al Principat d'Andorra (APRA, Govern d'Andorra)	2016 - 2020

Figura 9. Alternatives de cultiu al tabac, estudiades per diferents entitats. Font: Elaboració pròpia amb dades del Departament d'Agricultura i Ramaderia⁵.

Serà important en futurs anàlisis de l'impacte i vulnerabilitat del sector primari al canvi climàtic, valorar com s'han consolidat aquestes iniciatives i el valor que aquestes tenen sobre l'economia i superfície d'Andorra.

El canvi climàtic és un repte per a l'agricultura de muntanya i segons l'informe de l'OPCC-CTP (2018), en les pròximes dècades, el canvi climàtic podria influir de manera significativa en la capacitat de producció de les superfícies agrícoles pirinenques. No obstant això, els reptes entorn de l'adaptació al canvi climàtic es poden veure com a oportunitats per a Andorra per fer a una agricultura en coherència amb el seu territori, més integrada, més diversificada i més resilient davant dels canvis.

Els treballs de la Missió Canvi Climàtic i Efecte Hivernacle (MICCES⁶, 2003) de l'INRAe mostren que l'estimulació de la vegetació, induïda per l'escalfament, serà més forta més enllà dels 1.000 m d'altitud. Tot i això, en zones de muntanya destaquen efectes directes tants positius com negatius (OPCC-CTP, 2018) perquè l'augment de la concentració de CO₂ a l'atmosfera seria un factor estimulants de la producció vegetal, però en canvi la variabilitat de les condicions climàtiques i mediambientals afectarà negativament la producció. Com a conseqüència, alguns tipus de cultius veurien restringida la seva àrea de distribució potencial mentre que d'altres podrien estar afavorits per les noves condicions climàtiques en zones de muntanya.

No obstant això, l'avaluació dels impactes potencials dels canvis ambientals no és fàcil a causa de la complexitat i diversitat dels sistemes de muntanya, i la variabilitat intra- i inter-anual dels paràmetres climàtics. Les noves condicions climàtiques podrien propiciar l'expansió d'alguns cultius, de tipus mediterrani, no habituals als Pirineus i a Andorra i altres cultius principalment de secà podrien veure restringida la seva àrea de distribució potencial a causa d'una major variabilitat en el règim de les precipitacions. En aquest context, una especialització molt forta de l'agricultura és un risc i per això el departament d'Agricultura del Govern d'Andorra va començar al 2005 una sèrie de proves i d'estudis sobre la viabilitat de nou tipus de cultius al Principat.

⁵ <https://www.govern.ad/ca/ministeris-i-secretaries-d-estat/ministeri-de-medi-ambient-agricultura-i-ramaderia/agricultura-i-ramaderia/estadistiques>

⁶MICCES: "Mission Changement Climatique et Effet de Serre" creada i animada per Bernard Seguin (director de Recerca i Responsable Agronom a l'INRAe) de la Unitat Agroclim de l'INRAe d'Avignon al 2003.

1.2.2 Identificació dels principals riscos als espais agrícoles

Degut a que la problemàtica dels efectes del canvi climàtic als espais agrícola és una preocupació mundial, existeixen estudis fets arreu del món i els principals impactes i riscos per a les zones de muntanyes estan bastant ben identificats. Tot i així, la incertesa dels efectes en condicions o indrets concrets és encara forta, però a trets generals es preveuen afectacions en la fenologia dels cultius, un increment dels esdeveniments climàtics extrems, de les plagues i de les malalties però també altres aspectes com la gestió de l'aigua, la composició o riquesa florística dels prats.

La **fenologia de les plantes de cultiu** està molt lligada a les temperatures. Amb l'escalfament global s'esperen uns canvis en la fenologia dels cultius que podrien ser problemàtics en cas d'avançament de la floració o de la maduració dels fruits quan llavors podrien coincidir amb períodes de gelades tardanes, afectant la producció i la posterior qualitat dels productes. Els cultius que ja han iniciat la fase vegetativa (cereals, fruiters) poden perdre flors o brots, reduint el rendiment. D'altra banda els teixits danyats per gelades són més vulnerables als fitopatògens i això pot afectar la supervivència de la planta ja perjudicada.

Finalment uns períodes més llargs de calor poden afectar la formació de llavors o fruits i una maduració accelerada o sota estrès hídric pot reduir el contingut de sucres o altres compostos desitjats i reduir la qualitat final dels productes (Olesen et al., 2012; Funes et al., 2015; Fraga et al., 2016). Finalment, per a les espècies perennes (com els fruiters o la vinya) les gelades més primerenques a la tardor poden debilitar la producció de l'any següent ja que les plantes poden no haver acumulat suficients reserves per l'hivern. Si bé els canvis fenològics poden ser parcialment contrarestats a curt termini a través de la implementació de pràctiques de gestió agronòmica (per exemple, avançant de la data de sembra o amb l'elecció de varietats tardanes), pot ser que aquestes mesures no siguin suficients per a assegurar els nivells de producció actuals de molts cultius a mitjà i llarg termini (OPCC-CTP, 2018).

Un **increment de les malalties i de les plagues** serà segurament un altre dels principals riscos per al sector agrícola. Les interaccions entre les plantes i els seus fitopatògens naturals es veuen influenciades per les condicions ambientals i les temperatures i, amb el canvi climàtic la distribució i difusió de les fitopatologies actuals, així com un augment del risc de propagació de noves fitopatologies als Pirineus serà major. Segons Luck et al. (2011) hi ha tres mecanismes principals pels quals el canvi climàtic influeix en la propagació i l'aparició de noves plagues i tots es donarien a Andorra. El primer, on les noves condicions climàtiques podran facilitar el desenvolupament de determinats organismes nocius durant certs períodes de l'any. En segon lloc, és molt probable que les noves condicions climàtiques generin zones climàticament idònies per a l'expansió de nous organismes nocius introduïts accidentalment des de zones

més càlides, que es podrien propagar ràpidament com a conseqüència de la manca de competidors i predadors naturals. Finalment, la major freqüència i intensitat dels estats d'estrès abiòtic induïts pels esdeveniments climàtics extrems, pot incrementar la sensibilitat dels cultius a l'atac dels organismes patògens. Les conseqüències d'aquest increment de la presència de les malalties i de les plagues a Andorra serien sobre tot un impacte negatiu en la qualitat i rendiment dels cultius.

Amb el canvi climàtic, s'espera un increment de la freqüència i una intensitat més elevada dels **fenòmens climàtics extrems**, i els cultius en podrien estar bastant afectats. Les pedregades per exemple poden afectar al rendiments de molts cultius com ja és el cas del tabac. En el futur també podrien alterar la qualitat dels productes finals d'altres possibles cultius, cosa que en limitaria la implantació i perjudicaria l'adaptació. Les onades de calor o les sequeres poden generar baixades puntuals, però significatives en el rendiments dels cultius per que en molt casos coincideixen i provoquen un efecte sinèrgic negatiu. Un desequilibri entre la creixent demanda hídrica dels cultius i una menor disponibilitat d'aigua en el sòl, genera el que es defineix com a **dèficit hídric**. Per exemple, a causa de les onades de calor estivals dels anys 2003 i 2010, s'estima que les pèrdues de producció en les collites de cereals van aconseguir el 20% del total a les regions europees afectades (IPCC, 2014).

La capacitat productiva dels cultius agrícoles està fortament condicionada per dos factors: **la temperatura i la quantitat d'aigua** disponible al sòl. Estudis fets a zones de muntanya de França han mostrat que els efectes de l'escalfament global (mitjançant simulacions) acompanyat d'un dèficit de pluges, generarà una disminució de la productivitat dels cultius i dels prats, incloent-hi els més ben conservats (Soussana, 2007). A Andorra, segurament caldrà adaptar els cultius i els prats al regadiu però això implicarà la consideració d'aspectes en la **gestió de l'aigua** ja que els recursos d'aigua poden estar afectats pels canvis d'estacionalitat de les pluges. S'entén que la irrigació pot generar pressions suplementàries sobre el recurs d'aigua en general i que caldrà un anàlisi ampli per a una millor anticipació de la complexitat de la gestió d'aquest recurs.

En darrera instància un altre aspecte com a possible problema per a l'agricultura andorrana seria el tema dels segells de control i garantia d'**Indicació Geogràfica Protegida (IGP)** vinculada a l'adaptació al canvi climàtic constitueix un repte addicional. Una modificació de les pràctiques agrícoles no es podrà fer sense identificar els límits entre flexibilitat dels sistemes de producció i requisits dels productes si el vol mantenir els segells d'IGP. El manteniment del rendiment amb la introducció de noves espècies, els tractaments fitosanitaris, el regadiu addicional, l'ombra artificial o els canvis en el calendari de sembra poden ser necessaris per a l'adaptació al canvi climàtic però si aquestes pràctiques no estan contemplades en el reglament de l'IGP, es podria perdre la certificació. Aquesta possible problemàtica mostra la necessitat de proposar

adaptacions duradores i integrades a escala territorial, fins i tot per limitar les eventuals noves tensions sobre els recursos naturals que podrien originar-se d'adaptacions espontànies, no coordinades entre elles.

En resum, els perills i impactes potencials que podríem afectar pels espais agrícoles d'Andorra són:

- **Canvis en la fenologia de les plantes de cultiu**, que les poguessin sotmetre a més risc de gelades, amb conseqüències en la producció i la posterior qualitat final dels productes.
- **Increment de les malalties i de les plagues** amb les noves condicions climàtiques, que generaran un impacte negatiu en la qualitat i rendiment dels cultius.
- La **productivitat i la qualitat dels productes agrícoles** pot disminuir i perdre rendibilitat davant de situacions climàtiques anòmales com episodis climàtics extrems, situacions de major dèficit hídric.
- Complexitat en la **gestió del recurs hídric**, provocada per la possible necessitat d'irrigació d'alguns cultius per mantenir-se i entrant en possible conflicte amb altres sectors.
- Mantenir els segells d'**Indicació Geogràfica Protegida** pot resultar un desafiament, segons els requisits de producció dels productes agrícoles amb segells de qualitat.

1.3 El canvi climàtic als ecosistemes agro-pastorals de muntanya

1.3.1 Context general i situació a Andorra

Les **pastures supraforestals**, són un dels recursos bàsics de la ramaderia extensiva però també destaquen per la diversitat natural que s'hi desenvolupa de forma equilibrada des de fa milers d'anys. L'acció de pasturar és una interacció entre animal-planta i entre planta-animal, de manera que constitueix un sistema dinàmic en el qual s'interrelacionen, a més, factors climàtics, edàfics i d'interacció entre plantes (Generalitat de Catalunya, 2022), fent que l'anàlisi d'aquest dinamisme davant de canvis sigui força complex.

El sistema de pastures és el component més important de les parts altes de les muntanyes i percentualment ocupa un territori considerable a Andorra, essent un 27,4 % de la seva superfície (Carreras et al., 2013). Segons s'extreu del llibre "Pastures comunes i ramaderia a Andorra" (Komac et al., 2020), el 65 % de les pastures

andorranes es distribueixen entre els 2.200 i 2.600 m d'altitud i tenen una presència major a la vall del Valira d'Orient, essent-hi un 60 % del total.

A partir dels 2.700 m les condicions ambientals i ecològiques s'endureixen i la vegetació pastoral comença a escassejar. Trobem en aquestes altituds una dominància d'hàbitats com roquissars o tarteres. Malgrat que l'augment de temperatures prevista pel canvi climàtic pogués suavitzar aquestes condicions, l'absència de sòl o les dificultats orogràfiques fan que la possibilitat que s'hi estableixin nous ecosistemes de pastura no sigui fàcil ni ràpida (Batllori, E. et al., 2009).

Les pastures de muntanya són un dels **embornals actuals i potencials de carboni atmosfèric**, que emmagatzemen $0,8 \pm 0,2$ Mg de carboni per hectàrea i any de mitjana (Conant et al., 2017). Així doncs, una pèrdua d'aquests espais a Andorra representaria també, la minva d'un servei ecosistèmic que permet la mitigació del canvi climàtic.

1.3.2 Identificació dels principals riscos als ecosistemes agro-pastorals de muntanya

Les pastures són un recurs essencial per al sector primari i presten nombrosos serveis ecosistèmics a la societat, com els serveis de producció, el manteniment de la biodiversitat, recursos paisatgístics, l'aigua de qualitat, actua d'embornal de carboni atmosfèric, redueix el risc d'incendis, entre altres.

L'estudi d'impacte dels efectes del canvi climàtic a les pastures està envoltat de molta incertesa. Trobem que en alguns factors s'estimen efectes contraris, i hi ha incertesa en la magnitud del canvi climàtic en la vegetació en conjunt. Són molts els paràmetres geoambientals que hi influeixen, com per exemple els tipus de sòl, les respostes de diferents comunitats vegetals, les microvariacions del clima... a més de la influència no climàtica de factors com la disminució de la pressió ramadera, la pujada de la línia del bosc, els canvis d'usos del territori o variables socioeconòmiques.

L'efecte del canvi climàtic podria tenir efectes tant positius com negatius en el sector agrícola dels Pirineus (OPCC ADAPYR, 2021). D'una banda factors com **l'augment de temperatures** ja està afectant la fenologia de les plantes (IPCC, 2022), ampliant l'època de creixement vegetatiu i la producció, però per altra la manca de **disponibilitat d'aigua**, l'evapotranspiració o l'augment de l'estrès hídric la podria fer disminuir. Una **major concentració de CO₂** o les arribades de **pols sahariana** podrien actuar com a fertilitzant natural en alguns casos però (Ridame et al., 2014), d'altra banda, les sequeres prolongades, la manca de fred a l'hivern, o els fenòmens meteorològics extrems poden impactar com a vectors negatius. Pel que fa a la resposta davant del canvi climàtic en la producció de biomassa de les pastures hi ha variabilitat de respostes analitzades (des d'un augment a una disminució de la producció). D'altra banda, una **disminució de la coberta de neu** implicarà canvis en la biodiversitat en aquells espais on la neu sigui

menys present, per una banda per la manca de protecció a les glaçades, i una major exposició als canvis diaris del rang de temperatures i per altra alterant els cicles de nutrients del sòl i la disponibilitat dels mateixos (Rixen et al., 2022; Wipf et al., 2009).

Com ja va apuntar el PAACC (Govern d'Andorra, 2014), els canvis en el clima a les muntanyes, fan que la vegetació pròpia de les pastures pugui tenir una capacitat competitiva menor davant d'una situació d'estrès i que sigui molt més susceptible a acollir espècies més competitives davant la nova situació ecològica, com ho poden ser algunes **espècies invasores** (Czarniecka-Wiera et al., 2019). Actualment el seneci del Cap (*Senecio inaequidens*) és una de les que potencialment pot agafar cada vegada més espai, colonitzant amb més rapidesa els espais amb vegetació absent, com pot ser una pastura supraforestal després de patir un episodi de sequera prolongada, o un episodi climàtic extrem. Alguns estudis indiquen que les espècies invasores poden dispersar-se a altituds més elevades a causa del canvi climàtic, aproximadament el doble de ràpid que les espècies autòctones (Dainese et al., 2017).

Amb l'augment de les temperatures també s'espera que la **línia de bosc o treeline pugi de cota** ocupant un espai que actualment està format en gran mesura per pastures supraforestals (Batllori, E. et al., 2009; IPCC, 2022; Wielgolaski et al., 2017), malgrat que aquesta substitució està influïda per múltiples factors (l'heterogeneïtat ambiental, els usos del sòl actuals i de passat, condicions microclimàtiques...) i no està tenint una tendència linear únicament amb l'augment de les temperatures (Sigdel et al., 2018, 2020). Aquest canvi d'ecosistema comença a la zona d'ecotò⁷, sovint amb una presència elevada o major de la comunitat arbustiva (abarsets, nabiu, ginebró...), que pot arribar a ser dominant i sota la protecció climàtica dels quals poden anar guanyant terreny arbres com el pi negre (Grau et al., 2013). L'augment de la línia del bosc influencia també la durada de la coberta de la neu i les condicions d'humitat i de nutrients en aquests espais (Wielgolaski et al., 2017).

Per altra banda, l'augment de la **freqüència dels fenòmens climàtics extrems** tals com pluges abundants i continuades, es preveu que pugui potenciar els riscos geològics existents en territoris de muntanya, tals com el lliscament de terreny o inundacions a zones de fons de vall. Aquests riscos en zona agrícola, poden contribuir a la pèrdua de sòl després d'aquests episodis, i és un potencial risc que augmenta la vulnerabilitat d'aquests ecosistemes davant de les espècies invasores o altres canvis potencials d'hàbitat. La qualitat del sòl en aquests entorns també es pot veure compromesa, tant per l'acumulació de terres posterior al procés d'una riuada (amb grans quantitats de roques mobilitzada i l'eliminació parcial o total del sòl i la vegetació).

Per resumir, els perills i impactes potencials que cal valorar pel sector primari de les pastures supraforestals d'Andorra són:

⁷ Ecotó: espai de transició entre dos ecosistemes.

- **Canvis al règim hídric de les pastures: sequeres prolongades** que puguin impactar en canvis dels ecosistemes i a una baixada del creixement vegetatiu i per tant de la producció de les pastures; **manca de disponibilitat d'aigua** en períodes de creixement que redueixin la producció i augmentin l'estrès hídric.
- **Manca de fred a l'hivern i augment de les temperatures**, que indueixin canvis a la fenologia i a la capacitat reproductiva de les pastures.
- **Reducció de la coberta de neu**, que pugui exposar a la vegetació herbàcia alpina a baixes temperatures o a rangs extrems, canviant també la disponibilitat de nutrients i el seu cicle.
- **Major concentració de CO₂ i de pols sahariana**, que pugui augmentar la fertilitat dels sistemes agro-pastorals.
- **Augment de les espècies invasores** a les zones agro-pastorals, sobretot després d'un impacte climàtic que hagi reduït la resistència d'aquests ecosistemes o que hagi modificat l'entorn físic.
- **Pujada de la línia del bosc**, que redueixi la superfície útil de pastures supraforestals i fomenti canvis ecològics relacionats amb el cicle de l'aigua i la neu en aquests espais.
- **Augment dels fenòmens climàtics extrems** que potencia els riscos geològics com lliscament del terreny o inundacions i disminució de la qualitat del sòl en aquests espais.

1.4 El canvi climàtic a la ramaderia

1.4.1 Context general i situació a Andorra

La ramaderia actual a Andorra és de tipus extensiva, tot i haver-hi algun cas a Andorra de pastura avícola, però que no es valorarà en aquest estudi per tenir una presència molt puntual.

La ramaderia extensiva és un agent imprescindible i indissociable del manteniment i la supervivència de les pastures de muntanya que trobem a Andorra, un ecosistema seminatural que ha estat modelat com a tal en sincronia a la presència d'herbívoros (salvatges i de renda) des del neolític (Díaz et al., 2007) i del que s'analitza l'impacte del canvi climàtic a l'apartat anterior. La ramaderia a Andorra no té només el paper econòmic o de cria de bestiar sinó que contribueix a conservar el paisatge, mantenir les muntanyes i les pastures tal com les coneixem, mantenir serveis ecosistèmics com la prevenció d'incendis o el manteniment de la biodiversitat entre molts altres. El Govern d'Andorra té identificats la importància del manteniment d'aquestes pràctiques

agrícoles i alguns decrets ja estructuraven un sistema d'ajuts a les pràctiques agràries favorables, com el "Reglament d'ajut al foment de pràctiques agràries específiques per al manteniment del medi natural", de 2018 i modificat al 2024.

A Andorra la ramaderia actual està formada bàsicament per tres tipus de bestiar: boví, equí i oví. Parlem d'un sistema agro-ramader que segueix les rutines anuals ancestrals amb un calendari adaptat a les condicions climàtiques de les estacions i al tipus de bestiar. Aquestes rutines s'han anat perfeccionant durant centenars d'anys amb l'objectiu de treure el màxim rendiment de les pastures, i que s'adapti a les tradicions locals i creences històriques (com la benedicció del bestiar, el reagrupament dels ramats per un dia en el santoral, etc.) (Komac et al., 2020).

Aquests tres grups d'animals, per anatomia i funcionament, no tenen la mateixa manera d'aprofitar l'herba d'una pastura, ni la mateixa capacitat d'alimentar-se d'uns o altres elements vegetals i per això tindran diferents tipus de rutines (Komac et al., 2020). El calendari comença amb un reagrupament del bestiar per parròquies a finals de primavera, que puja a la muntanya fins, habitualment, mitjans de tardor (octubre-novembre). En aquest moment el bestiar fa ús de prats de dall i rebaixants, per aprofitar les restes de prat després del dall (redall) i és una pràctica que facilita que aquests prats es fertilitzin. L'hivern sol ser un moment on el bestiar ha d'estabular-se per la manca d'aliment a les pastures (que solen trobar-se innivades), i per bé que alguns caps de bestiar andorrans poden passar l'hivern a Andorra, molts d'altres es desplacen cap a altres regions més càlides (la plana de Lleida i l'Urgell majoritàriament a l'actualitat). Antigament aquest canvi d'ubicació es feia mitjançant la transhumància, una pràctica tradicional que implica molt més que un simple desplaçament, però avui en dia els canvis al sector ramader han suposat que majoritàriament el bestiar es transporta amb camions.

L'activitat ramadera a Andorra ha tingut lloc des de segles enrere on, malgrat que hagi variat la tipologia de bestiar dominant o s'hagi modernitzat algun dels seus processos, ha estat influenciat sobretot per factors únicament socioeconòmics (Komac et al., 2020). El sector ramader actualment està sotmès a vàries pressions i no només climàtiques, com la pèrdua de capital humà o la falta de relleu generacional (amb una edat mitjana dels titulars del sector de 63 anys l'any 2020 (Komac et al., 2020) i de 65 l'any 2025 (Departament d'Agricultura, 2025)). Així doncs, és un sector que malgrat que tingui una capacitat d'adaptació, no ha fet encara el procés per analitzar com el canvi climàtic influirà al seu futur i fer passos evidents cap a una reducció d'impactes.

1.4.2 Identificació dels principals riscos a la ramaderia

L'impacte del canvi climàtic en aquest sector és incert, però coincident amb la necessitat d'adaptar-se als nombrosos impactes que estan previstos per un augment de les temperatures, un canvi dels règims hídrics i totes les implicacions al medi natural que analitzem en aquest estudi (Cheng et al., 2022). En la ramaderia de

muntaña es preveuen afectacions a la disponibilitat, composició florística i valor nutritiu dels prats i pastures que utilitzen els animals, la disponibilitat i qualitat de l'aigua, els canvis als espais que utilitzen, entre altres aspectes de benestar animal, de sanitat i de la pèrdua de rendiment i la producció de les explotacions ramaderes.

La **disponibilitat i qualitat d'aliment** dels animals de renda, és un dels reptes que el sector ramader haurà de fer front, esperant-se escenaris amb variacions interanuals d'oferta farratgera, on no està clar si el canvi climàtic produirà un augment o una disminució de la mateixa (vegeu apartats anteriors). El canvi climàtic també tindrà efectes en la qualitat farratgera de l'herba, esperant-se canvis en la qualitat nutricional de l'herba (proteïna, fibra, lignina..) i al seu torn podent-se modificar la seva capacitat energètica, de digestibilitat, etc. tot i que els estudis mostren direccions diferents en funció de si es té en compte un augment de la temperatura, o una disminució de les precipitacions. És complex entendre com s'interrelacionaran alguns factors intrínsecs de cada pastura: la composició florística i la seva biodiversitat, la resiliència de la vegetació davant de sequeres prolongades, l'absència de fred hivernal o l'augment del fred en perdre's la capa protectora de la neu... són alguns dels punts que caldrà analitzar per mirar d'entendre les vulnerabilitats d'aquest sector.

La **disponibilitat d'aigua** o l'assecament de fonts que utilitza la ramaderia extensiva en la seva estada a la muntanya, és un dels altres punts on aquest sector podria ser vulnerable, si les previsions de disminució de la precipitació o sequeres prolongades acaba sent determinant. La qualitat de l'aigua és un altre punt que hi té molta relació. Les necessitats d'aigua dels animals és molt variable i depèn del pes, de l'alimentació, de l'edat i de les condicions climàtiques. Per posar algunes dades, una vaca adulta necessita una quantitat d'aigua que podria estimar-se entre uns 30-50 litres diaris, per tenir un bon estat de salut. Pel bestiar equí els valors estimatius podrien situar-se entre els 25 i 40 litres d'aigua diària per animal, i per l'oví molt menor, essent el valor estima d'uns 4 litres d'aigua per animal i per dia. Aquests valors són només indicatius.

Si les precipitacions estivals disminueixen, en el moment que aquest bestiar està lluny de rius principals o fonts importants, caldrà establir bé les necessitats bàsiques mínimes dels animals i fer una gestió adaptativa de les mateixes. En absència d'aigua és possible que la restant estigui més fàcilment contaminada (per les pròpies dejeccions dels animals, el fang que mobilitzen, o altres factors) o que els abeuradors pugui ser punts focus de malalties.

Un altre dels impactes que poden actuar sobre la ramaderia, està relacionada amb **l'augment de fenòmens climàtics extrems** (IPCC, 2022), tals com pedregades o pluges intenses i continuades que poden afectar greument els espais on la ramaderia es desenvolupa. Les pastures supraforestals solen ocupar espais grans a altituds entre 2200 i 2600 m (Komac et al., 2020), però també la ramaderia sol fer ús en determinades èpoques de l'any, dels prats de dall de fons de vall, normalment situats

en zones inundables. L'augment del risc d'inundacions (Wasko et al., 2021), tant mentre els animals hi són, com quan no, podria comprometre la estabilitat del sòl en aquests espais i la perdurabilitat d'aquests ambients, d'altra banda rics en biodiversitat.

Els canvis de fenologia, de disponibilitat d'aigua o d'increment dels episodis extrems poden resultar en a una modificació de la **composició florística dels prats**, a on les plantes lleguminoses es podrien desenvolupar millor que les gramínies. Aquests canvis de diversitat poden tenir un impacte en la qualitat del farratge ja que les espècies que substitueixen les plantes tradicionals poden tenir menor valor nutritiu per al bestiar (Dumont et al., 2015) i doncs tenir una repercussió en la qualitat dels productes derivats. Segons el grup d'experts francès GREC-SUD (2018) algunes espècies farratgeres es podrien substituir per raigràs o trèvols, més adaptats als períodes de sequera, per tal de mantenir la riquesa dels prats (i la diversitat biològica associada). Però com s'ha apuntat, **espècies invasores** com el seneci del Cap (*Senecio inaequidens*) que no son comestibles (i són fins i tot tòxiques) pel bestiar podrien aprofitar les noves condicions climàtiques per expandir-se i generar una important pèrdua de productivitat dels prats. Finalment, un canvi en la naturalitat dels hàbitats tradicional d'Andorra podria perjudicar les explotacions agràries per a l'obtenció d'ajut pel foment de pràctiques agràries específiques per al manteniment del medi natural (BOPA 23, 2018).

El **benestar animal** és un dels altres aspectes en els que caldrà establir indicadors ja que el canvi climàtic és un dels factors que potencialment poden empitjorar aquesta variable a la ramaderia. Per una banda ja s'ha comentat que la qualitat de l'aigua és un dels factors que poden implicar més malalties en el bestiar. D'altra banda el canvi climàtic impacta directament al **rendiment de les explotacions ramaderes**. Les temperatures altes provoquen estrès tèrmic en els animals de renda, cosa que implica reducció del creixement dels animals, i una menor producció (de carn, de llet, etc.), disminució de les taxes de reproducció, reducció de la resistència als patògens i major taxa de mortalitat (Cheng et al., 2022; Generalitat de Catalunya, 2022; IEC & Generalitat de Catalunya, 2016).

Un altre dels punts on la ramaderia haurà d'incorporar una vigilància i prevenció major és en la **propagació i aparició de noves malalties**, o l'expansió de les ja existents. Per això és imprescindible conèixer a fons els factors climàtics que determinen la distribució d'aquests patògens o dels seus vectors que poden afectar la sanitat animal a la ramaderia de muntanya. Els últims anys (2023-2024) la irrupció amb força d'algunes malalties com la llengua blava (causada per *Orbivirus*, anomenat BTV per les sigles en anglès de Bluetongue Virus i que utilitza com a vector mosquits del gènere *Culicoides*), o el virus del Nil Occidental (causada per *Flavivirus* i dispersada per ocells i mosquits), ja han fet aixecar alarmes en territoris propers a Andorra i havent-hi hagut també alguns casos dins el Principat. La incidència que aquest tipus de malalties té en el benestar animal és molt alta i compromet fins i tot la supervivència d'algunes explotacions ramaderes. El canvi climàtic afavoreix la presència d'alguns dels vectors

d'aquestes malalties, com els propis mosquits culicoides, que en situacions d'augment de temperatures tenen un nínxol ecològic més ampli que en situacions climàtiques de referència (Cheng et al., 2022; IEC & Generalitat de Catalunya, 2016).

La **distribució i l'abundància de les malalties transmeses per vectors (MTV)** són directament influïdes per factors climàtics, ja que tant els patògens com els vectors són organismes ectotèrmics (de sang freda). Això implica que les taxes de desenvolupament, supervivència i reproducció augmenten amb la temperatura (IEC & Generalitat de Catalunya, 2016). Les malalties que ja són endèmiques a la regió pirinenca, doncs, poden augmentar la seva capacitat de transmissió i tenir una incidència més alta. Per contra, l'aparició de nous patògens és molt possible davant de l'escenari de canvi climàtic previst. Són exemples de malalties endèmiques la leishmaniosi (transmesa per tàvecs) o la malaltia de Lyme (transmesa per paparres), entre altres. La concentració d'animals als abeuradors en episodis de sequera, pot facilitar el contacte entre ells i afavorir la transmissió d'aquestes malalties.

Els canvis en la fenologia de les espècies propiciats per la **fosa de neu primerenca**, o la sequera estival prolongada, podran ser un dels reptes principals en la gestió actual de les pastures, ja que adequar el calendari pastoral o augmentar-ne la capacitat d'adaptació poden ser tasques complexes en una activitat amb segles d'història. Algunes de les capacitats adaptatives que hi ha al sector són les adaptacions al calendari anual i les rutines de muntanya del bestiar, i revisar la possibilitat de passar l'hivern a Andorra i les implicacions socioeconòmiques i ecològiques que això pugui comportar... entre altres mesures adaptatives.

D'altra banda, una mesura adaptativa important és revisar l'estat dels punts d'aigua a les pastures supraforestals i aconseguir tenir una reactivitat alta davant de períodes de sequera per assegurar que el bestiar pot disposar sempre de punts d'aigua de qualitat, sense que aquest fet comprometi la conservació d'espais humits singulars i sensibles com els estanys o les molles d'Andorra.

En resum, els perills i impactes potencials que cal valorar pel sector primari de la ramaderia d'Andorra són:

- **Disponibilitat d'aliment** dels animals a la ramaderia extensiva, variabilitat de l'oferta farratgera segons la disponibilitat d'aigua i precipitacions.
- **Qualitat d'aliment disponible**, variabilitat nutricional segons els factors climàtics. Manca de capacitat energètica, pèrdua de digestibilitat, augment de l'emmatament a les pastures...
- **Canvis en la composició florística dels prats** i espècies invasores, poden causar dificultats per a l'obtenció de l'ajut per al foment de les pràctiques agràries específiques per al manteniment del medi natural.

- **Disponibilitat d'aigua** de boca pel bestiar. Assecament dels abeuradors o punts d'aigua a la muntanya. Disminució de la cobertura nival i per tant canvis en els règims hídrics en els períodes de fosa i disponibilitat d'aigua estival.
- **Augment dels fenòmens climàtics extrems** i afectació tant dels animals com dels espais de pastura. Pèrdua de la qualitat del sòl davant d'aquests episodis.
- **Pèrdua de benestar animal** tant per la mala qualitat de l'aigua com per un augment de l'estrès tèrmic dels animals.
- **Baixada de rendiment ramader** per efecte directe del canvi climàtic, on l'estrès tèrmic dels animals afecta la seva producció, reproducció, capacitat immunitària, entre altres.
- **Propagació i aparició de malalties** en animals sota condicions no òptimes i un estat sanitari inadequat, a causa de la major presència d'alguns dels vectors de malalties afavorits pel canvi climàtic.

1.5 El canvi climàtic al sector forestal

1.5.1 Context general i situació a Andorra

Els boscos representen més del 40% de la superfície d'Andorra (Caritg, 2012). Aquesta superfície no és estable i actualment presenta una tendència d'augment per l'abandonament de les activitats tradicionals i el canvi climàtic. Recentment en l'estudi sobre el canvi d'usos del sòl es va constatar que hi ha hagut un augment del 2% en 17 anys (1995 – 2012) (Caritg & Martin, 2023). La superfície forestal, en general, inclou a més dels boscos, les pastures, els matollars, els torrents i rierols i els erms. No obstant en aquest apartat només farem referència als boscos, entesos com a superfícies arbrades que presenten com a mínim un 10% de fracció cabuda de coberta⁸.

La importància dels boscos en un país de muntanya com Andorra és clau. D'una banda protegeixen les valls de l'erosió, dels moviments de vessant i de les allaus. També són els responsables d'una part important de la fixació de carboni atmosfèric del país, i per tant, de la mitigació del canvi climàtic. Alhora alberguen una biodiversitat exclusiva i que sovint representa espècies amenaçades. El boscos són espais recreatius, d'esbarjo

⁸ La Fracció Cabuda de Coberta és la proporció (%) de la superfície terrestre coberta per la projecció vertical de la capçada dels arbres.

i esport. I finalment son recursos econòmics, ja sigui per produir biomassa forestal o altres productes fustaners o no fustaners.

L'Estratègia Pirinenca de Canvi Climàtic (EPICC) ja identificava els **boscors dels Pirineus** com a superfícies d'elevada capacitat d'actuar com a embornals de carboni, contribuint, així, a la neutralitat climàtica de les regions que en depenen (OPCC ADAPYR, 2021). Alhora l'EPICC assenyala els boscors com a comunitats altament impactades pels efectes del canvi climàtic, amb evidents efectes de decaïment forestal a tota la serralada. Per tot plegat, són nombroses les estratègies europees que busquen reduir la desforestació o garantir processos d'economia circular i sostenible, com l'*European Green Deal* (European Commission, 2019) o el programa *REDD+* (UNFCCC, s.d.), per tal de reduir o mantenir l'embornal de carboni als boscors. D'altra banda, entitats rellevants en l'àmbit forestal Europeu, com és el European Forest Institute⁹, aposten per enfortir la bioeconomia en detriment de la reforestació. En aquest sentit es proposa un nou model de gestió forestal basat en el *Climate-Smart Forestry*, que busca la millora de la producció forestal, l'adaptació i mitigació dels boscors al canvi climàtic, i alhora el manteniment de les funcions ecosistèmiques (Bowditch et al., 2020; Jandl et al., 2018; Verkerk et al., 2020).

El treball més actualitzat i complet que es té de la massa forestal d'Andorra és l'Inventari Nacional Forestal, que es va realitzar l'any 2022 (Beltran Barba, Busquets Olivé, Piqué Nicolau, Domènech Ferrés, et al., 2023; Beltran Barba, Busquets Olivé, Piqué Nicolau, Llena Gasol, et al., 2023; Beltran Barba et al., 2024). El treball de camp va tenir lloc durant l'estiu del 2022 i l'estudi va servir per a la caracterització dasomètrica dels diferents tipus de boscors del Principat d'Andorra, així com per a quantificar l'estoc i embornal de carboni de les diferents fraccions de la matèria orgànica forestal l'any 2022.

L'Inventari Nacional Forestal agrupa en 15 estrats els principals tipus de masses forestals d'Andorra. Es poden consultar a la Figura 7.

⁹ <https://efi.int/articles/green-deal-needs-forest-bioeconomy>

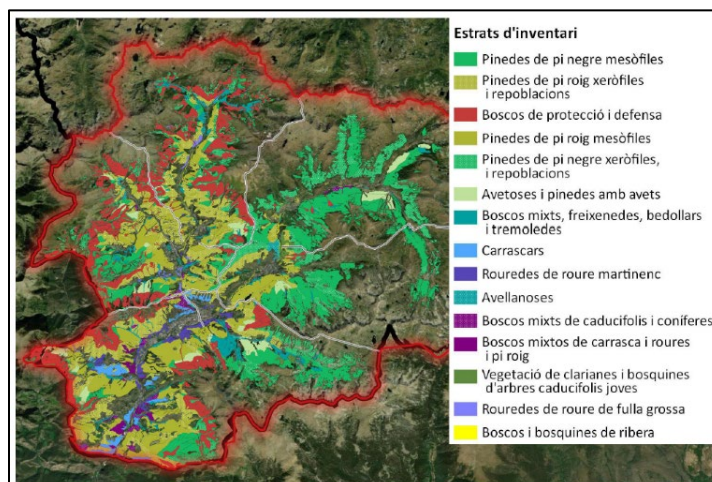


Figura 10. Tipologia de boscos d'Andorra identificats a l'Inventari Nacional Forestal d'Andorra. Font: (Beltran Barba, Busquets Olivé, Piqué Nicolau, Domènech Ferrés, et al., 2023).

Segons l'anàlisi elaborat al "1r Inventari Nacional Forestal (INF1) del Principat d'Andorra. Estimació de l'estoc i l'embornal de carboni total als boscos d'Andorra" (Beltran Barba, Busquets Olivé, Piqué Nicolau, Llena Gasol, et al., 2023) el carboni total emmagatzemat a Andorra s'estima que és, l'any 2022, de 2.353.546 tones de carboni total, sense comptar l'estoc del sòl mineral, amb una capacitat d'embornal estimada en 56.090 t/any (unes 205.850 tones/any de CO₂ atmosfèric equivalent) només a la fracció arbrada. Aquesta capacitat d'embornal i d'estoc de carboni és un dels serveis ecosistèmics que el canvi climàtic modificarà en el seu impacte a Andorra.

L'augment de la superfície forestal arbrada, està significativament relacionada amb la disminució de l'escolament d'aigua superficial ja que hi ha un augment d'us de **l'aigua verda** i, per tant, una **pèrdua d'aigua blava**¹⁰. La disminució dels cabals dels últims 50-60 anys a les conques hidrogràfiques espanyoles, s'ha atribuït més a l'augment de coberta forestal que no a les variacions de temperatura i precipitació (López-Moreno et al., 2006).

L'impacte socioeconòmic de les masses forestals a Andorra també es pot valorar des del punt de vista energètic i de producció, vegeu informe EViCC del sector Energia per a més informació (Borges et al., 2024).

1.5.2 Identificació dels principals riscos al sector forestal

¹⁰ L'aigua verda és l'aigua que és utilitzada per la vegetació i retorna directament a l'atmosfera a partir de l'evaporació o evapotranspiració. L'aigua blava és l'aigua procedent de la pluja que acaba formant part del cabal dels rius i del recurs hídric en general. <https://www.creaf.cat/ca/articles/laigua-no-es-tan-sols-blava-que-es-laigua-verda-i-quina-relacio-te-amb-la-gestio-forestal>

Segons s'extreu de l'informe EViCC del sector Energia (Borges et al., 2024) "els boscos del Pirineu han augmentat en superfície i densitat en les últimes dècades (Améztegui et al., 2010), mentre que l'augment de la temperatura i dels períodes de sequera, han propiciat un augment en l'evapotranspiració i en la reducció dels estocs d'aigua al sòl forestal. En aquest context, augmenta el **risc de grans incendis forestals** (Nolan et al., 2021), i es redueix el creixement de la massa forestal, predisposant-la al decaïment i a la mortalitat (Allen et al., 2015; Cailleret et al., 2017)". En el futur, als Pirineus, les sequeres seran més freqüents, més severes i de més durada (Naumann et al., 2018; Spinoni et al., 2015). Per tant, la **sequera** és i serà, un dels factors dominants que afectarà els boscos del Pirineu. La influència de les sequeres en diverses espècies de coníferes ha estat força estudiada (Andivia et al., 2020; Julio Camarero et al., 2018; Kurz-Besson et al., 2016; Pasho et al., 2011; Vergarechea et al., 2021), mostrant que el creixement es veu seriosament compromès. La sequera condiciona la sanitat forestal, la capacitat de resiliència dels boscos i la resistència que puguin oferir davant d'impactes com plagues forestals.

Les projeccions d'increment de les **temperatures** als Pirineus i a Andorra estan ben estudiades, com s'exposa a l'apartat 1. Introducció. Aquestes projeccions impliquen que els arbres necessitin disposar de més aigua del sòl per mantenir l'evapotranspiració associada al seu funcionament. En absència d'aquesta aigua seran més habituals processos com l'embòlia vegetal, el tancament de vasos conductors cap a certes parts de les estructures arbòries, el decaïment o la cavitació (Feng et al., 2021). Durant el decaïment, es redueix o fins i tot s'atura el creixement vegetal. En alguns casos es pot arribar a la mortalitat extensa i conjunta d'una massa forestal (Sánchez-Salguero et al., 2017). D'altra banda, aquest procés de disminució dels òptims ecològics per a moltes espècies, produirà un **canvi progressiu de la distribució** d'algunes d'aquestes espècies forestals (Coll et al., 2019; Delpi et al., 2022; OPCC-CTP, 2018) propiciant que les espècies amb requeriments hídrics menors o més resistents al dèficit hídric puguin guanyar competitivitat i a mig termini establir-se en espais nous. Alguns exemples serien la substitució de pinedes de pi roig per rouredes mixtes a cotes més baixes, o per alzinars (Coll et al., 2019; Galiano et al., 2010; Peñuelas et al., 2017). Els boscos que es creu que poden estar més afectats són les pinedes de pi negre i de pi roig, que ocupen grans superfícies a Andorra, i les avetoses (Gazol et al., 2020; OPCC-CTP, 2018).

En relació als **cabals hidrològics**, amb un escenari d'augment de temperatura, de sequeres prolongades i onades de calor accentuades, així com la tendència de creixement de les masses forestals tant a la seva part altitudinal superior (vegeu apartat 1.2) com de densificació de les masses existents, es pot preveure que hi haurà una disminució dels cabals hídrics a les conques andorranes en disminuir l'aigua blava disponible.

En el context de canvi climàtic, augmenta la vulnerabilitat forestal exposant els arbres a **malalties i produint-se un augment dels agents patògens** (Allen et al., 2015). Els patògens que actualment s'ha pogut constatar que més estan afectant a les masses forestals d'Andorra, són insectes com l'eruga processionària (*Thaumetopea pytocampa*) o són provocades per fongs com *Lophodermium pinastri* i la falsa banda vermella (*Cyclaneusma minus*), endòfits naturals de les acícules dels pins que en condicions d'estrès per l'arbre poden comportar-se com a patògens. També s'ha observat un increment de pins afectats per escarabats escolítids (*Tomicus* sp. i *Ips* sp.) (M. Niell, com. pers.).

Aquests només són dos exemples d'afectacions que es preveu que aniran en augment i a les que s'afegiran altres malalties, ja que un ecosistema impactat per una climatologia que li és adversa, és més fàcil que ofereixi poca resistència a aquest tipus d'afectacions (Logan et al., 2003). Cal tenir en compte que davant d'una afectació severa i continuada, els agents patògens poden convertir-se en **plaga**, causant problemes de forma extensa i persistent a l'ecosistema forestal, malgrat que el comportament d'alguns insectes patògens respondrà negativament a les onades de calor o altres factors climàtics (Jactel et al., 2019). A escala andorrana els patògens que es preveu que podrien tenir més incidència en la salut dels boscos són pel fong causant de les malalties de les "bandes roja o marró" (*Dothistroma* sp.) una espècie encara no detectada, però la presència de la qual es preveu que acabarà propagant-se si continua l'actual estat d'estrès dels boscos, així com un increment d'afectacions per part d'escolítids en un escenari de canvi climàtic. Altres espècies podrien acabar convertint-se en un problema forestal, com diverses espècies de lepidòpters o de himenòpters, alhora que poden arribar noves espècies patògenes a causa de la nova situació climàtica (Logan et al., 2003), com és el cas de la xinxa americana del pi (*Leptoglossus occidentalis*), ja observat al territori andorrà. Sobretot en el cas d'insectes, s'espera que el canvi climàtic tingui un efecte positiu en el seu desenvolupament amb temps de generació més curts, una reproducció i una supervivència més altes, fets que produiran una major expansió del seu abast i incidència (Jactel et al., 2019). D'altra banda, els factors climàtics extrems que afectaran les masses forestals també podrien influir negativament a aquestes plagues, com ara les onades de calor o xocs tèrmics que els poden augmentar la mortalitat, les altes temperatures incidint a una menor palatabilitat dels teixits vegetals dels que s'alimenten, o en un augment també dels propis parasitoides i depredadors d'aquests insectes. És una situació complexa i que no tindrà una resposta senzilla.

L'augment dels **fenòmens climàtics extrems** com pluges intenses, ventades i esclafits, poden provocar un augment dels riscos naturals associats a esllavissades, arrossegament de masses boscoses i caiguda d'arbres. Més d'un 35% de la superfície d'Andorra es troba en una pendent superior als 30° (Komac, com. per. 2022), essent considerada una situació de risc pel desencadenament d'allaus i destrucció de massa boscosa. A més, pendents superiors a 20°, incrementen significativament el risc de

lliscaments de terreny i d'esllavissades després de precipitacions abundants (LIFE_eCOadapt50, 2024). Els boscos exerceixen la funció de protecció del terreny i la disminució del risc davant de fenòmens meteorològics extrems, podent-se considerar com una *Solució basada en la naturalesa* davant dels fenòmens climàtics (NBS) (de Jesús Arce-Mojica et al., 2019). Una desaparició d'aquests boscos o un augment en la seva vulnerabilitat, incrementaria molt el risc de lliscament del terreny, allaus, erosió del sòl i inestabilitat dels vessants.

En resum, els perills i impactes potencials que cal valorar pel sector primari silvícola d'Andorra són:

- Augment del **risc d'incendi forestal**, per l'augment de les temperatures i els episodis de sequera que situen les masses forestals a un nivell de vulnerabilitat superior a l'actual.
- Augment de l'**estrès hídric dels boscos**, on també les altes temperatures i la falta de precipitacions situarà els arbres en una situació anòmla i vulnerable.
- Situacions de **decaïment forestal** generalitzat, però amb més incidència a espècies arbòries més vulnerables.
- Canvis en la **distribució d'espècies forestals**, a causa dels nous òptims ecològics ocorreguts pels canvis en precipitació i temperatura.
- **Disminució dels cabals hidrològics** i l'aigua blava, en una situació de més captació d'aigua verda per part de boscos en creixement i densificació, i climatologia més càlida i seca.
- Augment de **plagues i problemes de sanitat forestal**, en boscos en situació d'estrès hídric i amb la major capacitat d'incidència dels patògens amb temperatures més altes.
- **Augment dels riscos naturals** relacionats a situacions d'inestabilitat dels vessants i/o erosió i pèrdua de qualitat del sòl, en una major incidència de fenòmens climàtics extrems associats a la pèrdua o debilitament de les masses forestals.
- **Disminució de la capacitat d'embornal de carboni** atmosfèric als boscos, en aquests estar en situació de decaïment, estrès i una sanitat forestal compromesa.

2. Abast de l'estudi

Aquest estudi pretén, per una banda, fer una revisió de l'estat de l'art dels impactes del canvi climàtic sobre el sector primari al Principat d'Andorra. D'altra banda, l'estudi vol aprofundir en les mancances de dades i resultats amb l'objectiu d'identificar indicadors clau per facilitar el seguiment dels impactes i la vulnerabilitat del territori andorrà davant del canvi climàtic.

A partir d'aquest anàlisi d'impactes, es realitzarà una anàlisi de vulnerabilitat i de potencialitats tant en l'àmbit dels espais agrícoles, les pastures, com de la ramaderia i finalment la silvicultura, com s'ha apuntat en el capítol introductori. Les Taula 1, 2, 3 i 4 presenten el resum dels potencials impactes del canvi climàtic sobre el sector primari a Andorra en base a l'estat de l'art presentat en la secció anterior.

Aquests resultats permetran desenvolupar un full de ruta i pla d'adaptació detallat pel sector a Andorra, que s'haurà de treballar de forma consensuada per la seva implementació i posada en marxa a través d'un procés de co-creació i co-desenvolupament, seguint els objectius que es detallen a l'apartat següent, així com amb els actors i entitats col·laboradores identificades a l'apartat 2.2.

PERILL		RISC	FACTOR CLIMÀTIC			POTENCIAL IMPACTE
			Augment de temperatura	Variabilitat de precipitació	Altres variables climàtiques	
ESPais AGRÍCOLES	Canvis a la fenologia de les plantes de cultiu	L'augment de temperatura provoca un avançament en els processos fenològics clau dels cultius.	Augment de la temperatura Gelades tardanes			L'avançament de processos fenològics clau augmenta la vulnerabilitat dels cultius davant d'episodis climàtics habituals per l'època però no pel procés, com gelades de primavera, afectant la producció, qualitat, rendiment dels cultius i augmentant la vulnerabilitat de les plantes a fitopatògens.
	Increment de plagues i malalties als cultius	Els canvis de les condicions climàtiques faran créixer les possibilitats de tenir plagues i malalties als cultius.	Augment de temperatura	Variabilitat de precipitació	Canvi de condicions climàtiques	Increment de la sensibilitat dels cultius als patògens. Canvis d'estacionalitat de les fitopatologies habituals. Expansió de nous organismes no presents, causants de plagues o malalties.

Pèrdua de productivitat i qualitat dels productes agrícoles	Situacions climàtiques anòmales deriven en un major dèficit hídric que pot provocar danys i pèrdues als espais agrícoles.	Onades de calor	Sequeres prolongades	Fenòmens extrems	Augment de la sensibilitat dels cultius davant de patologies. Episodis amb important dèficit hídric. Dificultats per rendibilitzar els productes agrícoles.
Complexitat en la gestió del recurs hídric	L'augment de temperatura i episodis de sequeres prolongades o variabilitat de precipitació obliga a una gestió del recurs hídric també als espais agrícoles.	Augment de temperatura	Variabilitat de precipitació Sequera		Pèrdua de capacitat d'adaptació del sector davant de situacions de dèficit hídric o amb modificacions del recurs hídric disponible pels cultius.
Pèrdua de l'IGP dels productes agrícoles	Dificultats per a mantenir els requisits per l'obtenció de l'IGP			Canvi de condicions climàtiques	Davant un canvi ecosistèmic induït pel clima, els productes agrícoles podrien perdre el segell IGP - d'Indicació Geogràfica Protegida, a l'haver d'adaptar-se.

Taula 1. Resum dels potencials perills, riscos i impactes del canvi climàtic sobre els espais agrícoles a Andorra.

PERILL		RISC	FACTOR CLIMÀTIC			POTENCIAL IMPACTE
			Augment de temperatura	Variabilitat de precipitació	Altres variables climàtiques	
PASTURES	Pèrdua de qualitat farratgera	Alteració dels cicles vegetals i els cicles de nutrients.	Augment de la temperatura	Sequera		Sequeres prolongades poden afectar a una pèrdua de la qualitat agrícola a les pastures
	Alteració de la producció de les pastures	Variabilitat en la producció de biomassa de les pastures.	Augment de la temperatura	Sequera	Pols sahariana Augment de CO2 atmosfèric	La manca de disponibilitat d'aigua en períodes de creixement pot reduir la producció i augmentar l'estrès hídric de les pastures. D'altra banda, l'augment de CO2 o d'onades de pols sahariana en poden incrementar la producció si les altres condicions climàtiques són favorables, com un augment de fertilització.

				Incertesa de la capacitat d'embornal de CO2.
Disminució de capacitat reproductiva vegetal i canvis en la fenologia	Reducció de la cobertura de neu.	Manca de fred hivernal	Pèrdua mantell nival	La manca de fred hivernal repercuteix negativament en la capacitat reproductiva de les plantes.
Augment dels riscos geològics	Augment de l'erosió del sòl i inestabilitat de vessants Pèrdua de la qualitat del sòl Risc d'inundació fluvial	Episodis extrems de precipitació		Canvis ecològics a l'espai físic de les pastures, pèrdua de la qualitat del sòl i de la superfície de les pastures.
Canvis ecològics a les pastures	Pèrdua de la superfície útil de pastures per la pujada de la línia del bosc. Pèrdua de la diversitat per augment d'espècies invasores.	Augment de la temperatura	Variabilitat de precipitació Fenòmens extrems	La debilitat de les pastures i el seu ecosistema pels factors climàtics o per episodis climàtics extrems afavorirà la pujada de la línia del bosc i l'augment de les espècies invasores.

Taula 2. Resum dels potencials perills, riscos i impactes del canvi climàtic sobre els sistemes agro-pastorals de muntanya a Andorra.

PERILL	RISC	FACTOR CLIMÀTIC			POTENCIAL IMPACTE
		Augment de temperatura	Variabilitat de precipitació	Altres variables climàtiques	

RAMADERIA	Variabilitat de l'oferta farratgera	Manca de la disponibilitat d'aliment vegetal. Pèrdua de la qualitat nutricional. Canvis fenològics a les pastures (avançament o absència de processos fenològics vegetals). Canvis en la composició florística dels prats i augment d'espècies invasores.	Augment de la temperatura	Variabilitat de precipitació	El bestiar de renda pot tenir mancança d'alimentació natural a les pastures per una baixada de la producció i la qualitat nutricional de les mateixes, així com pels efectes colaterals com l'emmatament de les pastures o la presència d'espècies invasores o els canvis fenològics en el calendari anual. Pèrdua de l'obtenció de l'ajut pel foment de pràctiques agràries específiques per al manteniment del medi natural.
	Mala qualitat i disponibilitat de l'aigua de beure per la ramaderia extensiva	Mancances en la disponibilitat d'aigua per beure pel bestiar de renda, assecament de punts d'aigua a l'alta muntanya, en períodes de fosa de neu i estivals.	Onada de calor	Sequera Ratxa seca	Pols sahariana Pèrdua mantell nival L'arribada d'onades de calor, pols sahariana en absència de precipitacions normals, pot crear escenaris de mala qualitat o mala disponibilitat de l'aigua per beure a la ramaderia extensiva en el seu pas per les muntanyes. Els canvis en el règim hídric de la fosa de neu canviarà la disponibilitat d'aigua estival.
	Augment dels riscos naturals amb implicacions per la ramaderia	Els fenòmens extrems poden produir inundacions als espais utilitzats pel bestiar, com lliscaments del terreny, etc.		Precipitacions extremes Pedregades Vents extrems	La pèrdua d'espais d'ús de la ramaderia és un dels impactes potencials de fenòmens extrems com precipitacions anòmales, pedregades o vents extrems.
	Estrès tèrmic a la ramaderia	Baixada del rendiment ramader: disminució del benestar animal, disminució de la seva productivitat, augment de la mortalitat...	Augment de la temperatura Onada de calor		Un augment de la temperatura en períodes estivals ocasionarà la disminució de la producció (carn, llet, ...) dels animals de renda, així com un augment de la seva mortalitat, una disminució de la capacitat reproductiva, etc.

	Sanitat animal. Increment de les patologies	Augment de la propagació de malalties, augment de la resistència dels patògens...	Augment de la temperatura	L'augment de les temperatures ampliarà el període reproductiu i infeccions de nombroses malalties animals, així com el canvi del clima pot portar nous patògens o augmentar-ne la resistència dels actuals.
--	---	---	---------------------------------	---

Taula 3. Resum dels potencials perills, riscos i impactes del canvi climàtic sobre el sector ramader a Andorra.

	PERILL	RISC	FACTOR CLIMÀTIC			POTENCIAL IMPACTE
			Augment de temperatura	Variabilitat de precipitació	Altres variables climàtiques	
FORESTAL	L'augment de la vulnerabilitat dels boscors	Augment del risc d'incendi forestal.	Augment de la temperatura	Sequera	Vents forts	Els episodis de sequera i l'augment de les temperatures, així com la possibilitat de més episodis de vent fort incrementen la vulnerabilitat dels boscors davant de riscos com l'incendi forestal.
	Augment de l'estrès hídric forestal	Decaïment forestal, mortalitat individual i de vessant i increment de la vulnerabilitat.	Augment de la temperatura Onada de calor	Sequera		Les temperatures més altes, onades de calor o l'absència de precipitacions causen un estrès hídric cada vegada més alt, que té un impacte directe en la mortalitat individual, parcial o general d'una massa forestal. Disminució de la capacitat d'embornal de carboni atmosfèric.

Canvis al nínxol ecològic forestal	Canvis en la distribució d'espècies forestals	Augment de la temperatura	Disminució de la precipitació	Fenòmens extrems	L'aparició de nous òptims ecològics pels canvis en precipitació i temperatura afavorirà una substitució progressiva de les espècies forestals dominants.
Canvis als règims hídrics	Disminució dels cabals hidrològics	Augment de la temperatura	Disminució de la precipitació		Les masses forestals en situació d'estrès hídric captaran més aigua verda i per tant l'aigua blava dels cabals hidrològics disminuirà notablement.
Sanitat forestal. Increment de patologies	Augment de plagues i problemes de sanitat forestal en boscos en situació d'estrès hídric.	Augment de la temperatura	Sequera		Els boscos en situació d'estrès hídric tindran una vulnerabilitat major davant de plagues i patògens forestals, que a la vegada, tindran una situació climàtica més òptima pel seu desenvolupament.
Inestabilitat dels vessants, pèrdua del sòl	Augment dels riscos naturals dels que les masses forestals exerceixen una protecció (allaus, esllavissades, caigudes de blocs, etc.)			Fenòmens extrems	L'augment de fenòmens extrems com ventades, grans precipitacions, etc. en una situació de masses forestals debilitades, pot causar un impacte a la inestabilitat dels vessants, causant pèrdua de sòl i riscos naturals associats com esllavissades, allaus o caigudes de blocs.

Taula 4. Resum dels potencials perills, riscos i impactes del canvi climàtic sobre el sector forestal a Andorra.

El context polític actual que acompanya aquest estudi s'emmarca en el desplegament que des de fa uns anys ha iniciat el Govern d'Andorra, amb una sèrie d'estratègies i legislacions en matèria d'adaptació al canvi climàtic que han permès avançar en la gestió d'aquesta problemàtica. El 2 de març del 2011 Andorra va adherir-se al **conveni Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic** (CMNUCC). L'any 2014 va tenir lloc el procés participatiu llançat pel Govern amb el nom de **Procés participatiu sobre l'Adaptació d'Andorra al Canvi Climàtic** (PAACC¹¹). Les vulnerabilitats i mesures d'adaptació identificades l'any 2014 en el PAAC van ser traslladades a la **Tercera**

¹¹ https://www.mediambient.ad/images/stories/PDF/PAACC/ProcesAdaptacioAndorra_CC2014.pdf

comunicació Nacional d'Andorra a la Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic l'any 2024 (Govern d'Andorra, 2023¹²).

Amb l'**Acord de París**, durant la COP21 del 2015 es va definir una nova estratègia i la implementació dels instruments relacionats en la lluita del canvi climàtic, i va portar a l'aprovació el 2018 de la **Llei d'Impuls a la Transició Energètica i de Canvi Climàtic (LITECC)** que preveu altres mesures d'adaptació per potenciar la transició energètica cap a un nou model. Més recentment, el 2021, des del Consell General es va reconèixer i declarar l'estat **d'Emergència Climàtica**. Paral·lelament el Consell general també ha aprovat lleis i reglaments pel sector agrícola com el "Reglament d'ajut al foment de pràctiques agràries específiques per al manteniment del medi natural", de 2018 amb una modificació de 2024 o el Decret 498/2023 amb mesures per pal·liar la disminució farratgera causada per efectes meteorològics.

La normativa en relació a la biodiversitat és relativament recent i no ha tingut en compte uns efectes del canvi climàtics com a tal, sinó la pèrdua de biodiversitat entre altres. És el referent la Llei 7/2019, del 7 de febrer, de conservació del medi natural, de la biodiversitat i del paisatge o bé anteriorment, l'Estratègia Nacional de la Biodiversitat d'Andorra (ENBA, 2016).

2.1 Objectius

L'objectiu general d'aquest estudi és contribuir a afrontar els reptes actuals i futurs del sector primari a Andorra davant les conseqüències del canvi climàtic i millorar-ne la seva resiliència.

Per aconseguir això es defineix un pla de treball que pugui respondre als següents objectius específics:

1. Definir els indicadors que permetin avaluar els efectes del canvi climàtic en el sector primari andorrà, així com la seva capacitat d'adaptació.
2. Entendre les mancances d'informació i la capacitat d'abast de l'estudi.
3. Calcular els indicadors identificats prèviament tant a present com a futur.
4. Identificar les mesures d'adaptació al canvi climàtic del sector primari.

2.2 Equip del projecte i actors clau

¹² https://unfccc.int/sites/default/files/resource/CN3_ANDORRA.pdf

L'estudi està liderat per Andorra Recerca + Innovació, en concret des de l'eix Muntanya, i amb sinergia amb l'eix de Sostenibilitat. L'equip de treball també inclou l'Oficina de l'Energia i el Canvi Climàtic d'Andorra.

Com a actors claus s'incorporen representants d'altres departaments i ministeris responsables de la presa de decisió de cadascun dels impactes i riscos del sector primari que s'abordaran a l'estudi. Conjuntament amb ells es definiran i validaran les qüestions claus que l'estudi ha d'abordar.

Els actors es detallen a la següent taula.

Actors clau	Tasques/Beneficis
Ministeri de Salut i Benestar - Àrea de Recursos Sanitaris - Àrea de Salut alimentària	Proveïdors d'informació de salut alimentària i humana, vigilància de malalties infeccioses. Definició d'indicadors.
Departament d'Agricultura i Ramaderia - Àrea de vigilància de la salut dels animals de renda - Àrea d'explotacions i estructures agràries	Proveïdors d'informació dels animals de renda, vigilància de malalties infeccioses i vectors de transmissió. Proveïdors d'informació de la gestió de l'agricultura i conreus. Definició d'indicadors.
Departament de Medi Ambient - Àrea de Medi Ambient i Sostenibilitat - Àrea de Medi Natural, Biodiversitat i Paisatge	Proveïdors d'informació sobre la qualitat de l'aigua, biodiversitat i impactes. Definició d'indicadors.
Associació de Pagesos i Ramaders	Intermediaris entre el sector professional de pagesos i ramaders.
Col·legi d'Enginyers	Representants del sector professional dels actors de gestió forestal.
Comuns d'Andorra - Departament responsable de la gestió del patrimoni natural de cada un dels 7 comuns d'Andorra.	Gestors dels recursos naturals comunals: pastures supraforestals d'Andorra, ordenació del territori i cabana ramadera parroquial, forests comunals i explotació i gestió forestal.
Servei Meteorològic Nacional	Proveïdors de dades climàtiques.
Protecció civil	Avisos a la població.

2.3 Entitats col·laboradores externes

Durant els transcurso del projecte es pot buscar la col·laboració d'entitats col·laboradores externes que donaran suport en diferents línies de treball del projecte. Les tasques principals en les que col·laborarà cada entitat es descriuen de forma resumida a la taula. No es descarta incorporar alguna altra entitat col·laboradora, sempre i quan l'especificitat de l'anàlisi a dur a terme ho requereixi.

Entitats col·laboradores	Tasca
Departament d'Estadística Govern	Proveïdors d'informació socioeconòmica
Consell comarcal del Baix Llobregat - Servei de Control de Mosquits	Control i anàlisi dels culícids vectors de malalties.
INRAE – Institut National de Recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement	Suport en el càlcul d'indicadors. Anàlisi nutricional dels farratges d'Andorra.
IRTA – Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries	Assistència Tècnica en l'anàlisi d'indicadors a futur.

3. Pla de treball

3.1 Definició d'indicadors d'impactes i vulnerabilitats

Duració	01/2026 – 06/2026	Entitats col·laboradores	Departament d'Agricultura, Associació de Pagesos i Ramaders, Departament de Medi Ambient i Sostenibilitat
---------	-------------------	--------------------------	---

La primera tasca consisteix en la identificació i definició dels indicadors que s'usaran posteriorment per a avaluar els efectes del canvi climàtic en el sector primari al Principat d'Andorra. Per a fer-ho, es recopilarà i s'analitzarà tota la bibliografia nacional i internacional present referent als impactes i vulnerabilitats del sector primari al canvi climàtic. Cal recordar que es pretén avaluar aquests efectes al sector primari a partir de l'estudi independent en tres activitats econòmiques presents al país: agricultura, ramaderia i sector forestal.

Igual que en la resta de sectors analitzats, es preveu que aquests indicadors siguin aplicables a tot el país gràcies a l'ús de dades reals i actuals, i es valorarà si cal fer modelitzacions d'algunes d'aquestes dades. No obstant, els indicadors també podrien ser calculats per zones més petites com per cada una de les parròquies.

Metodologia

Per tal de complir amb aquesta primera tasca, s'efectuarà una extensa i detallada recerca bibliogràfica en articles científics, i en informes nacionals i internacionals per tal de poder recopilar possibles indicadors ja existents i usats en altres estudis referents a l'impacte del canvi climàtic en el sector primari. Es tindran en compte especialment els indicadors utilitzats i modelitzats per els altres sectors andorrans analitzats (energia, salut, turisme...) fent prevaldre la necessitat d'anàlisi abans que la facilitat d'ús d'indicadors ja modelitzats, però sense perdre de vista les sinèrgies existents.

Resultats esperats

Elaboració d'un informe amb el recull d'indicadors d'impacte i vulnerabilitat seleccionats, a més, d'una explicació detallada de la metodologia usada pel seu càlcul i en l'obtenció dels resultats. Aquests indicadors seran afegits al recull d'indicadors de tots els sectors analitzats (turisme, salut, energia, etc.) i inclosos a la base de dades d'indicadors de l'estudi de vulnerabilitats i impactes del canvi climàtic (BD-Indicadors-EVICC¹³).

¹³ <https://ari.ad/bd-indicadors-evicc>

3.2 Càlcul d'indicadors d'impacte, vulnerabilitat i exposició

Duració	01/2026 – 12/2026	Entitats col·laboradores	Departament d'Agricultura, Associació de Pagesos i Ramaders, INRAE, IRTA.
---------	-------------------	--------------------------	---

Aquesta tasca consisteix bàsicament en el càlcul dels indicadors que hauran estat definits en la tasca 3.1. A més, es preveu que els indicadors calculats puguin ser projectats sota els possibles escenaris del canvi climàtic, i que permetin avaluar i definir les àrees més rellevants del sector agrícola i ramader en relació amb l'impacte del canvi climàtic. Es valorarà l'ús, quan sigui possible, de les dades que hagin pogut ser analitzades en el marc de l'estudi EVICC dels altres sectors.

Metodologia

Recopilar i organitzar les dades requerides per tal de poder calcular els indicadors definits a l'apartat 3.1. Es prioritzaran, quan sigui possible, les dades observades que, en cas de ser necessari es complementaran amb dades modelitzades.

Resultats esperats

Elaboració d'una base de dades amb el recull del resultat de tots els indicadors calculats, i inclusió d'aquests resultats a la base de dades general (BD-Indicadors-EVICC¹⁴).

3.3 Definició d'indicadors d'adaptació

Duració	01/2026 – 06/2026	Entitats col·laboradores	Departament d'Agricultura, Departament de Medi Ambient i Sostenibilitat, APRA, IRTA, INRAE.
---------	-------------------	--------------------------	---

Aquesta tasca preveu el plantejament i la identificació dels indicadors que permetin avaluar l'adaptació del sector primari (agricultura, ramaderia i sector forestal) al canvi climàtic. És un aspecte indispensable per a comprendre les vulnerabilitats canviants i la influència de les estratègies i iniciatives polítiques adoptades. En aquest cas, els indicadors seleccionats hauran de ser aplicables a escala nacional, tot i una possible aplicació comunal. Els indicadors identificats seran calculables amb dades actuals i alguns d'ells a futur si s'escau, a través de la modelització. Com en els altres sectors

¹⁴ <https://ari.ad/bd-indicadors-evicc>

analitzats a Andorra, es preveu que hi hagi una dificultat major en la definició i ús d'aquests indicadors d'adaptació.

Metodologia

La metodologia a emprar en la definició dels indicadors d'adaptació del sector primari al canvi climàtic concorden amb l'explicada a la tasca 3.1. Es preveu, per tant, una important recerca bibliogràfica que serveixi com a referència en l'elecció dels indicadors que s'usaran pel seu càlcul. Es tindrà en compte la revisió de les mesures d'adaptació que es van preveure al PAAC i el seguiment de la seva implementació.

Resultats esperats

El resultat esperat d'aquesta tasca és un informe amb els indicadors d'adaptació escollits, la metodologia per al seu càlcul i per l'obtenció dels seus resultats. Finalment, aquests indicadors identificats s'afegiran a la base de dades comuna d'indicadors de l'estudi de vulnerabilitats i impactes del canvi climàtic (BD-Indicadors-EVICC¹⁵).

3.4 Càlcul d'indicadors d'adaptació

Duració	01/2026 – 12/2026	Entitats col·laboradores	IRTA, INRAE
---------	-------------------	--------------------------	-------------

Aquesta tasca consisteix bàsicament en el càlcul dels indicadors que hauran estat definits en la tasca 3.3. A més, es preveu que els indicadors calculats puguin ser projectats, si escau, sota els possibles escenaris del canvi climàtic, i que permetin avaluar i el procés d'adaptació del sector agrícola, ramader i forestal, a l'impacte del canvi climàtic.

Metodologia

Es recopilaran i organitzaran les dades necessàries per tal de poder calcular els indicadors definits a l'apartat 3.3. També en aquest tipus d'indicadors, es prioritzarà l'ús de dades reals pel seu càlcul, tot i que es podran completar si escau, amb les dades modelitzades en els altres sectors de l'EVICC.

Resultats esperats

¹⁵ <https://ari.ad/bd-indicadors-evicc>

S'elaborarà una base de dades amb el recull del resultat de tots els indicadors calculats, que s'incorporaran a la base de dades general de l'estudi de vulnerabilitats i impactes del canvi climàtic a Andorra (BD-Indicadors-EVICC¹⁶).

¹⁶ <https://ari.ad/bd-indicadors-evicc>

Referències

- Allen, C. D., Breshears, D. D., & McDowell, N. G. (2015). On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from hotter drought in the Anthropocene. *Ecosphere*, 6(8), art129. <https://doi.org/10.1890/ES15-00203.1>
- Améztegui, A., Brotons, L., & Coll, L. (2010). Land-use changes as major drivers of mountain pine (*Pinus uncinata* Ram.) expansion in the Pyrenees. *Global Ecology and Biogeography*, 19(5), 632-641. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00550.x>
- Andivia, E., Ruiz-Benito, P., Díaz-Martínez, P., Carro-Martínez, N., Zavala, M. A., & Madrigal-González, J. (2020). Inter-specific tolerance to recurrent droughts of pine species revealed in saplings rather than adult trees. *Forest Ecology and Management*, 459, 117848. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117848>
- Batlloori, E., Blanco-Moreno, JM., Ninot, JM, Gutiérrez, E., & Carrillo, E. (2009). Vegetation patterns at the alpine treeline ecotone: The influence of tree cover on abrupt change in species composition of alpine communities. *Journal of Vegetation Science*, 20, 814-825.
- Beltran Barba, M., Busquets Olivé, E., Piqué Nicolau, M., Domènech Ferrés, M., & Travesset-Baro, O. (2023). *1r Inventari Nacional Forestal (INF1) del Principat d'Andorra. Metodologia d'establiment i seguiment de la xarxa de parcel·les permanents*. Andorra Recerca + Innovació, CTFC. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11175092>
- Beltran Barba, M., Busquets Olivé, E., Piqué Nicolau, M., Llena Gasol, G., Domènech Ferrés, M., Grande Bartumeu, G., & Travesset-Baro, O. (2024). *1r Inventari Nacional Forestal (INF1) del Principat d'Andorra. Mapes de Variables Biofísiques dels boscos d'Andorra*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11195088>
- Beltran Barba, M., Busquets Olivé, E., Piqué Nicolau, M., Llena Gasol, G., Domènech Ferrés, M., & Travesset-Baro, O. (2023). *1r Inventari Nacional Forestal (INF1) del Principat d'Andorra. Estimació de l'estoc i l'embornal de carboni total als boscos d'Andorra*. Andorra Recerca + Innovació, CTFC. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12519202>
- BOPA. (2022). *Llei 31/2022, del 21 de juliol, per al desenvolupament i la diversificació dels sectors ramader i agrícola* (p. 23).

- Borges, P., Domènech, M., & Travesset-Baro, O. (2024). *Impactes i vulnerabilitats del canvi climàtic a Andorra. Sector energia* (p. 34).
- Bowditch, E., Santopuoli, G., Binder, F., del Río, M., La Porta, N., Kluvankova, T., Lesinski, J., Motta, R., Pach, M., Panzacchi, P., Pretzsch, H., Temperli, C., Tonon, G., Smith, M., Velikova, V., Weatherall, A., & Tognetti, R. (2020). What is Climate-Smart Forestry? A definition from a multinational collaborative process focused on mountain regions of Europe. *Ecosystem Services*, 43, 101113. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101113>
- Cailleret, M., Jansen, S., Robert, E. M. R., Desoto, L., Aakala, T., Antos, J. A., Beikircher, B., Bigler, C., Bugmann, H., Caccianiga, M., Čada, V., Camarero, J. J., Cherubini, P., Cochard, H., Coyea, M. R., Čufar, K., Das, A. J., Davi, H., Delzon, S., ... Martínez-Vilalta, J. (2017). A synthesis of radial growth patterns preceding tree mortality. *Global Change Biology*, 23(4), 1675-1690. <https://doi.org/10.1111/gcb.13535>
- Caritg, R. (2012). *Mapa de Cobertes del Sòl d'Andorra (2012)* (Centre d'Estudis de la Neui de la Muntanya d'Andorra (CENMA/IEA) de l'Institut d'Estudis Andorrans) [Map].
- Caritg, R., & Martin, M. (2023). *Evolució de les cobertes del sòl d'Andorra durant el període 1948—2012* (p. 58) [Informe intern]. Andorra Recerca + Innovació.
- Carreras, J., Carrillo, E., Ferré, A., Perez-Haase, A., Ninot, J. M., & Caritg, R. (2013). *Mapa digital dels hàbitats d'Andorra 1:25000, revisió i actualització* [Estudi]. 224.
- Cheng, M., McCarl, B., & Fei, C. (2022). Climate Change and Livestock Production: A Literature Review. *Atmosphere*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/atmos13010140>
- Coll, Ll., Delpi, R., & et al. (2019). *Guide de gestion forestière pour l'adaptation au changement climatique des forêts pyrénéennes* (p. 128). OPCC CANOPEE.
- Conant, R. T., Cerri, C. E. P., Osborne, B. B., & Paustian, K. (2017). Grassland management impacts on soil carbon stocks: A new synthesis. *Ecological Applications*, 27(2), 662-668. <https://doi.org/10.1002/eap.1473>
- Copernicus: 2024 virtually certain to be the warmest year and first year above 1.5°C / Copernicus.* (s.d.). Recuperat 8 novembre 2024, de <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2024-virtually-certain-be-warmest-year-and-first-year-above-15degc>

- Cuadrat, J. M., Serrano-Notivoli, R., Tejedor, E., Saz, M. Á., Prohom, M., Cunillera, J., Llabrés, A., Trapero, L., Pons, M., López-Moreno, J. I., Copons, R., Gascoin, S., Luna, Y., Rodríguez, E., Ramos, P., Amblar, P., & Soubeyroux, J.-M. (2020). *CLIMPY: Climate of the Pyrenees* (Versió 1.0) [Dataset]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3611127>
- Cuevas-Agulló, E., Barriopedro, D., García, R. D., Alonso-Pérez, S., González-Alemán, J. J., Werner, E., Suárez, D., Bustos, J. J., García-Castrillo, G., García, O., Barreto, Á., & Basart, S. (2024). Sharp increase in Saharan dust intrusions over the western Euro-Mediterranean in February–March 2020–2022 and associated atmospheric circulation. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 24(7), 4083–4104. <https://doi.org/10.5194/acp-24-4083-2024>
- Czarniecka-Wiera, M., Kącki, Z., Chytrý, M., & Palpurina, S. (2019). Diversity loss in grasslands due to the increasing dominance of alien and native competitive herbs. *Biodiversity and Conservation*, 28(11), 2781–2796. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01794-9>
- Dainese, M., Aikio, S., Hulme, P. E., Bertolli, A., Prosser, F., & Marini, L. (2017). Human disturbance and upward expansion of plants in a warming climate. *Nature Climate Change*, 7(8), 577–580. <https://doi.org/10.1038/nclimate3337>
- de Jesús Arce-Mojica, T., Nehren, U., Sudmeier-Rieux, K., Miranda, P. J., & Anhufo, D. (2019). Nature-based solutions (NbS) for reducing the risk of shallow landslides: Where do we stand? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 41, 101293. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101293>
- Delpi, R., Pargade, J., Rouyer, E., Villiers, T., Chauvin, S., & García, V. (2022). *Líneas guías para la integración de la adaptación al cambio climático en la gestión forestal en los Pirineos* (p. 24). OPCC, Forespir.
- Departament d'Estadística. (2024). *ESTIMACIÓ PIB - VAB NOMINAL PER SECTORS* (020101070002) [Dataset]. <https://www.estadistica.ad/portal/apps/sites/#/estadistica-ca/pages/estadistiques-i-dades-detall?Idioma=ca&N2=233&N3=234&DV=606>
- Díaz, S., Lavorel, S., McIntyre, S., Falczuk, V., Casanoves, F., Milchunas, D.G., Skarpe, C., Rusch, G., Sternberg, M., Noy-Meir, I., Landsberg, J., Zhang, W., Clark, H., & Campbell, B.D. (2007). Plant trait responses to grazing – a global synthesis.

- Global Change Biology*, 13(2), 313-341. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01288.x>
- European Commission. (2019). *The European Green Deal*. European Comission. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- European Extreme Events Climate Index—IFAB International Foundation*. (2020, novembre 26). <https://www.ifabfoundation.org/e3ci/>
- Feng, F., Losso, A., Tyree, M., Zhang, S., & Mayr, S. (2021). Cavitation fatigue in conifers: A study on eight European species. *Plant Physiology*, 186(3), 1580-1590. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiab170>
- Galiano, L., Martínez-Vilalta, J., & Lloret, F. (2010). Drought-Induced Multifactor Decline of Scots Pine in the Pyrenees and Potential Vegetation Change by the Expansion of Co-occurring Oak Species. *Ecosystems*, 13(7), 978-991. <https://doi.org/10.1007/s10021-010-9368-8>
- Gazol, A., Sangüesa-Barreda, G., & Camarero, J. J. (2020). Forecasting Forest Vulnerability to Drought in Pyrenean Silver Fir Forests Showing Dieback. *Frontiers in Forests and Global Change*, 3. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00036>
- Generalitat de Catalunya, D. T. (2022). *Canvi climàtic i la seva incidència en el sector primari* (Dossier Tècnic, p. 48) [Dossier Tècnic]. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural.
- Govern d'Andorra. (2014). *Procés d'adaptació d'Andorra al canvi climàtic (PAACC)* (p. 101).
- Grau, O., Ninot, JM., Cornelissen, JHC., & Callaghan, TV. (2013). Similar tree seedling responses to shrubs and to simulated environmental changes at Pyrenean and subarctic treelines. *Plant Ecology & Diversity*, 6(3-4), 329-342. <https://doi.org/10.1080/17550874.2013.810311>
- IEC, & Generalitat de Catalunya. (2016). *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya* (p. 626).
- IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. The Working Group II contribution to the IPCC Sixth Assessment Report assesses the impacts of climate change, looking at ecosystems, biodiversity, and human communities at global and regional levels. It also reviews vulnerabilities and the

- capacities and limits of the natural world and human societies to adapt to climate change. *Cambridge University Press*, 3056. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Jactel, H., Koricheva, J., & Castagneyrol, B. (2019). Responses of forest insect pests to climate change: Not so simple. *Current Opinion in Insect Science*, 35, 103-108. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2019.07.010>
- Jandl, R., Ledermann, T., Kindermann, G., Freudenschuss, A., Gschwantner, T., & Weiss, P. (2018). Strategies for Climate-Smart Forest Management in Austria. *Forests*, 9(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/f9100592>
- Julio Camarero, J., Gazol, A., Sangüesa-Barreda, G., Cantero, A., Sánchez-Salguero, R., Sánchez-Miranda, A., Granda, E., Serra-Maluquer, X., & Ibáñez, R. (2018). Forest Growth Responses to Drought at Short- and Long-Term Scales in Spain: Squeezing the Stress Memory from Tree Rings. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00009>
- Komac, B., Pladevall, C., de la Parte, I., Fanlo, R., Riba, L., & Roquet, M. (2020). *Pastures comunes i ramaderia a Andorra. Usos, gestió i perspectives* (Centre d'Estudis de la Neu i de la Muntanya d'Andorra. Institut d'Estudis Andorrans.). Centre d'Estudis de la Neu i de la Muntanya d'Andorra. Institut d'Estudis Andorrans.
- Kurz-Besson, C. B., Lousada, J. L., Gaspar, M. J., Correia, I. E., David, T. S., Soares, P. M. M., Cardoso, R. M., Russo, A., Varino, F., Mériaux, C., Trigo, R. M., & Gouveia, C. M. (2016). Effects of Recent Minimum Temperature and Water Deficit Increases on Pinus pinaster Radial Growth and Wood Density in Southern Portugal. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01170>
- Lemus-Canovas, M., Ninyerola, M., Lopez-Bustins, J. A., Manguan, S., & Garcia-Sellés, C. (2019). A mixed application of an objective synoptic classification and spatial regression models for deriving winter precipitation regimes in the Eastern Pyrenees. *International Journal of Climatology*, 39(4), 2244-2259. <https://doi.org/10.1002/joc.5948>
- LIFE_eCOadapt50. (2024). *Diagnosi de la vulnerabilitat climàtica dels territoris del projecte "LIFE eCOadapt50 Co-creation of strategic action for climate change adaptation of territories and local economies". Zona pirinenca.*

- Logan, J. A., Régnière, J., & Powell, J. A. (2003). Assessing the impacts of global warming on forest pest dynamics. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(3), 130-137. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2003\)001\[0130:ATIOGW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2003)001[0130:ATIOGW]2.0.CO;2)
- López-Moreno, J. I., Beguería, S., & García-Ruiz, J. M. (2006). Trends in high flows in the central Spanish Pyrenees: Response to climatic factors or to land-use change? *Hydrological Sciences Journal*, 51(6), 1039-1050. <https://doi.org/10.1623/hysj.51.6.1039>
- Naumann, G., Alfieri, L., Wyser, K., Mentaschi, L., Betts, R. A., Carrao, H., Spinoni, J., Vogt, J., & Feyen, L. (2018). Global Changes in Drought Conditions Under Different Levels of Warming. *Geophysical Research Letters*, 45(7), 3285-3296. <https://doi.org/10.1002/2017GL076521>
- Nolan, R. H., Collins, L., Leigh, A., Ooi, M. K. J., Curran, T. J., Fairman, T. A., Resco de Dios, V., & Bradstock, R. (2021). Limits to post-fire vegetation recovery under climate change. *Plant, Cell & Environment*, 44(11), 3471-3489. <https://doi.org/10.1111/pce.14176>
- OMA / Observatori de la Muntanya d'Andorra—CENMA - IEA. (s.d.). Recuperat 17 desembre 2024, de <https://www.oma.ad/ca/>
- OPCC ADAPYR. (2021). *EPiCC Estratègia Pirinenca de Canvi Climàtic: Una estratègia per a la cooperació en l'acció climàtica*. FEDER Interreg POCTEFA.
- OPCC-CTP. (2018). *El Cambio climático en los Pirineos: Impactos, vulnerabilidades y adaptación. Bases de conocimiento para la futura estrategia de adaptación al cambio climático en los Pirineos*.
- Pasho, E., Camarero, J. J., de Luis, M., & Vicente-Serrano, S. M. (2011). Impacts of drought at different time scales on forest growth across a wide climatic gradient in north-eastern Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(12), 1800-1811. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.07.018>
- Peñuelas, J., Sardans, J., Filella, I., Estiarte, M., Llusà, J., Ogaya, R., Carnicer, J., Bartrons, M., Rivas-Ubach, A., Grau, O., Peguero, G., Margalef, O., Pla-Rabés, S., Stefanescu, C., Asensio, D., Preece, C., Liu, L., Verger, A., Barbeta, A., ... Terradas, J. (2017). Impacts of Global Change on Mediterranean Forests and Their Services. *Forests*, 8(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/f8120463>

- Pepin, N. C., Arnone, E., Gobiet, A., Haslinger, K., Kotlarski, S., Notarnicola, C., Palazzi, E., Seibert, P., Serafin, S., Schöner, W., Terzago, S., Thornton, J. M., Vuille, M., & Adler, C. (2022). Climate Changes and Their Elevational Patterns in the Mountains of the World. *Reviews of Geophysics*, 60(1), e2020RG000730. <https://doi.org/10.1029/2020RG000730>
- Ridame, C., Dekaezemacker, J., Guieu, C., Bonnet, S., L'Helguen, S., & Malien, F. (2014). Contrasted Saharan dust events in LNLC environments: Impact on nutrient dynamics and primary production. *Biogeosciences*, 11(17), 4783-4800. <https://doi.org/10.5194/bg-11-4783-2014>
- Rixen, C., Høye, T. T., Macek, P., Aerts, R., Alatalo, J. M., Anderson, J. T., Arnold, P. A., Barrio, I. C., Bjerke, J. W., Björkman, M. P., Blok, D., Blume-Werry, G., Boike, J., Bokhorst, S., Carbognani, M., Christiansen, C. T., Convey, P., Cooper, E. J., Cornelissen, J. H. C., ... Zong, S. (2022). Winters are changing: Snow effects on Arctic and alpine tundra ecosystems. *Arctic Science*, 8(3), 572-608. <https://doi.org/10.1139/as-2020-0058>
- Sánchez-Salguero, R., Camarero, J. J., Gutiérrez, E., González Rouco, F., Gazol, A., Sangüesa-Barreda, G., Andreu-Hayles, L., Linares, J. C., & Seftigen, K. (2017). Assessing forest vulnerability to climate warming using a process-based model of tree growth: Bad prospects for rear-edges. *Global Change Biology*, 23(7), 2705-2719. <https://doi.org/10.1111/gcb.13541>
- Sigdel, S. R., Liang, E., Wang, Y., Dawadi, B., & Camarero, J. J. (2020). Tree-to-tree interactions slow down Himalayan treeline shifts as inferred from tree spatial patterns. *Journal of Biogeography*, 47(8), 1816-1826. <https://doi.org/10.1111/jbi.13840>
- Sigdel, S. R., Wang, Y., Camarero, J. J., Zhu, H., Liang, E., & Peñuelas, J. (2018). Moisture-mediated responsiveness of treeline shifts to global warming in the Himalayas. *Global Change Biology*, 24(11), 5549-5559. <https://doi.org/10.1111/gcb.14428>
- Spinoni, J., Naumann, G., Vogt, J., & Barbosa, P. (2015). European drought climatologies and trends based on a multi-indicator approach. *Global and Planetary Change*, 127, 50-57.
- Trapero, L. (2024). *Canvi climàtic: Components del risc* (p. 10). https://ari.ad/images/projectes/evicc/components_risc.pdf

- Trapero, L., & Albalat, A. (2024). *Informe d'abast i metodologia: Impactes i vulnerabilitats del canvi climàtic a Andorra. CLIMA*. (p. 41).
- UNFCCC. (s.d.). *Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation REDD+*. <https://www.un-redd.org>
- Vergarechea, M., Calama, R., Pretzsch, H., Alday, J. G., & del Río, M. (2021). Short- and long-term growth response to climate in mixed and monospecific forests of *Pinus pinea* and *Pinus pinaster*. *European Journal of Forest Research*, 140(2), 387-402. <https://doi.org/10.1007/s10342-020-01336-x>
- Verkerk, P. J., Costanza, R., Hetemäki, L., Kubiszewski, I., Leskinen, P., Nabuurs, G. J., Potočník, J., & Palahí, M. (2020). Climate-Smart Forestry: The missing link. *Forest Policy and Economics*, 115(102164). <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102164>
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). *A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>
- Wasko, C., Nathan, R., Stein, L., & O'Shea, D. (2021). Evidence of shorter more extreme rainfalls and increased flood variability under climate change. *Journal of Hydrology*, 603, 126994. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126994>
- Wielgolaski, F., Hofgaard, A., & Holtmeier, F. (2017). Sensitivity to environmental change of the treeline ecotone and its associated biodiversity in European mountains. *Climate Research*, 73, 151-166.
- Wipf, S., Stoeckli, V., & Bebi, P. (2009). Winter climate change in alpine tundra: Plant responses to changes in snow depth and snowmelt timing. *Climatic Change*, 94(1), 105-121. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9546-x>