

# Adaptació al canvi climàtic del sector agrícola de l'Alt Pirineu i Aran: riscos i oportunitats



LIFE12/ENV/ES/000536MEDACC  
ANNEX METODOLÒGIC



Encarregat per:  
**Oficina Catalana  
del Canvi Climàtic**

Realitzat per:  
The logo for l'Espigall is a stylized ear of wheat or grain, composed of several overlapping, rounded shapes in shades of green, yellow, and brown.  
**l'Espigall**

## ÍNDIX

<b>1. Annex metodològic.....</b>	<b>3</b>
1.1. Descripció del sector agrícola del Pirineu .....	3
1.2. Determinació del sòl agrari de l'àmbit d'estudi .....	3
1.3. Detecció del sòl agrícola que pot ser compatible amb la ramaderia de l'àmbit d'estudi.....	5
1.4. Modelització climàtica.....	7
1.5. Aplicació del model matemàtic climàtic .....	13
1.6. Determinació dels principals impactes del canvi climàtic a la zona.....	19
1.7. Anàlisi de cultius.....	21
1.8. Determinació dels cultius amb major potencial de diversificació.....	22
1.9. Establiment del model òptim comarcal d'implantació de nous cultius .....	24

## **1. Annex metodològic**

### **1.1. Descripció del sector agrícola del Pirineu**

S'ha procedit a analitzar quina és la distribució de la superfície agrària útil (SAU) de l'àmbit d'estudi amb l'objectiu de constatar-ne la distribució i fer-ho per comarques.

Les dades de la SAU s'han complementat amb una anàlisi, també comarcal, dels següents aspectes:

- Diagnosi agrària
- Distribució de la superfície agrària
- Nombre d'explotacions i superfície censada
- Distribució de la SAU i el seu aprofitament
- Dimensió de les explotacions segons la superfície total
- Dimensió de les explotacions segons la SAU
- Distribució de la SAU per règim de tinença
- Conreus herbacis
- Conreus llenyosos
- Implantació de l'agricultura ecològica
- Conreus per a la producció d'energies renovables
- Mà d'obra
- Classificació de les explotacions segons la seva producció estàndard total (PET)

Seguidament, s'ha procedit a determinar, dels darrers 3 anys amb dades, quins han estat els rendiments productius i la producció total de diversos cultius per a cadascuna de les comarques a partir de dades reals facilitades pel Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació (DARPA) dels anys 2013-2015. L'objectiu d'aquesta part de la metodologia ha estat, d'una banda, esbrinar quins són els punts de partida de la producció de cadascuna de les comarques i fer-ho per cultius, constatar quin és el pes productiu d'aquests cultius en l'àmbit comarcal i determinar el percentatge de regadiu respecte del secà.

### **1.2. Determinació del sòl agrari de l'àmbit d'estudi**

#### **1.2.1. Capa base: Sistema d'Informació Geogràfica de Parcel·les Agrícoles (SIGPAC)**

Per determinar la zona d'estudi, és a dir, les parcel·les agrícoles de la vegueria Alt Pirineu-Aran, s'ha utilitzat, com a base, l'arxiu del SIGPAC. El SIGPAC està format per milers de polígons amb diferents atributs, entre els quals l'atribut 'Ús'. Dins d'aquest atribut s'han escollit les categories següents:

- Associació vinya - fruiter
- Associació fruita secà - olivera
- Associació fruita secà - vinya
- Associació olivera - fruiter
- Associació vinya - olivera

- Cítric (no present a l'àmbit d'estudi actualment)
- Fruiter
- Fruita seca
- Horta
- Olivera
- Pastiu
- Terra campa
- Vinya

Han quedat excloses de l'anàlisi les categories:

- Corrents i superfícies d'aigua
- Edificació
- Forestal
- Hivernacle
- Improductiu
- Pastura arbrada
- Pastura arbustiva
- Zona censurada
- Zona urbana
- Vial

Es va descartar la categoria 'Hivernacle' degut a la seva reduïdíssima extensió (només present en una parcel·la de l'àmbit d'estudi). D'altra banda, no s'ha considerat establir limitacions del tipus pendent màxim o alçada màxima ja que genera diversos biaixos en els resultats, derivat d'afegir nous paràmetres, i s'ha considerat que no aporten major precisió a l'estudi.

D'aquesta manera, va quedar seleccionada una superfície d'unes 53.536 ha (535,4 km<sup>2</sup>) de terrenys utilitzables per a activitats agràries.

### **1.2.2. Determinació de les parcel·les de regadiu i de seca**

Per tal de determinar a l'àmbit d'estudi quines parcel·les són de regadiu i quines no, s'han fet servir dues vies per assolir-ho. D'una banda, s'ha analitzat el Pla de Regadius de Catalunya per tal d'extreure'n els polígons de regadiu i, de l'altra, s'han analitzat les parcel·les del SIGPAC que estan marcades com a regadiu.

En aquest sentit, el Pla de Regadius de Catalunya 2008-2020 va ser elaborat pel DARPA amb l'objectiu de resoldre l'ordenació dels regadius a Catalunya, i la planificació del desenvolupament d'aquests en el període de vigència del Pla. Les bases cartogràfiques d'aquest pla han sigut utilitzades per tal de crear les dades sobre les varietats estudiades amb les possibilitats de regadiu que existeixen al territori.

El Pla de Regadius estableix diferents categories:

## Regadius tradicionals

- **Modernitzat.** En aquest grup s'inclouen els regadius en què ja s'han realitzat les obres de modernització.
- **En procés de modernització.** En aquest grup s'inclouen els regadius que estan estructurats en diverses fases o etapes d'execució, en els que ja s'ha executat una part (fase) de l'obra de modernització i hi queda alguna part que s'està executant, encara no s'ha adjudicat, o bé es troba en situació de planificació.
- **En planificació de modernització.** En aquest grup s'inclouen els regadius on s'està redactant o recentment s'ha finalitzat la redacció dels projectes constructius o bé es troben en situació de planificació.

## Altres regadius

- **En servei.** En aquest grup s'inclouen les actuacions en què ja s'ha finalitzat l'obra d'implantació del regadiu.
- **En procés d'execució i parcialment en servei.** En aquest grup s'inclouen els regadius que estan estructurats en diverses fases o etapes d'execució, en els que ja s'ha executat una part (fase) de l'obra de execució i hi queda alguna part que s'està executant, encara no s'ha adjudicat, o bé es troba en situació de planificació.
- **En planificació.** En aquest grup s'inclouen els regadius que es troben en situació de planificació.

D'aquestes, la categoria 'En planificació' no ha sigut considerada com a regadiu aprofitable actualment i s'ha categoritzat com a 'Secà' en l'anàlisi.

D'altra banda, aprofitant que les dades del SIGPAC inclouen una categoria que indica si les parcel·les són de regadiu o no (coeficient de l'atribut de regadius SR=100), s'ha procedit a creuar aquesta informació amb les parcel·les del Pla de Regadius i s'ha obtingut una planimetria en que hi ha el total de *parcel·les potencialment regables* a l'àmbit. S'ha fet servir aquesta denominació ja que a dins del Pla de Regadius hi ha parcel·les que actualment es cultiven amb règim de secà, i també hi ha un gran nombre de parcel·les fora del Pla de Regadius que tenen altres sistemes d'abastament d'aigua i que són regables. Per tant, el mapa total de potencial de regadiu és la suma dels totals no coincidents de les dues categories.

Els resultats obtinguts s'han representat en el plànol resum que es mostra a l'annex cartogràfic.

### 1.3. Detecció del sòl agrícola que pot ser compatible amb la ramaderia de l'àmbit d'estudi

Un cop determinat el sòl potencialment apte per a la introducció de nous cultius al Pirineu i la seva condició de potencialment regable o no, s'ha procedit a determinar quant d'aquest sòl agrícola és necessari per mantenir l'actual cabana ramadera de boví, oví, cabrum i equí.

Per tal de fer aquesta determinació s'ha procedit a analitzar, d'una banda, la distribució de la SAU a les comarques d'estudi, en funció de si són terres llaurades o pastures. També, s'ha fet el mateix anàlisi al SIGPAC del Pirineu destriant les següents categories:

**Taula 1: Classificació del sòl del SIGPAC**

Tipologia	Denominació
<b>Improductiu</b>	IM
<b>Forestal</b>	FO
<b>Pastura arbusts</b>	PR
<b>Pastura arbrada</b>	PA

Font : Elaboració pròpia

A continuació, s'ha determinat per a cada comarca, quina és la superfície total d'aquests usos del sòl i s'ha procedit a transformar aquesta valors en unitats de bestiar major (UBM). Els factors de conversió aplicats han estat:

**Taula 2: Factors de conversió a UBM/ha**

Ús sòl	Abreujat	Factor conversió UBM/ha
<b>Improductiu</b>	IM	0,2
<b>Forestal</b>	FO	0,3
<b>Pastura arbusts</b>	PR	0,7
<b>Pastura arbrada</b>	PA	0,7

Font : Elaboració pròpia

D'aquest conjunt de superfície, s'ha determinat quina part podia ser estival i quina hivernal a partir d'establir una cota altitudinal. En aquest cas, s'ha considerat que les pastures per sobre de 1.500 m són estivals i les que estan per sota poden ser hivernals.

Un cop s'han tingut les dades de caps de bestiar màximes que poden aguantar les diverses comarques s'ha procedit a calcular les UBM de la cabana ramadera que hi ha actualment al Pirineu. Aquesta només s'ha calculat en base a boví, oví, cabrum i equí.

Per tal de poder calcular les UBM s'han aplicat els factors de conversió que apareixen a la Taula 3 i la Taula 4.

**Taula 3: Factors de conversió del bestiar boví a UBM**

Caps/UBM	Altres vaques establades	Vaques lleteres	Altres bovins establats >24 mesos	Altres bovins transhumans (12 a 24 mesos)	Vedells transh. (<12 mesos)
<b>Factor de conversió</b>	1	1	1	0,6	0,6

Font : Elaboració pròpia

Pel que fa a la resta de bestiar, es presenten les dades a la Taula 4.

**Taula 4: Factors de conversió d'altres bestiar a UBM**

Caps/UBM	Ovins	Cabrum	Equins
Factor de conversió	0,15	0,15	1

Font : Elaboració pròpia

En aquest sentit, un cop determinades les UBM per comarques s'han creuat els valors de la càrrega ramadera amb el sòl agrícola objecte d'aquest estudi i s'ha vist que no és suficient per suportar la cabana ramadera actual. Per aquesta raó s'ha suposat que el bestiar estabulat afectarà només la superfície agrícola (no pasturarà en d'altres tipus de sòl) i que la resta de caps podran transhumar i pasturar, en diverses intensitats, la resta de superfície de l'àmbit d'estudi.

Un cop determinat el sòl potencial apte per a l'estudi, s'ha procedit a calcular quines són les condicions climàtiques que determinen i determinaran la implantació de determinats cultius al Pirineu al llarg dels propers anys per mitjà de la següent metodologia:

#### **1.4. Modelització climàtica**

##### **1.4.1. Tipus de clima segons Papadakis**

La classificació de Papadakis (1966, 1980) pretén respondre a l'ecologia dels cultius, redefinint els climes en funció de variables rellevants pel que fa a la viabilitat d'establir-hi cultius comercials. Papadakis dóna un gir molt important respecte a classificacions anteriors a l'introduir les temperatures extremes (les mitjanes són elaboracions amb poca rellevància en els cultius) i el balanç d'aigua al sòl (enfrent de la mera consideració de les precipitacions rebudes).

Com integradors de l'ecologia dels cultius selecciona:

- La severitat hivernal (estació freda).
- L'estrès tèrmic estiuenc (estació càlida).
- La sequera (disponibilitat o no d'aigua) i la seva distribució estacional.

Papadakis acompanya en la seva obra una descripció de les necessitats climàtiques dels cultius en termes de les seves categories climàtiques, el que és molt útil per estudiar la viabilitat climàtica de cada cultiu.

El sistema defineix un tipus d'hivern i un tipus d'estiu que junts determinen el règim tèrmic. D'altra banda, en funció de les precipitacions i el balanç d'aigua del sòl, obtenim el règim hídric. Amb el règim tèrmic i el règim hídric obtenim, finalment, les unitats climàtiques.

#### **TIPUS D'HIVERN**

El tipus d'hivern defineix la severitat de l'estació freda en funció de la temperatura mitjana de mínimes absolutes del mes més fred ( $t'a1$ ), la temperatura mitjana de mínimes del mes

més fred (t1) i la temperatura mitjana de màximes del mes més fred (T1). Els valors condicions i rangs que defineixen els diferents tipus d'hivern es defineixen a la Taula 5.

Els tipus d'hivern estan ordenats de més càlids a més freds. Si una zona és molt fresca per a un tipus (no compleix alguna condició), i molt càlida per al següent (supera alguna condició), pertany a aquest segon tipus (el mateix per al tipus d'estiu).

Dades:

- temperatura mitjana de mínimes absolutes del mes més fred (t'a1)
- temperatura mitjana de mínimes del mes més fred (t1)
- temperatura mitjana de màximes del mes més fred (T1)

**Taula 5: Condicions tèrmiques dels diferents tipus d'hivern**

Tipus d'hivern		t 'a1 (°C)	t1 (°C)	T1 (°C)
<b>EquatorialEc</b>				
		>7	> 18	
<b>Tropical</b>				
<b>Càlid</b>	<b>Tp</b>	>7	13 a 18	>21
<b>Mitjà</b>	<b>tP</b>	>7	8 a 13	>21
<b>Fresc</b>	<b>tp</b>	>7		<21
<b>Citrus</b>				
<b>Tropical</b>	<b>Ct</b>	-2,5 a 7	»8	» 21
	<b>Ci</b>	-2,5 a 7		10 a 21
<b>Civada</b>				
<b>Càlid</b>	<b>Av</b>	-10 a -25		> 10
<b>Fresc</b>	<b>av</b>	>10		5 a 10
<b>Triticum</b>				
<b>Civada-blat</b>	<b>Tv</b>	-29 a 10		>5
<b>Càlid</b>	<b>Ti</b>	>-		0 a 5
<b>Fresc</b>	<b>ti</b>	>-		<0
<b>Primavera</b>				
<b>Càlida</b>	<b>Pr</b>	<-29		>-17,8
<b>Fresca</b>	<b>pr</b>	<-29		<-17,8

Font: Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA)

Els tipus d'hivern de la Vall són:

- Citrus (cítrics), prou suau per cítrics però no lliure de gelades. Les subdivisions també fan referència a la marginalitat del blat per dificultats de vernalització (Ct) o no (Ci).
- Civada, suau com per conrear civada d'hivern però no cítrics.
- Triticum (blat), es pot conrear el blat d'hivern però no la civada d'hivern.

## TIPUS D'ESTIU

El tipus d'estiu defineix la calor estival. Per definir-lo cal considerar les següents dades:



- L'estació lliure de gelades en mesos, bé la mínima (EmLH, que compta els mesos en què  $t'a1 > 7$  °C), la disponible (EDLH, on  $t'a1 > 2$  °C) o la mitjana (EMLH,  $t'a1 > 0$  °C).
- La mitjana de les temperatures mitjanes de màximes dels 2, 4 o 6 mesos més càlids ( $1/n \cdot \sum 12i = 13 - NTI$ ,  $n = 2, 4$  ó  $6$ )
- La mitjana de màximes del mes més càlid (T12)
- La mitjana de mínimes del mes més càlid (T12)
- La mitjana de la mitjana de mínimes dels dos mesos més càlids ( $1 / 2 \cdot \sum 12i = 11ti$ ).

**Taula 6: Condicions tèrmiques dels diferents tipus d'estiu**

Tipus d'estiu	ExLH (mes)	[x]	$1/n \sum 12 = 13 - nTi$ (°C) [n]	T12 (°C)	t12 (°C)	$1/2 \sum 12 = 11 - ti$ (°C)
<b>Gossypium</b>						
Càlid	G	>4,5 [m]	> 25 [6]	>33,5		
Fresc	g	4,5 [m]	>25 [6]	<33,5	>20	
Cafè	c	=12[m]	> 21 [6]	<33,5	<20	
<b>Oriza</b>						
	O	>4 [D]	21 a 25 [6]			
<b>Maize</b>						
	M	>4,5 [D]	> 21 [6]			
<b>Triticum</b>						
Càlid	T	>4,5 [D]	<21 [6] y > 17 [4]			
Fresc	t	2,5 a 4,5 [D]	> 17 [4]			
<b>Polar</b>						
Càlid	P	<2,5 [D]	> 10 [4]			>5
Fresc	p	>2,5 [D]	<6 [2]			
<b>Frígid</b>						
Càlid	F		<6 [2]	> 0		
Fresc	f			<0		
<b>Andino-Alpino</b>						
Càlid	A	<25 [D]	>10 [4]			
		> 1 PA				
Fresc	a	<1 [M]	<10 [4]			

Font: MAPAMA

En el quadre es defineixen els tipus d'estiu. El valor que apareix entre claudàtors és el requisit necessari a complir de [x] o [n]. El valor de x a ExLH fa referència a les diferents definicions d'estació lliure de gelades segons Papadakis (m, D, o M; mínima, disponible o mitjana, respectivament). El valor de [n] afecta la segona columna, en què cal calcular la mitjana de les temperatures mitjanes de màximes dels 2, 4 o 6 mesos més càlids ( $n = 2, 4$  o  $6$ , respectivament).

Els tipus d'estiu s'ordenen de més càlids a més freds. Els que trobem a la vall són:

- Maize (blat de moro), estiu prou llarg i càlid com per conrear blat de moro, però marginal per arròs.
- Triticum (blat), estiu prou llarg i càlid com per conrear blat, però marginal per blat de moro.
- Polar càlid, prou llarg i càlid com perquè es formin boscos, però no per conrear blat.

- Polar fred, insuficientment llarg i càlid perquè es formin boscos o prats, però sí perquè es produeixen formacions de tundra.

## RÈGIM HIDRIC

El règim hídric defineix la disponibilitat natural d'aigua per a les plantes. Es basa en diversos índexs definits a partir del balanç hídric del sòl (Thorntwaite, 1948) amb capacitat d'emmagatzemar 100 mm d'aigua, capa en la qual es recullen les precipitacions mitjanes i es perd l'ETP (EvapoTranspiració Potencial, calculada segons Papadakis:  $ETPPAP = 5,625 \cdot [i^\circ (T) - i^\circ (t-2)]$ ). Els paràmetres emprats per definir el règim hídric són els següents:

- L'índex d'humitat anual;  $I_h = P_{\text{anual}} / ETP_{\text{anual}}$ .

Per als índexs d'humitat mensual s'empren els valors mensuals. Quan la precipitació és superior a l'ETP, es calcula igual que per l'any:

- $I_{hm} = P_m / ETP_m$  si  $P_m > ETP_m$

Quan la precipitació mensual és inferior a l'evapotranspiració potencial, la precipitació del numerador es reemplaça per la suma de la mateixa i de l'aigua del sòl (procedent de les pluges prèvies) que ha estat extreta per les plantes:

- $I_{hm} = (P_m + |VRM|) / ETP_m$  si  $P_m < ETP_m$ .

Quan la precipitació excedeix a l'ETP el mes és humit. Si la precipitació més l'aigua emmagatzemada en el sòl extreta supera el 50% de l'ETP el mes es considera intermedi. I, si la precipitació més l'aigua emmagatzemada del sòl extreta és inferior al 50% de l'ETP es considera el mes sec:

- Mes humit:  $P_m > ETP_m$ .
- Mes intermig:  $P_m + |VRM| > 0,5 \cdot ETP_m$ .
- Mes sec:  $P_m + |VRM| < 0,5 \cdot ETP_m$ .

Les diferències entre la precipitació mensual i l'evapotranspiració en els mesos humits ens defineixen l'índex de rentat del sòl.

Pluja de rentat:  $L_n = \sum 12m = 1 (P_m - ETP_m)$ , quan  $P_m > ETP_m$  (estació humida).

La definició dels règims hídrics de la vall d'Alinyà són els següents:

**Humit:** Cap mes sec.  $I_h > 1$ .  $L_n > 0,20 \cdot ETP$

- Humit permanent (HU), tots els mesos són humits.
- Humit (Hu), algun mes no és humit.

**Mediterrani:** Ni humit ni desèrtic. Precipitació hivernal més gran que la precipitació estival. Si l'estiu és G, juliol ha de ser sec.  $\text{Latitud} > 20^\circ$ , sinó és monsònic.

- Mediterrani humit (ME),  $L_n > 0,20 \cdot ETP$  i / o  $I_h > 0,88$ .
- Mediterrani sec (Me),  $L_n < 0,20 \cdot ETP$ ;  $0,22 < I_h < 0,88$ ; en un o més mesos amb  $T > 15^\circ\text{C}$  es compleix que l'aigua disponible cobreix l'ETP:  $P_m + |VRM| > ETP_m$ .
- Mediterrani semiàrid (me), massa sec per a ser Me.

#### 1.4.2. Especificacions climàtiques del cultius

Existeixen diverses taules que determinen i adapten per a les condicions climàtiques de la península quins són els tipus d'estiu, d'hivern i de règim d'humitat que poden acceptar diversos tipus de cultius. En aquest sentit, els cultius analitzats han seguit les especificacions d'aquestes taules per a la província de Lleida, obtingudes del repositori bibliogràfic del MAGRAMA.

Taula 7: Règims hídrics i tèrmics acceptats per diversos cultius

<b>LLEGUMINOSSES-GRA</b> Mongeta (Phaseolus vulgaris)		<b>O, M, T</b>	<b>HU, Hu</b> (sense reg) <b>ME, Me, SI...</b> (amb reg)	A $0^\circ\text{C}$ el mal és parcial i a $-1^\circ\text{C}$ la planta mora en qualsevol fase de desenvolupament. Menys resistent a la sequera que el blat de moro. Les nits han de ser fresques. Un estiu sec i fresc, amb reg, es el millor per a evitar moltés malalties.
Mongeta (Vigna sinensis)		<b>O</b> , o més càlids		Amb exigències climàtiques anàlogues a les del sorgo, però menys resistent a la sequera.
Fava	Quasi <b>CI</b> , o més suaus, resisteix inclús hiverns <b>TI</b>	<b>t</b> , o més càlids	<b>Me</b> , o més humits, o bé reg	Suporta gelades de fins a $-4^\circ\text{C}$ . Exigències en fred comparables a les de les varietats de blat amb menys exigències. Menys resistent a la sequera que els cereals d'hivern.
Cigró	<b>CI</b> , o més suaus, en sembrada de tardor; més freds si se sembra en primavera	<b>t</b> , o més càlids	<b>Me</b> , o més humits	Exigències en fred comparables a les de les varietats de blat amb menys exigències. Més resistent a la sequera que el blat.
Pèsol	<b>TI</b> , o més suaus	<b>t</b> , o més càlids	<b>Me</b> , o més humits, o bé reg	La seva resistència als hiverns depèn de varietats; algunes exigeixen hiverns <b>CI</b> (citrus) o pròxims a ell. Les flors es gelein a $-1^\circ\text{C}$ . Temperatures de $-4^\circ\text{C}$ durant mitja hora fan malbé la planta. Requereix quantitats moderades de calor. Menys resistent a la sequera que els cereals d'hivern. Les temperatures altes provoquen que la planta s'esgrogueixi i atura el creixement.
<b>CONREUS</b>	<b>Tipus hivern</b>	<b>Tipus estiu</b>	<b>Règim humitat</b>	<b>OBSERVACIONS</b>
<b>CEREALS-GRA</b> — O'hivern Blat	<b>ti</b> , o més suaus	<b>t</b> , o més càlids	<b>Me</b> , o més humits, o bé reg	Per a la seva sembrada a la tardor exigeix hiverns <b>ti</b> ( $MAM > -29^\circ\text{C}$ ) o més suaus. Quan és més fred ( <b>Pr</b> o <b>pr</b> ), se sembra a la primavera. Es conrea en hiverns <b>CI</b> (Citrus tropical) o <b>IP</b> (Tropical mitja), però en aquests casos els rendiments són baixos i requereix alta fertilització. Necessita humitat abundant durant el mes que precedeix i els dies que segueixen al seu espigament.
Sègol	<b>ti</b> , o més suaus i inclús <b>Pr</b>	<b>t</b> , o més càlids	<b>Me</b> , o més humits, o bé reg	Avança una mica en climes amb hiverns <b>Pr</b> (primavera més càlida). Avança menys cap a l'equador que el blat, per les seves exigències en fred més grans. Més resistent que el blat a la sequera.

<b>TUBERCLES CONSUM HUMÀ</b> Patata	<b>Cl</b> , o més suaus	<b>P</b> , o més càlids		<p>Climes amb hiverns <b>Tp</b> o <b>Ec</b> són marginals per al conreu de la patata.</p> <p>Quan l'estiu és <b>t</b> o <b>T</b>, la patata se sembra a la primavera i es recull a la tardor.</p> <p>Quan el règim tèrmic és <b>SU (Cl-Av, G)</b>, <b>Su (Cl, g)</b> o <b>TF (Cl</b> o més fred, <b>g)</b> hi ha dues collites, una que se sembra a començament de la primavera i l'altra a finals d'estiu.</p> <p>No resisteix lleugeres gelades. Quan el clima està lliure de gelades, la patata vegeta en el període més fresc de l'any. Entre <math>-0,5^{\circ}\text{C}</math> i <math>-1^{\circ}\text{C}</math> es produeixen lleugers danys en la part aèria, i a <math>-2^{\circ}\text{C}</math> la planta mor.</p> <p>Requereix nits fresques, però no massa fredes.</p> <p>Temperatures de l'ordre de <math>29^{\circ}\text{C}</math> aturen la tuberització.</p> <p>Sensible a la sequera, requereix un període de creixement humit, quasi humit o reg (estació humida &gt; 4 mesos).</p>
<b>FRUITERS NO CITRICS</b> — De llavor Pomer	<b>tl</b> , o més suaus	<b>t</b> , o més càlids <b>T</b> , o gairebé <b>T</b> , és suficient	<b>MU, Hu</b> , o reg	<p>Altes exigències en fred. Mitjana de les màximes del mes més fred &lt; <math>15^{\circ}\text{C}</math>, i per això no vegeta bé amb hiverns <b>Ec</b>, <b>Tp</b>, <b>tp</b> o <b>Ct</b>. En plena floració pot suportar com a màxim una temperatura de <math>-2,5^{\circ}\text{C}</math>. Més resistent a la gelada que el préssec, l'albercoquet i el cirerer.</p> <p>Requereix nits fresques (mitjana de les mínimes de tots els mesos &lt; <math>20^{\circ}\text{C}</math>).</p> <p>Temperatures màximes superiors a <math>38^{\circ}\text{C}</math> danyen la qualitat del fruit. Temperatures altes abans de la recol·lecció pot produir la caiguda del fruit.</p> <p>Requereix un clima humit (<b>HU, Hu</b>), però rendeix millor en climes secs o desèrtics amb reg.</p>
Perer	Gairebé <b>tl</b> , o més suaus	Gairebé <b>M</b> , o més càlids	<b>ME</b> , o reg	<p>Poc menys resistent que el pomer als hiverns i una mica menys exigent en fred.</p> <p>Li afavoreix un estiu no plujós, però cal regar-lo.</p> <p>Menys tolerant a la sequera que el pomer.</p>
Cirerer	Més suaus de <b>tl</b>	<b>t</b> , o més càlids	<b>Me</b> , o reg	<p>Una mica menys resistent a l'hivern que el Pomer.</p> <p>Les seves exigències en fred són relativament altes, poiser tant altes com les del Pomer.</p> <p>Exigeix un estiu fresc, i s'estén molt poc en climes amb estiu cotó menys càlid (<b>g</b>).</p> <p>Li danyen més les gelades tardanes que al Pomer, ja que floreixen abans.</p> <p>Per aquesta raó, és més resistent a la sequera.</p>
Noguera	<b>av</b> , o més suaus	Gairebé <b>M</b> , o més càlids	<b>Hu</b> , o reg	<p>Menys resistent al fred que el pomer (<math>\text{MAM} &gt; -7^{\circ}\text{C}</math>).</p> <p>Exigències en fred altes, potser les mateixes que les del pomer.</p> <p>Exigeix un estiu fresc.</p> <p>No és resistent a la sequera.</p>
<b>ALTRES CONREUS</b> Vinya	<b>tl</b> , o més suaus	<b>M</b> , o més càlids	<b>Me</b> , o reg	<p>Exigències en fred anàlogues a les del blat.</p> <p>Les gelades tardanes la fan malbé.</p> <p>L'estiu no ha de ser humit.</p> <p>Quan el clima no és semi-àrid, no necessita reg, però aquest n'incrementa la collita.</p>
Olivera	<b>av</b> , o més suaus	<b>O</b> , és suficient	Sense reg amb <b>Me</b> , o més humits. Amb reg, <b>me</b> o desèr- tic	<p>Més resistent a l'hivern que els Citrics, però menys que la civada, exigeix una <math>\text{MAM} &gt; -7^{\circ}\text{C}</math>.</p> <p>Exigències en fred baixes, però hiverns Citrus tropical (<b>Ct</b>) o Tropical càlid (<b>Tp</b>) són massa càlids.</p> <p>Un estiu Arròs (<b>O</b>) és suficientment càlid per a cobrir les seves exigències en calor.</p> <p>Resistent a la sequera.</p>

Font : MAPAMA

### 1.4.3. Obtenció de dades climàtiques

Un cop fixada la metodologia, les fonts d'informació per obtenir les dades climàtiques han estat:

- Dades climàtiques de l'Atles Climàtic de Catalunya. Les dades originals provenen de series de 15 anys en el cas de les temperatures, de 20 anys pel cas de les precipitacions i de 4 anys en el cas de la radiació.

- Dades de les mínimes absolutes de les estacions automàtiques de la Generalitat de Catalunya de l'àmbit d'estudi.

Per mitjà d'un sistema d'informació geogràfica s'ha procedit a extreure les dades mensuals dels següents paràmetres:

- Mitjana de temperatures dels mesos amb risc de gelades (novembre-abril)
- Radiació solar mitjana anual
- Mitjana de les mínimes mensuals de tot l'any ( $t_i-2$ )
- Mitjana de les mínimes del mes més fred (gener)
- Mitjana de les màximes del mes més fred (gener)
- Mitjana de les mitjanes dels 2, 4, 6 mesos més càlids
- Mitjana de la pluviometria mensual de tot l'any.
- Mitjana de les màximes mensuals de tot l'any ( $T_i$ )

### 1.5. Aplicació del model matemàtic climàtic

Un cop obtingudes les dades, s'ha procedit a realitzar la següent cascada de càlculs:

#### Hores de fred

Per als mesos de novembre a abril s'ha aplicat per a cada mes la següent fórmula estandarditzada per aquest tipus de càlcul:

$$H \text{ fred mensuals} = 485,1 - (28,5 * (T^{\text{a}} \text{ mitjana mensual}))$$

Finalment, s'ha procedit a fer el sumatori del total d'hores de fred dels 6 mesos susceptibles a generar hores de fred.

#### Tensió de vapor de saturació de la mitjana de les $T^{\text{a}}$ màximes mensuals

Calculada per a cada mes segons la fórmula de Bossen:

$$e(T_i) = 33,8639 * ((0,00738 * T_{\text{mensual}} + 0,8072)^8 - 0,000019 * (1,8 * T_{\text{mensual}} + 48) + 0,001316)$$

en hPa

#### Tensió de vapor de saturació de la mitjana de les $T^{\text{a}}$ mínimes mensuals

Calculada per a cada mes segons la fórmula de Bossen:

$$e(t_i) = 33,8639 * ((0,00738 * t_{(\text{mensual})} + 0,8072)^8 - 0,000019 * (1,8 * t_{(\text{mensual})} + 48) + 0,001316)$$

en hPa

#### Evapotranspiració

Calculada segons la fórmula de Papadakis:

$$ETP_{(pap)}=5,6225*(e(Ti)-e(ti)) \text{ en mm/mes}$$

### **Precipitació menys evapotranspiració**

És el diferencial entre la pluja caiguda en mm/mes i l'evapotranspiració dels vegetals en mm/mes. Mesos negatius indiquen estrès hídric.

### **Volum d'aigua restant al sòl**

Per ajustar l'estrès hídric que realment pateixen els vegetals s'assumeix que el sòl té la capacitat d'emmagatzemar 100 mm d'aigua i posar-los a disposició dels vegetals. Per tant, l'aigua emmagatzemada al sòl en els mesos en què Precipitació>ETP serà 100 mm i en els mesos en què P<ETP serà la resta acumulada d'aquest diferencial respecte 100 mm. Si tornem a la situació de Precipitació>ETP el volum d'aigua emmagatzemat al sòl es recuperarà en base al diferencial anterior.

Per iniciar la successió s'ha suposat que el mes de gener, en la majoria dels climes de la vall, el volum restant d'aigua (R) és igual a 100 mm. Per tant, s'ha calculat R segons:

$$R_{mes} = SI(Y(R_{(mes anterior)} + P - ETP_{(mes anterior)} > 0; R_{(mes anterior)} + P - ETP_{(mes anterior)} < 100); R_{(mes anterior)} + P - ETP_{(mes anterior)}, 100)$$

### **Diferencial del volum d'aigua restant al sòl**

És la variació de l'aigua que hi ha emmagatzemada al sòl entre dos mesos consecutius tant si és en positiu com en negatiu.

$$VR_{(mes)} = R_{(mes anterior)} - R_{(mes)}$$

### **Precipitació més variació de volum absolut d'aigua al sòl menys evapotranspiració**

És un càlcul intermedi per calcular el règim d'humitat. S'ha calculat en base a la fórmula:

$$V = SI(Y(Precipitació + VR > ETP; Ti > 15); 1; 0)$$

Permet calcular aquells mesos en què la precipitació més la variació absoluta del volum d'aigua emmagatzemat al sòl és superior a la ETP i la temperatura mitjana màxima superior a 15°C.

### **Determinació de la tipologia de mes**

Per determinar si els mesos són humits, intermitjos o secs s'han seguit les fórmules:

- Mes humit:  $P_m > ETP_m$ .
- Mes intermig:  $P_m + |VRM| > 0,5 * ETP_m$ .
- Mes sec:  $P_m + |VRM| < 0,5 * ETP_m$

## Pluja de rentat

Les diferències entre la precipitació mensual i l'evapotranspiració en els mesos humits ens defineixen l'índex de rentat del sòl.

- Pluja de rentat:  $L_n = \sum_{m=1}^{12} (P_m - ETP_m)$ , quan  $P_m > ETP_m$  (estació humida).

## Índex d'humitat anual

Correspon a la pluja anual dividida per l'ETP anual.

$$L_h = \text{SUMA}(P_m) / \text{SUMA}(ETP_m)$$

## Mitjana de les mínimes dels 2 mesos més càlids

S'ha calculat amb la fórmula que determina d'una sèrie els dos valors més grans, els suma i els divideix per 2.

$$V = ((K.ESIMO.MAYOR(t \Sigma 12m;1) + K.ESIMO.MAYOR(t \Sigma 12m;2)) / 2)$$

## Mitjana de les màximes dels 2, 4, 6 mesos més càlids

S'ha calculat amb la fórmula que determina d'una sèrie els 2, 4, 6 valors més grans, els suma i els divideix per 2, 4 o 6. S'ha fet així perquè la funció "promedio" no acceptava la subfunció "k.esimo".

## Càlcul de la temperatura mínima absoluta a partir de les estacions automàtiques

A partir de l'alçada de les estacions i de la determinació de la mitjana de les mínimes absolutes dels darrers 10 anys. Els resultats es mostren a la Taula 8.

**Taula 8: Localització de les estacions meteorològiques en que s'han analitzat les mínimes absolutes**

Nom estació	Indret	Comarca	Altitud (m)	X_UTM	Y_UTM	Long.	Lat.	Alta
<b>La Seu d'Urgell</b>	Abocador comarcal	Alt Urgell	849	371.054	4.692.343	1,4339	42,3727	07/03/1996
<b>Oliana</b>	Partida Esclotes	Alt Urgell	506	360.730	4.659.875	1,3163	42,0786	22/06/2000
<b>Organyà</b>	Càmping municipal	Alt Urgell	566,5	362.365	4.675.345	1,3324	42,2182	16/01/1996
<b>Alinyà</b>	Tossal de Salomó	Alt Urgell	1.162	370.144	4.670.321	1,4278	42,1743	01/07/2014
<b>Lac Redon (2.247 m)</b>	Lac Redon - Tuc deth Pòrt de Vielha	Val d'Aran	2.247	317.987	4.723.249	0,7799	42,6402	15/07/1999
<b>Sasseuva (2.226 m)</b>	Sasseuba	Val d'Aran	2.226	314.542	4.737.983	0,7331	42,7720	20/09/2001
<b>Vielha Mijaran</b>	Prat de Tixineret	Val d'Aran	1.002	319.399	4.729.908	0,7950	42,7004	15/02/1996

Nom estació	Indret	Comarca	Altitud (m)	X_UTM	Y_UTM	Long.	Lat.	Alta
<b>Boí (2.540 m)</b>	Vall de Boí	Alta Ribagorça	2.540	325.100	4.703.800	0,8726	42,4668	13/11/1998
<b>El Pont de Suert</b>	Depuradora municipal	Alta Ribagorça	823,6	314.400	4.696.605	0,7448	42,3996	14/02/1996
<b>Bonaigua (2.266 m)</b>	Port de la Bonaigua	Pallars Sobirà	2.266	334.897	4.723.778	0,9859	42,6488	06/11/1997
<b>Certascan (2.400 m)</b>	Certascan	Pallars Sobirà	2.400	358.531	4.729.029	1,2727	42,7007	11/11/2000
<b>Espot (2.520 m)</b>	Espot	Pallars Sobirà	2.520	340.277	4.710.950	1,0551	42,5344	01/03/2002
<b>Salòria (2.445 m)</b>	Salòria	Pallars Sobirà	2.445	365.870	4.708.941	1,3670	42,5212	30/09/2004
<b>Sort</b>	Escola de Piragüisme	Pallars Sobirà	670	346.203	4.696.673	1,1310	42,4071	31/07/2009
<b>La Pobla de Segur</b>	Parc de Bombers	Pallars Jussà	513,3	332.143	4.678.551	0,9655	42,2411	01/07/1996
<b>Montsec d'Ares (1.574 m)</b>	Serra de la Corona - Centre d'Observació de l'Univers	Pallars Jussà	1.574	312.220	4.658.170	0,7308	42,0532	17/06/2003
<b>Sant Romà d'Abella</b>	Sant Romà d'Abella - el Tossal	Pallars Jussà	689,5	337.942	4.667.097	1,0390	42,1392	20/05/1996
<b>Tremp</b>	Conillera del Joncar	Pallars Jussà	473	325.636	4.670.183	0,8892	42,1644	22/10/2012
<b>Cadí Nord (2.149 m) - Prat d'Aguiló</b>	Cadí Nord - Prat d'Aguiló	Cerdanya	2.149	394.157	4.683.272	1,7160	42,2945	06/11/2003
<b>Das</b>	Aeròdrom de la Cerdanya	Cerdanya	1.097	406.780	4.693.468	1,8675	42,3879	22/05/2001
<b>La Tosa d'Alp</b>	Tosa d'Alp	Cerdanya	2.478	409.027	4.685.926	1,8960	42,3203	04/09/2014
<b>Malniu (2.310 m)</b>	Estany de Malniu	Cerdanya	2.310	399.750	4.702.600	1,7805	42,4693	03/11/1999
<b>Puigcerdà</b>	Poliesportiu municipal	Cerdanya	1.213	412.394	4.699.195	1,9348	42,4401	22/03/2016

Font: Servei Meteorològic de Catalunya

Les dades dels darrers 10 anys eren cada 30 minuts i s'han agrupat en funció del nombre de registres mensuals.

A partir d'aquí s'ha interpolat l'alçada amb la temperatura de cada mes i han sortit les rectes de regressió de la Taula 9.

**Taula 9: Rectes de regressió de les temperatures mínimes absolutes**

Mes	Recta resultant
1	$(ta1)=-0,0041 \cdot h-4,3878$
2	$(ta1)=-0,0053 \cdot h-2,088$
3	$(ta1)=-0,006 \cdot h+0,4286$
4	$(ta1)=-0,0051 \cdot h+3,4447$
5	$(ta1)=-0,0044 \cdot h+6,2839$



Mes	Recta resultant
6	$(ta1)=-0,0049* h+10,7$
7	$(ta1)=-0,0047* h+13,799$
8	$(ta1)=-0,0048* h+13,386$
9	$(ta1)=-0,0039* h+8,0547$
10	$(ta1)=-0,0039* h+3,607$
11	$(ta1)=0,0032* h-1,9852$
12	$(ta1)=-0,0035* h-4,7287$

Font: Elaboració pròpia

Aquestes fórmules s'han aplicat a la taula de valors, resultant-ne les temperatures mínimes absolutes per a cada parcel·la de l'àmbit d'estudi.

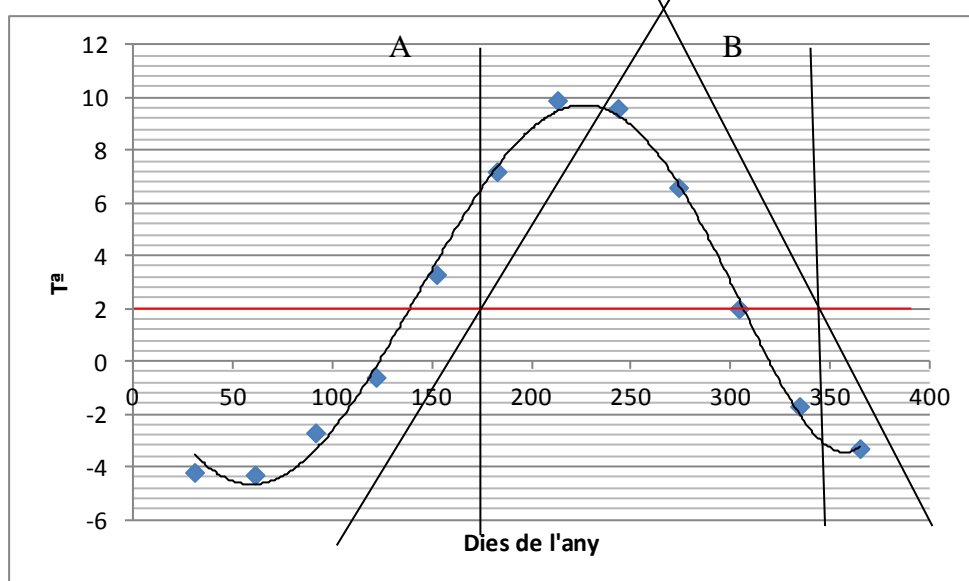
### Càlcul dels mesos disponibles lliures de gelades

Els mesos disponibles lliures de gelades són aquells compresos en temperatures mínimes absolutes superiors a 2 °C. Vist que la distribució de cada punt de les mínimes absolutes segueix un polinomi de cinquè grau, s'ha volgut determinar els dies compresos entre A i B (intersecció de la corba de temperatura amb la recta  $Y = 2$  °C, vegeu gràfic més avall). Per fer-ho s'ha procedit a ajustar una recta de regressió lineal per als 6 primers mesos de l'any i una per als últims 6 mesos amb l'acumulat de dies a l'eix de les x i de  $T^a$  al de les Y. Restant les dues rectes de regressió més el diferencial del primer mes (que també té  $t'a1 < 2$  però queda fora dels càlculs en ser el primer punt el 31 de gener) s'obtenen els dies lliures de glaçada.

Taula 10: Sumatori de dies per realitzar la interpolació

	Gen	Feb	Març	Abr	Maig	Jun	Juli	Ago	Sete	Octu	Nove	Dese
Dies acumulats	31	59	90	120	151	181	212	243	273	304	334	365
Dies mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

Font: Elaboració pròpia



Font: Elaboració pròpia

### **Temperatura mitjana de les mínimes absolutes del mes més fred**

És la temperatura més baixa de les mitjanes de les temperatures mínimes absolutes  
(t'a1)=MIN(Rang de temperatures mínimes absolutes 12 mesos)

### **Temperatura mitjana de les mínimes del mes més fred**

S'ha calculat segons:

(t1)=MIN(Rang de temperatures mínimes 12 mesos)

### **Temperatura mitjana màxima del mes més fred**

S'ha fet una fórmula que busca el mes més fred i un cop el té el fa coincidir amb el rang de temperatures màximes per mesos i ens dona el valor.

### **Determinació del tipus d'estiu**

S'ha calculat en base als rangs del tipus d'estiu. Cal dir, però, que s'ha afegit una subcategoria nova que correspon a subpolar.

S'ha afegit aquesta ja que una part dels punts quedaven fora de la categoria polar càlid (P) i de triticum fred (t). S'ha establert aquest nou rang intermig, en què:

Sub polar= El nombre de mesos disponibles lliures de gelades és inferior a 3 i superior o igual a 2,5, la mitjana de les temperatures màximes dels 4 mesos més càlids és superior a 10 °C i la mitjana de les mínimes dels 2 mesos més càlids és superior a 5 °C.

### **Determinació del tipus d'hivern**

S'ha calculat en base a la següent fórmula:

**Tipushivern**=SI(Y(t'a1>=-29;t'a1<=-10;T1>5);"Tv";SI(Y(t'a1>29; t'a1>=0;T1<=5);Ti";SI(Y(t'a1>-10;T1>=5;T1<=10);"av";SI(Y(t'a1>=-10;t'a1<=2,5;t1>-4; T1>10);"Av";"ti"))))

### **Determinació del tipus de règim d'humitat**

S'ha calculat la fórmula seguint els següents criteris:

- Humit permanent(HU)= a 12 mesos humits
- Humit (Hu)= 11 mesos humits. No s'ha diferenciat si el dotzè mes és sec o intermig.
- Mediterrani humit (ME)=  $L_n > 0,20 * ETP$  i / o  $lh > 0,88$ .
- Mediterrani sec (Em),  $L_n < 0,20 * ETP$ ;  $0,22 < lh < 0,88$ ; en un o més mesos amb  $T > 15$  °C es compleix que l'aigua disponible cobreix l'ETP:  $P_m + |VRM| > ETP_m$ . I no és cap dels anteriors tipus de climes

## **1.6. Determinació dels principals impactes del canvi climàtic a la zona**

A partir de les consultes realitzades a l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic s'han obtingut les següents dades de l'evolució de la precipitació i de la temperatura en 2 escenaris comparatius, un del període 2012-2021 en relació al període 1971-2000 i l'altre en relació al període 2030-50.

**Taula 11: Escenaris de variació de temperatura i precipitació per a l'escenari 2012-21 i 2030-50**

	<b>2012-2021</b>	<b>vs</b>	<b>Hivern</b>	<b>Primavera</b>	<b>Estiu</b>	<b>Tardor</b>	<b>Anual</b>
<b>1971-2000</b>							
<b>LITORAL</b>	Temperatura (°C)		0.6(0.0/1.2)	0.7(0.2/1.3)	0.9(0.4/1.3)	0.8(0.4/1.2)	0.7(0.5/1.0)
	Precipitació (%)		-5.4(-26.7/17.6)	-6.4(-28.9/18.4)	-1.9(-21.8/15.8)	-7.9(-27.6/23.4)	-2.4(-20.7/6.0)
<b>INTERIOR</b>	Temperatura (°C)		0.6(0.1/1.1)	0.8(0.2/1.4)	0.9(0.5/1.5)	0.8(0.4/1.2)	0.7(0.5/1.0)
	Precipitació (%)		2.3(-17.7/24.2)	-5.9(-26.4/25.2)	-1.6(-20.2/13.1)	-4.3(-25.9/26.0)	0.7(-14.1/8.0)
<b>PIRINEU</b>	Temperatura (°C)		0.7(0.0/1.2)	0.8(0.2/1.5)	0.9(0.5/1.5)	0.7(0.4/1.3)	0.8(0.5/1.1)
	Precipitació (%)		2.7(-14.2/32.6)	-0.8(-22.9/16.9)	-2.5(-16.8/11.9)	-2.7(-23.1/15.8)	-0.2(-7.8/8.0)
<b>MITJANA</b>	Temperatura (°C)		0.7(0.0/1.3)	0.7(0.2/1.3)	0.9(0.5/1.4)	0.8(0.4/1.2)	0.8(0.5/1.0)
	Precipitació (%)		2.2(-16.4/22.3)	-4.6(-24.4/17.9)	-3.0(-16.3/13.0)	-5.2(-22.6/21.4)	-2.4(-13.4/5.8)
<b>Mediana (p5/p95)</b>							
<b>LITORAL</b>	Temperatura (°C)		1.2(0.8/1.9)	1.2(0.5/2.2)	1.8(0.7/2.5)	1.7(0.6/2.1)	1.4(0.9/2.0)
	Precipitació (%)		-6(-40.2/35.7)	-12.0(-37.5/6.9)	-11.7(-33.8/11.7)	-9.1(-30.2/11.5)	-8.3(-27.1/2.3)
<b>INTERIOR</b>	Temperatura (°C)		1.2(0.8/1.9)	1.2(0.4/2.3)	1.9(0.7/2.7)	1.7(0.8/2.2)	1.4(0.9/2.1)
	Precipitació (%)		-1.1(-30.9/42)	-11.5(-32.2/6.4)	-9.9(-28.1/11.5)	-8.9(-27.5/11)	-6.5(-23.7/1.4)
<b>PIRINEU</b>	Temperatura (°C)		1.4(0.9/2.1)	1.4(0.6/2.5)	1.9(0.6/2.8)	1.8(0.8/2.3)	1.6(0.9/2.2)
	Precipitació (%)		-1.8(-11/22.5)	-8.4(-24.4/5.8)	-9.0(-24.3/8.2)	-9.3(-25.4/0.7)	-5.3(-16.1/-1.2)
<b>MITJANA</b>	Temperatura (°C)		1.3(0.8/2.1)	1.2(0.5/2.4)	1.8(0.7/2.6)	1.7(0.7/2.2)	1.4(0.9/2.0)
	Precipitació (%)		-3.8(-28.2/20.7)	-10.7(-31.4/4.0)	-10.2(-28.1/9.8)	-9.4(-27.5/4.7)	-6.8(-22.3/-0.7)

Font: Servei Meteorològic de Catalunya

Per a la realització del model d'aquest estudi s'ha seguit l'escenari 2030-50, al que entrarem d'aquí 15 anys i, per diversos cultius, especialment els llenyosos, pot ser un període de temps prou curt per prendre decisions altament importants.

En aquest sentit, s'ha aplicat la previsió llistada com a Pirineu directament sobre les dades extretes de l'Atlas Climàtic de Catalunya i les d'elaboració pròpia. Aquest escenari d'increment de temperatura i reducció de precipitació s'ha fet per mesos, suposant que tots els mesos d'hivern tindrien el mateix valor d'increment o decrement.

### 1.7. Anàlisi de cultius

L'elecció dels cultius ha estat amplia, ja que es volia determinar quins eren els que tenien uns rendiments productius acceptables i que podien formar part de la diversificació agrícola del Pirineu, encara que actualment puguin ser minoritaris en relació al seu potencial.

Els cultius estudiats han estat els que s'esmenten a la Taula 12.

**Taula 12: Cultius analitzats**

<b>Horta i flor</b>	<b>Herbacis</b>	<b>Llenyosos</b>
Col de cabdell	Blat	Vinya de raïm per a vi
Enciam	Ordi	Olivera per a oliva d'oli
Carbassa i carbassó	Civada	Avellaner
Tomàquet	Sègol	Cirerer i guinder
Ceba	Blat de moro	Perera
Mongeta verda	Mongeta secà	Pomera
Fava verda	Llentia	Pomera en prats naturals
	Cigró	
	Patata d'estació mitjana	
	Patata tardana	
	Blat de moro farratger	
	Sorgo farratger	
	Alfals	

Font: Elaboració pròpia

En base a les dades obtingudes pel que fa a rendiments productius en secà i regadiu, al potencial preu de venda d'aquests productes i a les tendències de mercat, s'ha procedit a fer una selecció de 10 cultius que s'han considerat estratègics per afrontar una diversificació plena de l'àmbit d'estudi. Seguidament, per a cadascun d'aquest 10 cultius, s'ha procedit a mapar la seva idoneïtat actual i futura.

### 1.7.1 Mapatge de la idoneïtat climàtica dels cultius

A partir de la determinació dels 10 cultius amb major potencial per a la diversificació de l'agricultura del Pirineu, s'ha procedit a realitzar els plànols d'idoneïtat climàtica. Aquests plànols estan fets a partir de 3 categories:

- **Sí:** quan el tipus d'estiu, d'hivern i el règim d'humitat permeten el cultiu de la varietat. És a dir, hi ha el règim de temperatures i de precipitacions que permeten el desenvolupament del cultiu amb unes garanties de productivitat raonables i econòmicament eficients.
- **No:** quan un dels paràmetres de tipus d'estiu o tipus d'hivern no és adequat. És a dir, quan per qüestions tèrmiques, sigui per massa temperatura o per massa poca, no és viable.
- **Sí amb regadiu:** quan el tipus de règim d'humitat no garanteix un aport d'aigua suficient per garantir una productivitat del conreu però la resta de paràmetres tèrmics sí que són adequats.

### 1.8. Determinació dels cultius amb major potencial de diversificació

El criteri essencial per determinar quins cultius poden diversificar l'economia del Pirineu ha estat que puguin servir, bàsicament, per alimentació humana. Una de les claus de la diversificació de l'agricultura del Pirineu és generar productes agrícoles que, en primera instància, o amb una transformació secundària no gaire complexa, puguin passar a formar part dels circuits de comercialització d'aliments.

D'altra banda, els cultius s'han seleccionat també segons el criteri del preu. S'han buscat productes que responguin a noves demandes alimentàries i que, per tant, puguin ser valorats també a nivell econòmic.

Essencialment, s'ha previst l'anàlisi de diversos fruiters que ja es cultiven a l'àmbit d'estudi però que antigament eren molt més importants, com ara les espècies següents:

- **Pomera:** el cultiu de la pomera havia estat molt comú a les zones pirinenques i la qualitat resultant dels fruits era molt elevada. Al llarg dels darrers anys, s'està recuperant aquest cultiu en diverses zones de muntanya ja que els efectes del canvi climàtic i del mercat han portat a la reducció de la qualitat i de la rentabilitat d'aquesta fruita en zones més baixes. Per tant, pot ser una opció interessant, i encara més si es fa amb varietats concretes i, preferentment, de forma ecològica.
- **Perera:** en algunes zones de la vall amb condicions tèrmiques més suaus que les que requereix la pomera es podria fer aquest cultiu, que durant anys fou un dels més apreciats del Pirineu. Molta gent de Barcelona encara recorda les peres de caixa de dona que es produïen a la Cerdanya i que eren venudes massivament als mercats de la ciutat Comtal.
- **Cirerer:** degut a les elevades hores de fred que requereix, cal produir-lo en llocs relativament freds. Malgrat tot, la seva floració primerenca fa que sigui un cultiu

sensible a les gelades tardanes. En moltes zones del Pirineu, amb una bona adaptació varietal (floració tardana), es podrien aconseguir produccions de gran valor afegit i que podrien permetre la generació d'alguns productes transformats molt interessants.

Un altre grup interessant són les lleguminoses de consum humà, que es poden fer tant al secà com en regadiu. A part d'aportar proteïnes vegetals d'alt valor nutritiu, els llegums són clau per a la diversificació de les rotacions dels cereals de secà o, en el cas de la mongeta, de les zones de producció més intensiva. El seu preu, a més, acostuma a ser elevat.

- **Cigró:** s'ha considerat estratègic analitzar-lo ja que, amb una adaptació dels moments de sembra en funció de la zona, podria generar una font d'ingressos complementària en moltes zones cerealístiques de les valls baixes del Pirineu.
- **Mongeta:** és un cultiu fàcil que no té massa dificultat tècnica i que té moltes varietats locals que poden generar una potent diversificació de les rendes en moltes zones amb un clima estival suficientment llarg com per produir-les. Les varietats de mata baixa poden ser una alternativa en zones amb estius curts o amb molt de vent.

Finalment, la tríada mediterrània serà la gran afavorida pel canvi climàtic a la zona del Pirineu: s'ha analitzat la vinya, l'olivera i els cereals, però des d'una òptica moderna ja que s'han considerat varietats que puguin generar farines amb menys càrrega de gluten i major contingut de minerals.

- **Vinya:** en moltes zones del Prepirineu s'està recuperant aquest cultiu que antigament ja hi havia estat comú. En determinades zones de la vall pot permetre recuperar algunes zones de cultiu ben orientades, del sol, que tot i tenir feixes petites podrien albergar aquest cultiu.
- **Olivera:** també, en zones amb clima mediterrani sec es pot desenvolupar aquest cultiu que podria generar un producte que, amb una oportuna bona comercialització, podria arribar a ser exclusiu.
- **Cereals antics (sègol i espelta).** Pot ser una molt bona alternativa per a la producció de farines de gran qualitat. Cal tenir en compte que el factor limitant més important per aquest cultiu pot ser la reduïda dimensió de les superfícies de conreu, degut a les elevades necessitats de mecanització.
- **Patata:** cultiu que havia estat molt important a tot el Pirineu i que avui en dia sembla que es recupera de forma molt modesta. En determinades zones, es podria realitzar amb unes condicions òptimes per al desenvolupament de determinades varietats, fet que podria donar un producte d'elevada qualitat. Cal tenir en compte les necessitats de reg de la patata, ja que en molts casos s'haurà de preveure fer-les en zones amb regadiu.
- **Fajol.** Cultiu amb molt potencial ja que es tracta d'una poligonàcia de cultiu estival i de baix índex glucèmic. Pot ser apte el seu cultiu en zones accessibles i amb camps relativament grans.

### **1.9. Establiment del model òptim comarcal d'implantació de nous cultius**

Per tal de determinar el sistema més favorable de producció a les comarques de la vegueria de l'Alt Pirineu, s'ha procedit a realitzar un model de valoració econòmica de cada parcel·la tenint en compte la productivitat, el preu de mercat de cada varietat i la disponibilitat o absència de regadiu a les parcel·les potencialment regables. Seguidament, s'ha considerat, per a tots els cultius viables (és a dir, aquells que donen una idoneïtat climàtica igual a "sí" o "sí amb regadiu"), la productivitat en règim de regadiu; per a les parcel·les fora de les zones potencialment regables, en canvi, només s'ha contemplat la productivitat dels cultius viables (aquells amb idoneïtat climàtica igual a "sí") en règim de secà. Per a atorgar un valor econòmic a cada parcel·la de l'àmbit d'estudi, s'ha multiplicat la superfície de la parcel·la per la productivitat (en kg per unitat de superfície), i pel preu (en € per kilogram) per a totes les varietats viables, i s'ha seleccionat el valor econòmic més alt. S'obté així una taula en què cada parcel·la de l'àmbit d'estudi té associat un valor econòmic òptim i el cultiu corresponent a aquest valor màxim. Realitzant les mateixes operacions per a les condicions climàtiques actuals i per les esperades pel període 2030-50 s'obté una quantificació comparativa actualitat-futur del rendiment econòmic optimitzat de totes les parcel·les, que es poden agrupar per comarques.