



ESTIMACIÓ DE LA PLUJA ÚTIL MITJANÇANT BALANÇ HÍDRIC DE L'ANY HIDROLÒGIC 2006

Núm. Doc: 07G07
Agost 2007



1	OBJECTIUS	3
2	INTRODUCCIÓ.....	3
3	ESTACIONS METEOROLÒGIQUES	5
4	METODOLOGIA PER L'OBTENCIÓ DE MAPES CLIMATOLÒGICS.....	7
4.1.	Mapes de precipitació.....	7
4.1.1.	Determinació del gradient altimètric de la precipitació.....	8
4.2.	Mapes de temperatura.....	9
5	TRETS GENERALS DE LA PLUVIOMETRIA DE L'ANY HIDROLÒGIC 2006	10
6	TRETS GENERALS DE LA TEMPERATURA DE L'ANY HIDROLÒGIC 2006.....	12
7	CÀLCUL DEL BALANÇ HÍDRIC	15
7.1	Càlcul de l'evapotranspiració	16
7.1.1	Generalitats.....	16
7.1.2	Càlcul de l'evapotranspiració	17
7.2	Càlcul de la pluja útil.....	19
7.3	Estimació del dèficit hídric.....	20
8	CONTRAST DE RESULTATS	21
8.1	Anàlisi del cabal	21
9	RESUM BALANÇ HÍDRIC EN LES UNITATS HIDROGEOLÒGIQUES	25
9.1	Resum dels resultats del balanç hídric del 2006 en les diferents unitats	27
9.2	Resum dels resultats del balanç hídric respecte la mitjana en les diferents unitats	29
10	CONCLUSIONS	33
11	PLA D'ACTUACIONS.....	34
12	BIBLIOGRAFIA.....	34

1 OBJECTIUS

L'objectiu del present estudi és el de resumir les precipitacions i temperatures recollides al Principat durant el 2006 respecte la mitja calculada en l'estudi de les *Aigües subterrànies del Principat d'Andorra* (Govern d'Andorra, 2007) i finalment establir un model de distribució de la pluja útil o excedents hídrics del 2006 del territori andorrà mitjançant un balanç hídric de l'any hidrològic comprès entre l'1 de gener i el 31 de desembre del 2006. Aquest model de distribució de la pluja útil ha de servir per establir les zones on les actuacions de gestió han de ser prioritàries.

2 INTRODUCCIÓ

De cara a elaborar el model de precipitació i temperatura de l'any 2006, s'han recollit els registres termopluviomètrics d'estacions emplaçades tant al territori andorrà com en la resta del Pirineu més proper.

Es tracta d'estacions meteorològiques gestionades per diferents entitats: Govern d'Andorra, Confederación hidrogràfica del Ebro (CHE), FEDA, Servei meteorològic de Catalunya i Meteo France.

S'han utilitzat les dades amb una disponibilitat del 100% dels registres diaris de cada mes. En el cas d'una estació amb mesos incomplets s'ha prescindit del mes en concret, no pas de la resta, donat que l'estimació de l'evaporació és mensual. Els registres pluviomètrics amb els quals s'ha treballat corresponen a les precipitacions acumulades mensuals, tant de neu com de pluja, sense dur a terme cap correcció, per exemple associat a processos de sublimació, en el cas de la neu. En el cas dels registres de temperatura s'ha treballat amb la mitja mensual de la temperatura màxima i mínima diària.

De cara a tenir resultats coherents s'ha dut a terme un "rentat" de dades basat en els següents criteris:

- Eliminació de mesos incomplets,
- Eliminació de mesos de les estacions que presenten valors molt dispars respecte estacions properes,
- De cara a calibrar el model de distribució de les precipitacions es disposa de dades estimades de precipitacions des del juny del 2006 fins el desembre del 2006 de diferents punts del país, obtingudes per a la realització de l'estudi de balanç químic (Govern d'Andorra, 2007), encara en curs de realització. S'ha fet ús d'aquestes dades estimades quan s'ha vist que proporcionen valors coherents amb l'entorn.

S'ha comparat els registres termopluviomètrics amb els valors mitjans climàtics recollits en l'*Estudi de les aigües subterrànies del Principat d'Andorra* (Govern d'Andorra, 2007).

A l'hora de classificar el tipus d'any climatològic, respecte les variables de precipitació i temperatura s'han adoptat els següents criteris definits pel Servei meteorològic de Catalunya:

Referent a les precipitacions:

- Període molt plujós: registres totals superiors al 190% respecte a la mitjana climàtica

- Període plujós: registres compresos entre el 110 i el 190% respecte a la mitjana climàtica
- Període normal: registres compresos entre el 90 i el 110% respecte a la mitjana climàtica
- Període sec: precipitacions que representen entre el 30 i el 90% de la mitjana climàtica
- Període molt sec: precipitacions que estan per sota del 30% de les precipitacions mitjanes.

Referent a les temperatures:

- Període molt càlid: diferència de temperatures igual o superior a $+3^{\circ}\text{C}$
- Període càlid: diferència tèrmica superior a $+0.5^{\circ}\text{C}$ i inferior a $+3^{\circ}\text{C}$
- Període normal: diferència tèrmica compresa entre -0.5°C i $+0.5^{\circ}\text{C}$
- Període fred: diferència tèrmica inferior a -0.5°C i superior a -3°C
- Període molt fred: diferència tèrmica igual o inferior a -3°C

3 ESTACIONS METEOROLÒGIQUES

Les estacions meteorològiques que proporcionen dades diàries del 2006, tant del país com d'estacions emplaçades el més a prop de la zona d'estudi es donen en la següent taula.

En la **taula 1** i **figura 1** es mostra les estacions considerades i la seva ubicació.

Estació	Lambert X	Lambert Y	Z	Organisme
Ransol	542751,9	31243,7	1640	FEDA
Engolasters	536681,5	24408,0	1640	FEDA
Central	535600,7	24197,3	1140	FEDA
Salines	534441,0	34868,7	1470	Govern d'Andorra
Roc St Pere	533783,6	23896,0	1090	Govern d'Andorra
Envalira	549058,1	26136,9	2550	Govern d'Andorra
Les Pardines	528064,9	16010,3	1500	Govern d'Andorra
Arcalís	529673,2	37422,6	2315	CHE
Grau Roig	547544,4	26057,9	2082,7	CHE
Setúria	526415,8	28284,5	1910	CHE
La Seu d'Urgell	527232,2	7154,7	696,8	CHE
Viliella	547217,3	13050,8	1557	CHE
Salòria	520143,8	24663,5	2445	SMC
La Seu d'Urgell	525529,6	8296,6	849	SMC
Das	561375,9	9888,5	1096	SMC
Hospitalet	555535,4	32202,4	1425	Météo France
Aulus les Bains	517231,5	55527,0	733	Météo France

Taula 1. Xarxa de les estacions meteorològiques d'Andorra i dels voltants pertanyents tant a les Forces Elèctriques d'Andorra (FEDA), Confederació Hidrogràfica de l'Ebre (CHE), M.I Govern d'Andorra, al Servei Meteorològic de Catalunya (SMC) i al Service Météorologique de la France (Météo France) que s'han utilitzat en l'estudi.

Després del procés de selecció de les dades existents, el nombre de dades usades en cada estació queda de la següent manera:

Estació	Nombre de mesos usats de l'any 2006	
	Registres de precipitacions	Registres de temperatures
Ransol	12	12
Engolasters	11	12
Central	12	12
Salines	11	11
Roc St Pere	8	11
Envalira	9	9
Les Pardines	12	0
Arcalís	12	12
Grau Roig	7	11
Setúria	12	12
La Seu d'Urgell CHE	12	12
Viliella	12	11
Salòria	12	12
La Seu d'Urgell SMC	7	9
Das	10	10
Hospitalet	12	12
Aulus les Bains	12	12
Nombre estacions:	17	16

Taula 2. Nombre de mesos usats en cada estació meteorològica.

La xarxa d'estacions se centra bàsicament en els eixos fluvials del Valira del Nord i Valira d'Orient, per la qual cosa el territori que queda exempt de dades és ampli, sobretot en el sector sud, sector del Madriu, Perafita, Claror, sector nord i nord-est, etc. tal i com s'observa en la **figura 1**. Aquest fet dóna peu que el model de distribució de les precipitacions i temperatures sigui estrictament un model.

Així mateix, de cara a validar les dades o complementar les existents s'ha fet ús de dades de precipitacions estimades obtingudes de l'estudi Balanç químic mitjançant clorurs (*Govern d'Andorra, 2007 –en curs–*). En la següent **taula 3** es dóna les coordenades de situació dels punts que han estat usats en el present estudi per validar les dades termopluiomètriques.

Punts	Lambert X	Lambert Y	Z
EDAR Anyós	533051	26451	1166
EDAR Canillo	538693	29243	1464
Pistes Arcalís	531433	37184	1943
Roc de St Pere	533618	24136	1110

Taula 3. Punts amb dades de precipitació estimada usats

En el **capítol 4** es donen els registres usats per dur a terme la modelització.

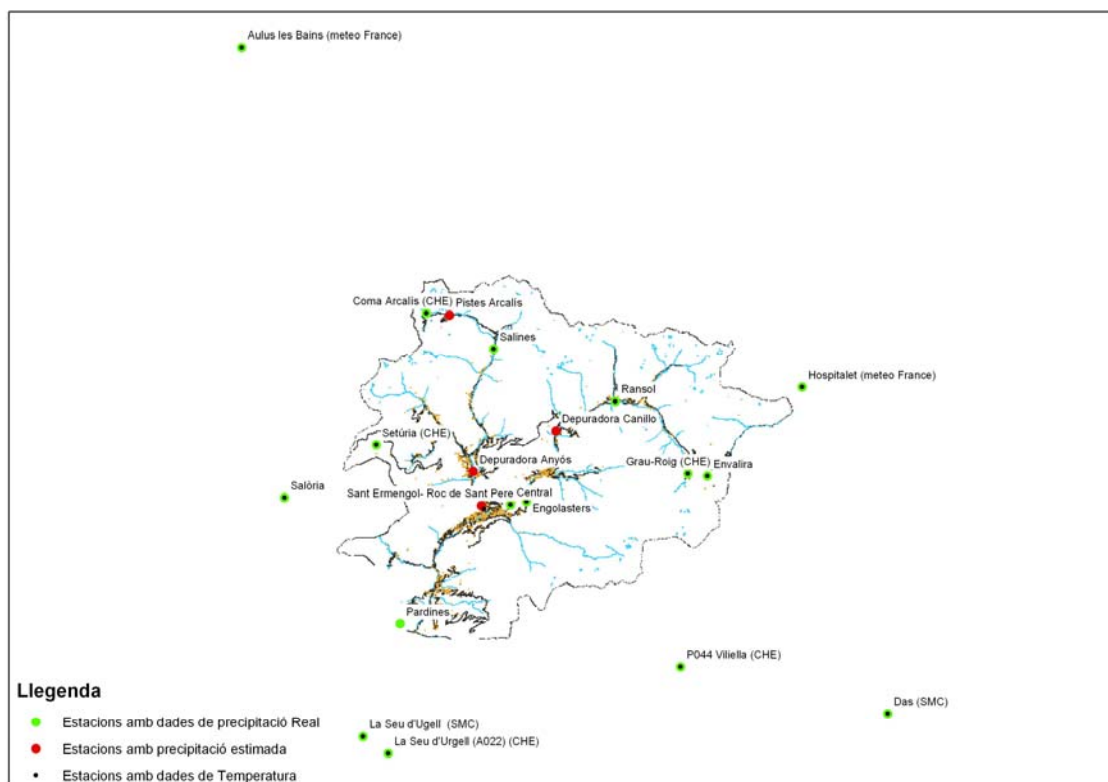


Figura 1. Situació de les estacions meteorològiques i estacions amb dades estimades usades en el present estudi

4 METODOLOGIA PER L'OBTENCIÓ DE MAPES CLIMATOLÒGICS

Un dels avanços importants que suposa l'ús de la tecnologia GIS en el càlcul de paràmetres del terreny és la possibilitat de realitzar un gran volum de càlculs amb una duració radicalment inferior a la usada amb els mètodes clàssics. Així s'ha aprofitat aquesta tecnologia per realitzar un model climàtic amb GIS amb la realització de mapes de precipitació i temperatura amb cel·les de 25 metres x 25 metres (un total de 800.000 punts de càlcul a tot el principat) sense que el temps sigui un impediment per realitzar-los.

4.1. Mapes de precipitació

Per tal d'obtenir els mapes de precipitació del Principat d'Andorra s'han de tenir en compte dos fets molt importants.

La precipitació varia amb l'alçada, així no es pot fer una interpolació directa dels valors de precipitació obtinguts sense tenir en compte l'alçada a la que es troben. La variació de la precipitació amb l'alçada es descriu a la bibliografia com a la precipitació que augmenta a raó de centèsimes de mil límetre per cada metre d'alçada. L'altre fet a tenir en compte és la variació de la precipitació, segons l'orientació del vessant.

L'orientació del vessant té la seva importància sobretot si es té en compte el fet que els vessants orientats al Sud afavoreixen els fenòmens convectius. S'ha de tenir present que els fenòmens convectius són els responsables de la major part de la precipitació durant el període estival, que ve a ser un dels períodes més plujosos.

4.1.1. Determinació del gradient altimètric de la precipitació

Segons la bibliografia el gradient altimètric varia molt segons la regió i el clima de la regió. Per exemple, en selves tropicals sud-americanes el valor del gradient altimètric arriba a superar els 100 mm / 100m, en canvi en la zona de Sierra nevada, a la península Ibèrica, es defineixen uns gradients de 35 mm cada 100 metres. Estudis en el Pirineu ens donen gradients molt variables. Aquest fet es deu en part a que les variacions locals de la precipitació en una orografia com la pirinenca són molt importants, així, i sense tenir sèries de precipitació especialment llargues, els valors obtinguts de gradients pluviomètrics són molt diferents entre sí. Quan s'intenta determinar un gradient, pot ser que s'estigui determinant una variació local de la pluviometria.

En aquest cas com que l'objectiu és continuar amb els resultats obtinguts en *l'Estudi de les aigües subterrànies (Govern d'Andorra, 2007)*, s'ha cregut convenient utilitzar les mateixes dades de gradient pluviomètric que es van utilitzar. Així el gradient utilitzat és de 25 mm cada 100 metres.

Per poder fer el càlcul de precipitacions, és precís que es tingui en compte la influència de l'alçada en les dades de precipitació obtingudes, o sigui el gradient altitudinal. Per fer el càlcul, el que s'ha fet és traslladar totes les estacions a la cota de 1000 metres d'alçada tenint en compte aquest gradient, descomptant (si eren estacions que es trobaven a més alçada) la precipitació X mm/100m o sumant (si eren estacions que es trobaven més baixes).

Com a limitació s'assumeix que no hi ha altres factors que comportin variacions de precipitació, factors com per exemple la posició respecte el vessant, orientació del vessant, etc.

Un cop realitzat aquest mapa de distribució de les precipitacions a una cota de 1000 metres, a partir d'una interpolació Spline, es torna a aplicar el gradient altimètric sobre cadascuna de les cel·les tenint en compte l'alçada a la que es troben.

Com que no es tenen valors complets de la precipitació per a totes les estacions, s'han utilitzat només les dades de les estacions en els mesos en què hi havia tota la sèrie mensual de precipitacions completa. Les dades utilitzades en el cas de precipitacions, es presenten a la taula següent.

	X	Y	Z	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
Ransol	542751,9	31243,7	1640	115,3	17,2	94,7	27,8	43,5	65,6	74,4	76,8	98,3	92,4	81,6	14,1
Engolasters	536681,5	24408,0	1640	77,3	6,0	58,4	12,9	33,6	56,3	123,4	31,7	17,9	114,6	65,8	10,9
Central	535600,7	24197,3	1140	69,3	8,8	66,8	8,9	30,5	49,8	69,0	32,2	64,0	63,8	66,3	11,3
Salines	534441,0	34868,7	1470	66,8	8,8	97,2	32,2	43,8	31,6	98,4	-	108,0	54,0	179,8	7,0
Coma Arcalis (CHE)	529849,5	37305,2	2235	17,0	13,0	62,4	50,0	36,2	61,8	83,0	76,8	147,8	93,8	74,4	17,2
Setúria (CHE)	526415,8	28284,5	1910	14,8	18,6	74,8	24,8	34,2	27,2	49,6	65,6	104,6	69,0	84,6	18,0
Grau-Roig (CHE)	547722,7	26302,4	2100	61,4	6,4	40,2	-	-	15,5	-	-	114,8	52,6	-	3,8
Pardines	528064,9	16010,3	1500	70,0	17,3	55,4	9,2	18,1	21,9	41,7	20,7	103,2	53,1	32,7	11,9
Envalira	549058,1	26136,9	2550	-	-	-	22,6	35,0	33,0	56,2	40,2	103,0	27,6	13,4	0,4
La Seu d'Urgell (A022) CHE	527232,2	7154,7	697	23,6	5,6	32,4	4,8	12,8	34,8	63,0	39,8	121,2	47,6	13,0	7,0
P044 Viliella (CHE)	547217,3	13050,8	1557	63,0	10,4	46,2	23,8	14,0	44,0	89,6	37,4	75,4	48,4	12,6	7,4
La Seu d'Urgell (SMC)	525529,6	8296,5	849	71,2	4,8	32,6	6,4	10,8	-	-	-	-	-	17,0	7,2
Das (SMC)	561375,9	9888,5	1096	91,2	3,8	-	-	13,8	41,6	27,0	51,4	71,0	28,6	9,8	3,4
Hospitalet (meteo France)	555535,4	32202,4	1425	189,9	12,3	139,0	59,8	46,6	73,0	50,9	78,5	144,2	88,0	74,5	12,7
Aulus les Bains (meteo France)	517231,5	55527,0	733	110,0	23,2	185,2	99,3	76,0	90,2	81,2	117,7	178,9	84,4	103,4	53,0
Salòria	520143,8	24663,5	2445	20,8	23,6	26,0	31,0	19,3	31,7	104,2	57,3	65,2	48,5	49,5	12,6
Depuradora Anyós	533051,0	26451,0	1166	-	-	-	-	-	36,5	60,2	62,4	110,5	89,2	87,5	20,4
Depuradora canillo	538693,0	29243,0	1464	-	-	-	-	-	39,1	-	59,1	94,7	-	-	11,6
Pistes Arcalis	531433,0	37184,0	1943	-	-	-	-	-	42,9	93,2	82,6	-	-	-	-
St Ermengol-Roc de Sant Pere	533617,0	24135,0	1110	55,2	13,4	53,6	13,6	32,4	41,0	70,0	36,0	-	59,4	56,4	15,8

Taula 4. Dades de precipitació usades

4.2. Mapes de temperatura

Per a l'elaboració dels mapes de temperatura del principat d'Andorra s'ha partit de les sèries de temperatura recopilades en les estacions anteriorment comentades.

L'objectiu d'aquests càlculs és l'obtenció de mapes de temperatura mensual i de temperatura anual mitjana per tot el territori andorrà.

Per l'elaboració dels mapes cal en primer lloc establir un gradient de variació de la temperatura en alçada. Aquest gradient està molt més ben establert en el cas de la temperatura que en el cas de les precipitacions, ja que els fenòmens atmosfèrics, que regeixen la variació de temperatures estan menys influïts per paràmetres locals que els fenòmens atmosfèrics, que regeixen la variació de les precipitacions. Així, el gradient que s'ha establert és el que marca una disminució de la temperatura mitjana de 0,65 ° per cada 100 metres d'ascensió. Aquest gradient té un funcionament molt adequat sobretot pel que fa a períodes llargs de mesura, ja que els fenòmens d'inversió tèrmica típics de les situacions anticiclòniques a l'hivern, queden compensats per altres situacions. En aquest punt cal remarcar que en el càlcul de temperatures mitjanes mensuals, el gradient aplicat pot variar lleugerament enfront del gradient real. Aquesta variació, queda compensada, però, amb les dades dels altres mesos.

Per la realització dels mapes de temperatura, en primer lloc s'han traslladat totes les dades de temperatura a una mateixa alçada que s'ha fixat de 1000 metres, obtenint uns mapes de temperatures mitjanes a una mateixa alçada. Com a limitació s'assumeix que no hi ha altres factors que comportin variacions de temperatura, factors com per exemple la posició respecte el vessant, orientació del vessant, etc.

Un cop realitzat aquest mapa de distribució de temperatures a una cota de 1000 metres, a partir d'una interpolació Spline, es torna a aplicar el gradient altimètric sobre cadascuna de les cel·les tenint en compte l'alçada a la que es troben. Les dades utilitzades en el cas de temperatura, es presenten a la taula següent.

	X	Y	Z	gener	febrer	març	abril	maig	juny	juliol	agost	setembre	octubre	novembre	desembre
Ransol	542751,90	31243,70	1640,00	-2,77	-0,88	2,66	6,07	10,18	13,95	16,92	13,18	12,78	9,32	4,17	-1,24
Engolasters	536681,50	24408,00	1640,00	-0,26	1,71	4,03	7,90	11,81	15,78	19,02	14,95	14,65	11,23	7,22	2,39
Central	535600,70	24197,30	1140,00	1,27	3,00	6,56	10,02	14,03	18,00	20,68	17,21	16,25	12,90	8,40	3,02
Salines	534440,95	34868,70	1470,00	-0,05	1,30	4,57	7,19	11,24	15,33	17,49	-	13,72	10,91	6,69	2,25
Roc St Pere	533783,64	23896,03	1090,00	2,89	4,87	8,05	11,38	15,75	19,58	22,20	-	17,69	14,50	9,89	4,89
Coma Arealis (CHE)	529849,49	37305,22	2235,00	-4,82	-3,92	-1,13	1,33	5,59	10,17	13,40	8,42	9,02	6,19	2,05	-3,21
Setúria (CHE)	526415,83	28284,46	1910,00	-3,53	-2,67	0,22	2,90	6,85	10,50	13,42	9,51	9,64	6,84	2,91	-1,26
Grau-Roig (CHE)	547722,68	26302,36	2100,00	-4,63	-3,69	-0,43	2,29	6,56	10,59	13,37	-	9,66	7,10	2,68	-2,04
Envalira	549058,14	26136,85	2250,00	-	-	-	0,48	4,27	8,36	12,10	6,72	7,99	6,02	2,63	-1,98
La Seu d'Urgell (A022) CHE	527232,22	7154,65	696,80	1,58	3,40	8,10	10,87	15,58	19,29	21,86	18,30	17,57	14,22	8,62	2,70
P044 Vilella (CHE)	547217,28	13050,76	1557,00	-0,18	0,91	4,39	7,73	11,86	-	18,31	14,58	14,06	11,03	6,49	1,89
La Seu d'Urgell (SMC)	525529,59	8296,53	849,00	2,62	4,25	8,78	11,46	16,23	-	23,41	-	-	15,21	9,87	4,35
Das (SMC)	561375,91	9888,48	1096,00	1,25	3,01	-	-	14,33	18,49	21,15	17,30	16,56	12,93	7,30	2,00
Hospitalet (meteo France)	555535,36	32202,37	1425,00	0,87	1,01	4,96	7,60	12,04	15,93	19,03	13,87	15,79	13,78	9,22	3,96
Aulus les Bains (meteo France)	517231,51	55527,04	733,00	1,41	3,20	8,27	10,47	14,56	18,43	21,65	16,64	17,66	14,64	9,66	2,29
Saloria	520143,80	24663,50	2445,00	-4,96	-4,22	-2,32	0,91	5,23	9,62	12,87	7,83	8,10	5,54	1,96	-2,41

Taula 5. Dades de temperatura usades

5 TRETOS GENERALS DE LA PLUVIOMETRIA DE L'ANY HIDROLÒGIC 2006

L'any 2006 presenta una pluviometria que oscil·la entre els 1279,19 i els 307,43mm. Així els valors màxims es detecten al nord del Principat, en zones que estan sota la influència atlàntica, de capçalera i amb la presència de cims muntanyosos amb alçades superiors als 2700 metres, i els valors mínims cal trobar-los al sud i fons de vall, que coincideix amb zones topogràficament inferiors, i d'influència mediterrània. També es detecten valors mínims a la capçalera del Valira d'Orient, a l'est del Principat, contràriament al que seria d'esperar. En aquest sector són dues les estacions meteorològiques sobre les quals s'ha treballat, però se'n desconeix el grau de fiabilitat de les seves lectures hivernals, període de precipitacions en forma de neu que es combina sovint amb ratxes de vent. Per tant no es descarta que les precipitacions registrades durant l'hivern estiguin subestimades en aquesta zona.

La precipitació mitja del 2006 es calcula que és de 754,75 mm. Aquesta dada permet classificar el 2006 com un any sec en conjunt (per sota del 90% de la mitjana climàtica, que s'estimava de 996 mm). En detall, però s'identifica un ampli conjunt de sectors on l'any es pot catalogar de més sec, amb precipitacions inferiors al 70%, tal i com s'interpreta en al sud-oest, oest, i est del Principat tot i que com s'ha comentat, l'anomalia del sector est pot associar-se a una incorrecta lectura de les precipitacions de neu, en aquest cas infravalorant-se la realitat.

Segons el servei meteorològic de Catalunya en l'any 2006-2007 s'ha enregistrat valors inferiors a la mitjana climàtica, en especial a les comarques del Prepirineu, com la de l'Alt Urgell; el conjunt del 2006 és considerat com a sec en totes les comarques del Pirineu central i oriental català, amb precipitacions inferiors al 70-90% de la mitjana. En aquest sentit les baixes precipitacions registrades al Principat no es tracten d'un fet aïllat si no general en el Pirineu central.

En la **figura 2** es mostra el model de distribució de les precipitacions de l'any 2006.

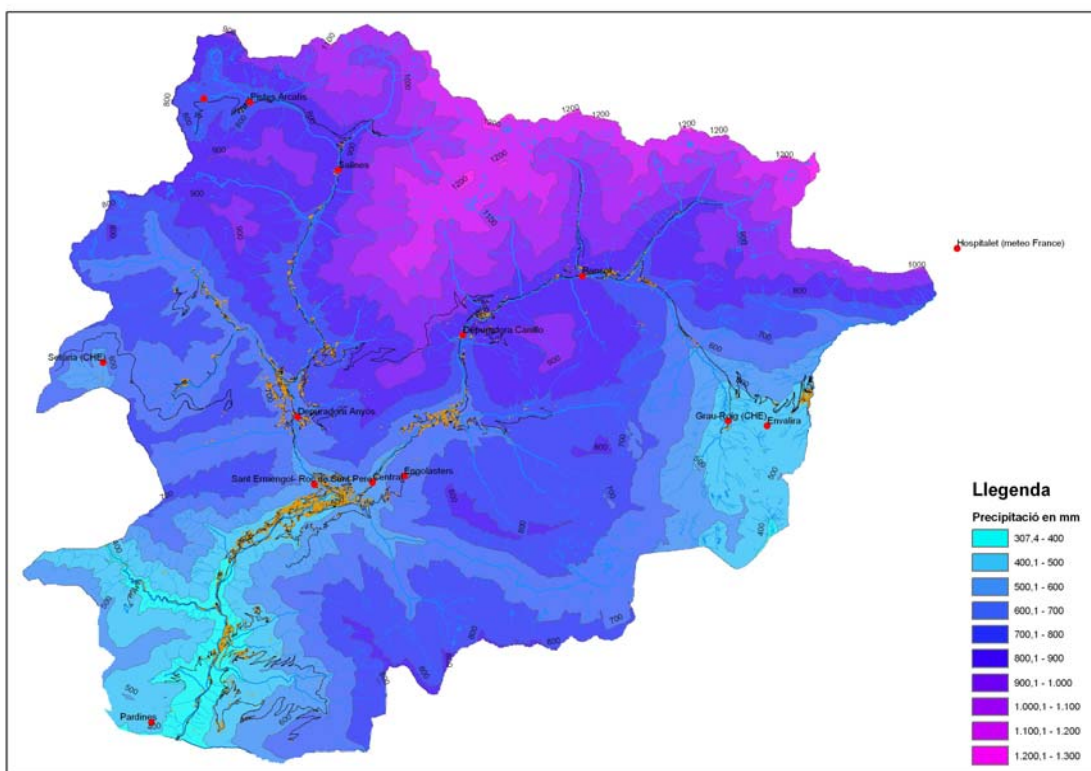


Figura 2. Mapa d'isoietes de les precipitacions acumulades el 2006.

En la **figura 3** es mostra el dèficit pluviomètric obtingut de relacionar les precipitacions del 2006 amb la mitjana climàtica.

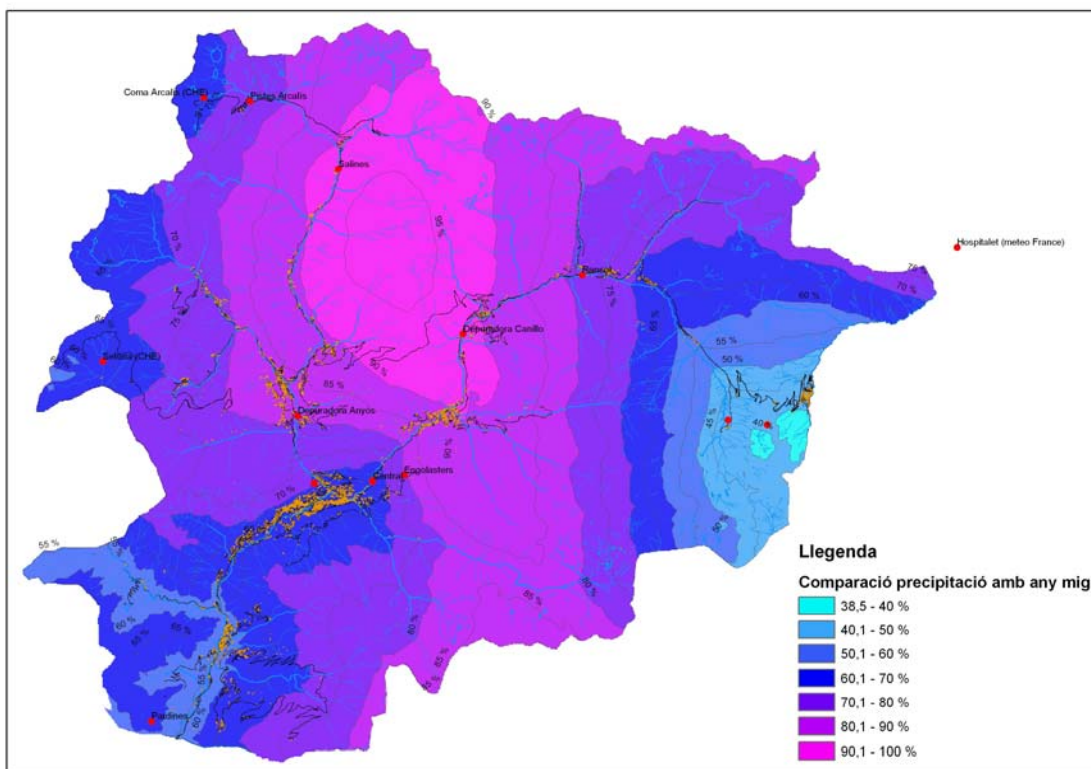


Figura 3. Mapa comparatiu de les quantitats acumulades registrades el 2006 i els corresponents valors mitjans.

En la **figura 4** s'observa que el conjunt del territori es pot classificar com a sec, i només una franja del nord presentaria unes precipitacions similars a la mitjana.

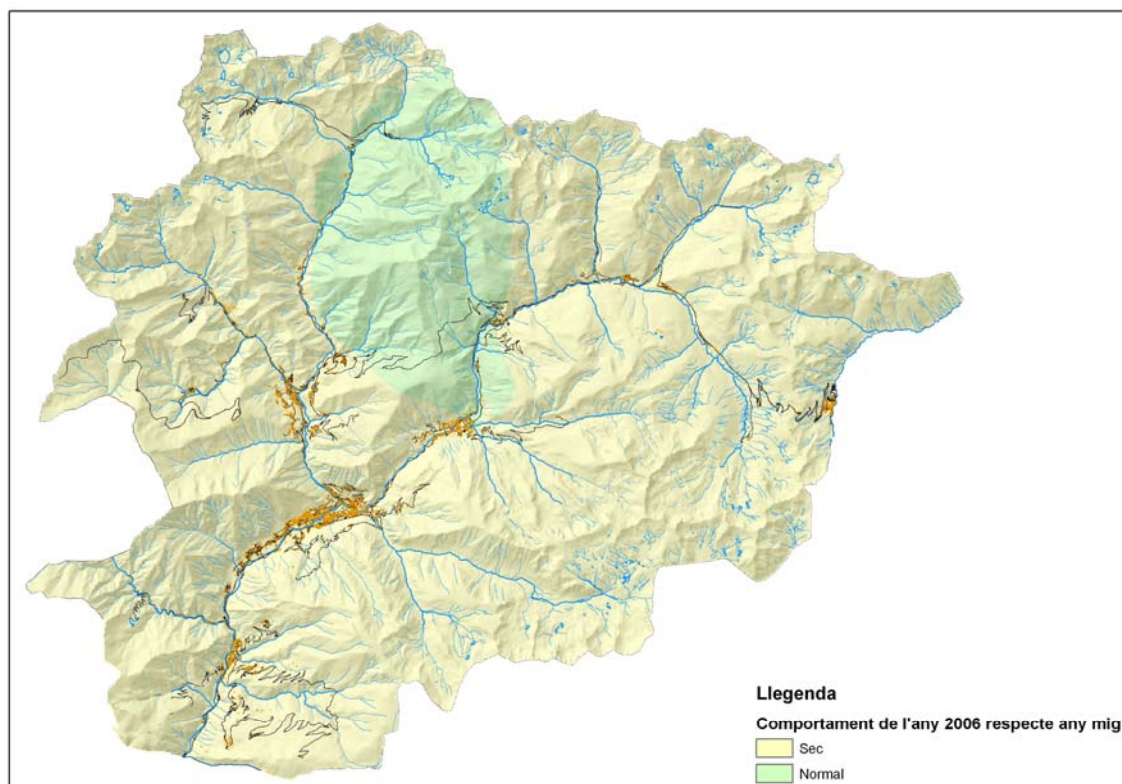


Figura 4. Mapa de distribució de la valoració de les precipitacions de l'any 2006 respecte la mitjana

Tal i com s'ha comentat, el Nord Est del país s'ha classificat com a més sec respecte la mitja (sector d'Envalira). Les precipitacions es poden haver subestimat degut a la manca d'informació sobre si l'escassetat de precipitacions detectada en els pluviòmetres, sobretot a l'hivern, és representativa.

6 TRETOS GENERALS DE LA TEMPERATURA DE L'ANY HIDROLÒGIC 2006

L'any 2006 presenta una temperatura mitja anual que oscil·la entre els -1,88 i els 13,56°C. Així els valors mínims es detecten al nord i est del Principat, en zones de capçalera i amb la presència de cims muntanyosos amb alçades superiors als 2700 metres, i els valors màxims al sud i fons de vall, que coincideix amb zones topogràficament inferiors.

La temperatura mitja anual del 2006 és calcula que és de 5,30°C. Aquesta dada permet classificar el 2006 com un any càlid en conjunt (per sobre de +0,5°C respecte la mitjana climàtica que s'estimava de 4,08°C), i puntualment amb alguna zona que es classifica com a molt càlida, al sud-oest del territori. Aquest sector també s'ha classificat com a més sec en relació a les precipitacions.

Segons el servei meteorològic de Catalunya l'any 2006 ha estat càlid en el conjunt del territori català. La temperatura mitjana ha estat superior a la temperatura climàtica també en les comarques del Pirineu i Prepirineu, així en la comarca de l'Alt Urgell i Pallars Sobirà, s'ha registrat valors superiors a +0,5°C, i de fins a +1 °C en la comarca de la Cerdanya. En aquest sentit les altes temperatures mitjanes registrades al Principat no es tracten d'un fet aïllat si no general en el Pirineu central.

En la **figura 5** es mostra el model de distribució de les temperatures de l'any 2006.

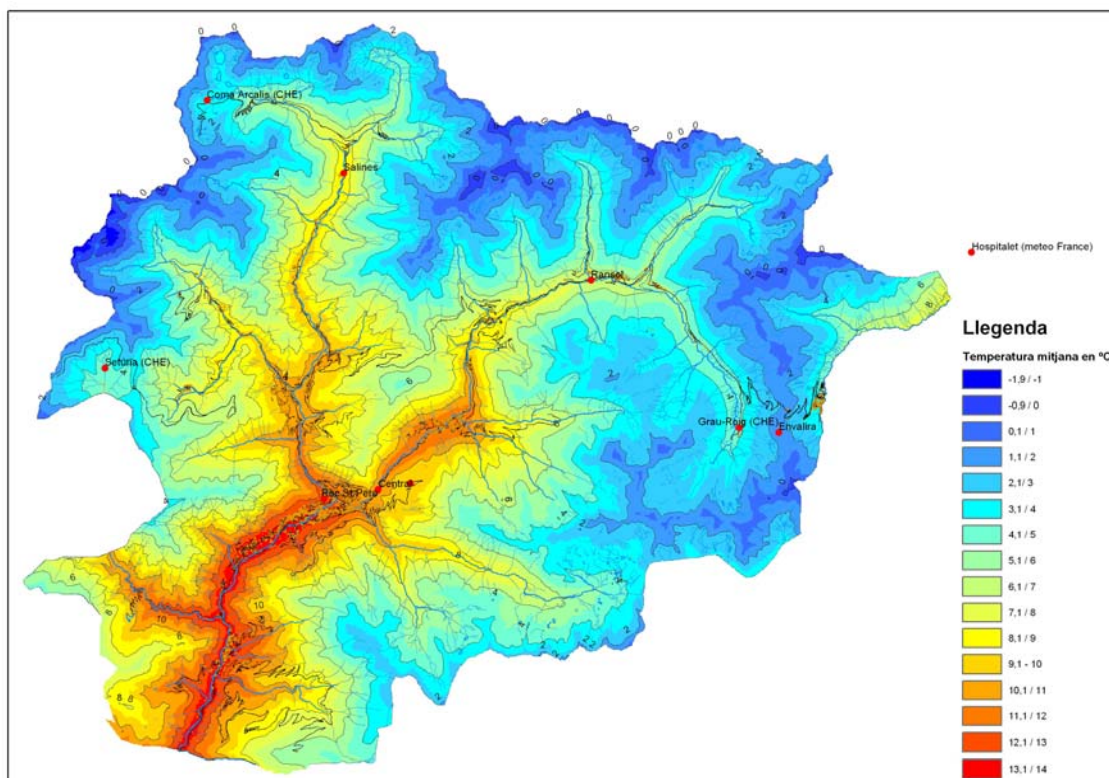


Figura 5. Mapa de distribució de les temperatures mitges del 2006

En la **figura 6** es mostra la relació entre la temperatura estimada pel 2006 i la mitjana .

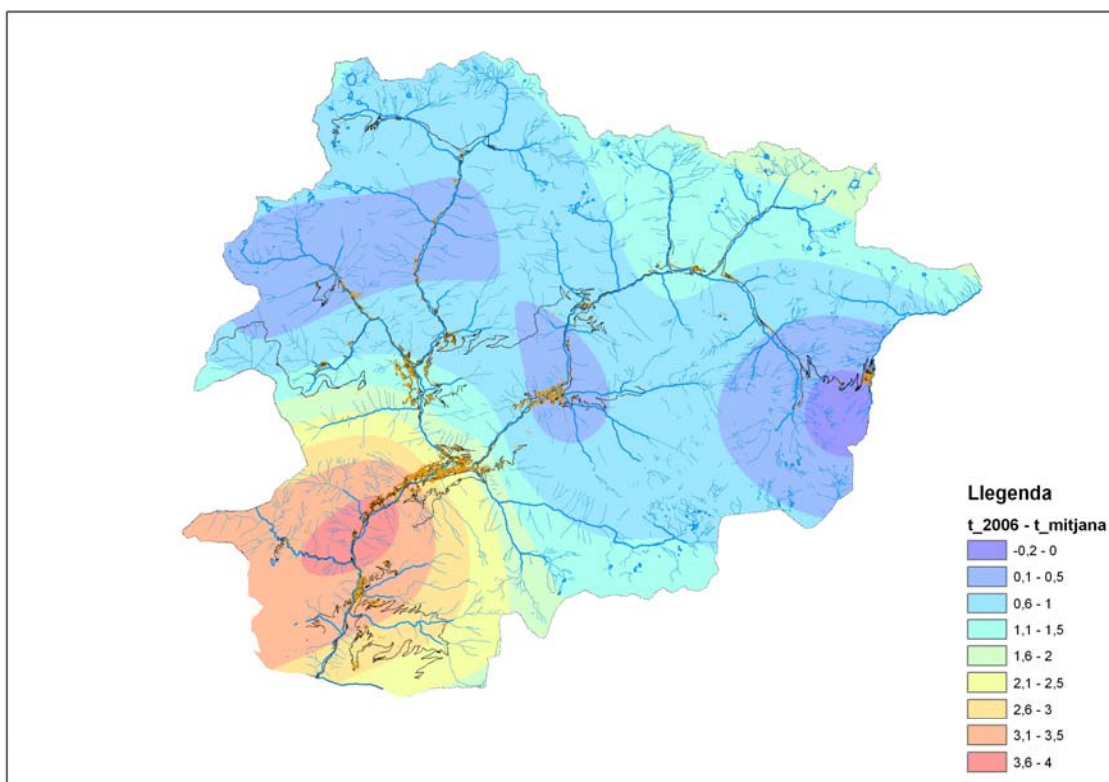


Figura 6. Mapa de les diferències de temperatura de l'any 2006 respecte la mitja.

En base al mapa de les diferències de temperatures entre els registres del 2006 i la mitjana climàtica, s'ha traçat el mapa de classificació de les temperatures del 2006, tal i com es mostra en la **figura 7**, podent-se distingir tres sectors, el Sud Oest (Ós de Civís-Enclar-Fontaneda) classificat com a molt càlid, una franja de Nord Oest (Setúria) a Est (Envalira i Pas de la Casa) que presenta valors normals, i la resta del territori classificada com a càlida.

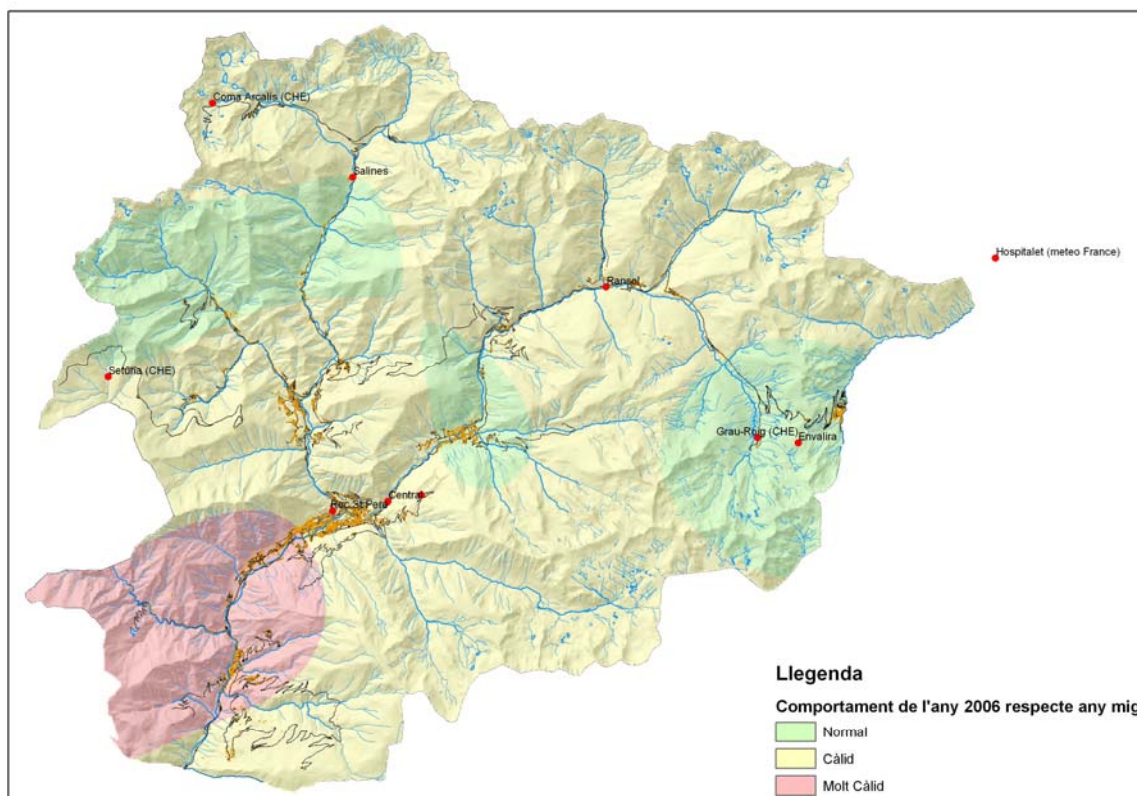


Figura 7. Mapa de classificació de les temperatures respecte la mitjana

7 CÀLCUL DEL BALANÇ HÍDRIC

De cara a estimar els recursos hídrics del 2006, que potencialment poden ésser usats per les necessitats de l'home (també anomenada pluja útil), s'ha dut a terme un balanç hídric.

L'expressió que permet deduir la pluja útil és la següent:

$$P = ETR + Pu \quad (1)$$

on:

P=Precipitació total: sòlida i líquida

ETR= Evapotranspiració real

Pu=Pluja útil

7.1 Càlcul de l'evapotranspiració

7.1.1 Generalitats

Existeixen diferents mètodes per a realitzar el càlcul de l'evapotranspiració, des de mètodes de camp, fins a mètodes empírics. Entre els mètodes més comuns per elaborar els mapes d'evapotranspiració potencial destaquen els següents:

- Radiació: aquest mètode precisa disposar de dades mensuals de temperatura mitja, humitat relativa mitja, nombre d'hores de sol i velocitat del vent diürn.
- Penman: aquest mètode requereix disposar de temperatures mitges mensuals, humitats relatives mitja i màxima, nombre d'hores de sol, velocitat del vent i estimació de la relació entre velocitats del vent diürnes i nocturnes.
- Blaney-Criddle: es basa en les dades de temperatura mitja, humitat relativa mínima, nombre d'hores de sol i velocitat diürna del sol.
- Turc: Permet estimar l'evapotranspiració potencial en base a la humitat disponible del sòl i del poder evaporant de l'atmosfera, intervenint en els càlculs la temperatura mitja, la humitat relativa de l'aire i la radiació solar. Així mateix, mitjançant una relació directa entre les precipitacions i les temperatures mitges anuals, permet estimar l'evapotranspiració real anual.
- Thornthwaite: tan sols requereix les dades de temperatura mitja mensuals, i permet calcular l'evapotranspiració potencial mensual

Entre els mètodes més utilitzats, per la seva simplicitat per al càlcul de l'evapotranspiració hi ha el mètode de Thornthwaite. El mètode de Thornthwaite és un dels mètodes empírics més pràctics per a realitzar càlculs detallats de balanços anuals i mensuals d'aigua, i àmpliament usat, destacant l'aplicació que en fan des de la Conferència hidrogràfica del Ebro, amb bona part de la conca emplaçada al Pirineu. El mètode de Thornthwaite aporta valors acceptables en zones més o menys humides, en canvi no funciona bé per a les zones àrides o semiàrides.

La manca d'informació d'observacions meteorològiques de paràmetres com la humitat, la radiació, la velocitat del vent, etc. i el fet que es disposi d'una xarxa d'estacions termopluviomètriques amb registres diaris, ha conduït a estimar l'evaporació i el balanç hídric mitjançant l'aplicació del mètode empíric de Thornthwaite (1948), que únicament necessita les dades mensuals de temperatura mitja. Els resultats obtinguts del balanç hídric es compararan amb mètodes més directes, com el balanç de clorurs, a partir d'un estudi que està encara en curs de realització.

En l'estudi de les *Aigües subterrànies del Principat d'Andorra* (Govern d'Andorra, 2007), també s'han fet els càlculs mitjançant aquest mètode.

Mitjançant l'evapotranspiració potencial (ETP) mensual i les precipitacions mensuals, es calcula l'ETR a partir de la realització d'un balanç mes a mes, o anual, de l'aigua en el sòl.

7.1.2 Càlcul de l'evapotranspiració

Per dur a terme els càlculs de balanç hídric s'ha iniciat l'any hidrològic en el moment que les precipitacions sòlides de la temporada hi quedin incloses, i suposant que la reserva d'aigua del sòl estarà al 100%. L'inici de l'any hidrològic s'ha fixat al mes de gener.

L'evapotranspiració potencial ETP s'estima per cada mes, utilitzant les dades de temperatura, segons les expressions següents (Thornthwaite, 1948, 1951, 1957):

$$Epa = 16 * \left(\frac{10T}{I} \right)^a \quad (2)$$

On Epa és l'evapotranspiració potencial no corregida, calculada per un dia amb 12 hores de sol.

T és la temperatura mitjana mensual

I és un índex anual de calor i equival a la $\sum i$ pels 12 mesos de l'any.

i és l'índex de calor mensual

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1,514} \quad (3)$$

a és un exponent que s'obté a partir de l'expressió (4)

$$a = 0,000000675 * I^3 - 0,0000771 * I^2 + 0,01792 * I + 0,49239 \quad (4)$$

La correcció de l'EPA a ETP es fa segons l'expressió següent:

$$ETP(mm/mes) = Epa \frac{N}{12} * \frac{NDM}{30} \quad (5)$$

on N és el nombre d'hores d'insolació (està tabulat en funció de la latitud, ajustant-se a latitud de 42°)

NDM és el nombre de dies considerat

Una de les correccions que s'ha hagut de dur a terme és el de suposar que a temperatures mitges mensuals inferiors o iguals a zero, l'EPA és nul·la.

Per a l'estimació de l'evapotranspiració s'ha tingut en compte les precipitacions totals, de la pluja i neu. El desconeixement sobre com la neu intervé en el balanç hídric és important (relació entre acumulació de neu i neu que arriba a fondre, a sublimar, la distribució del gruix de neu al

Principat, efectes del vent sobre la coberta de neu, etc.) per això s'ha tractat la neu conjuntament amb la pluja, com a precipitacions totals, que és com les estacions meteorològiques proporcionen les dades, i sense aplicar cap correcció

De cara a estimar la ETR s'ha realitzat un balanç hídric per cada cel·la de 25*25, duent-se a terme les següents suposicions:

- Per al càlcul de l'evapotranspiració real se suposa que aquesta és igual a la potencial sempre i quan la reserva d'aigua del sòl estigui plena. La reserva màxima del sòl que correspon a la d'un sòl saturat s'ha fixat en 30mm, en base a les conclusions de l'estudi de les *Aigües subterrànies del Principat d'Andorra* (Govern d'Andorra, 2007).
- Mentre les precipitacions i la reserva del sòl ho permetin, l'ETR serà igual a l'ETP. Quan això és possible, es parla d'excedents (o pluja útil) si l'ETR no esgota totes les precipitacions. Quan les precipitacions no són prou importants, s'usa aigua de la reserva del sòl fins a esgotar-la, si és necessari; quan la reserva està buida, l'ETR serà inferior a l'ETP i aleshores es parla de dèficit hídric.

El mapa de distribució de l'ETR anual (**figura 8**) presenta valors màxims de 511,01mm, mínims de 279,35 mm i valors mitjos de 419,6 mm en el cas de R = 30. Els valors mínims es troben en les capçaleres del nord del territori donat per unes baixes temperatures, però també al sud-oest del país, associat a la manca de precipitacions i altes temperatures. Les zones amb alta ETR es troben en el fons de vall de les parròquies altes.

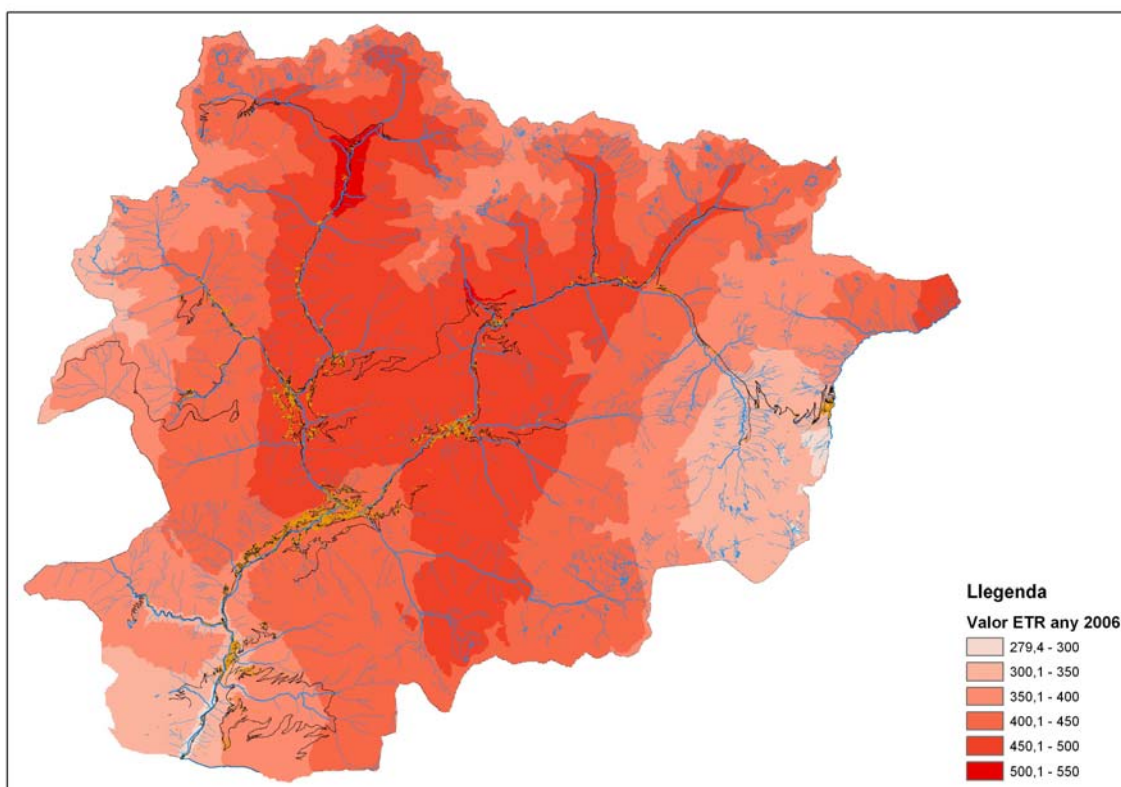


Figura 8. Mapa de distribució de l'ETR estimada per l'any 2006.

Quan es compara el model de l'ETR del 2006 amb el de la mitjana es veu com l'ETR del 2006 és superior a la mitjana a la meitat est del territori (excepte sector d'Envalira i Pas de la Casa), sobretot en cotes altes, i és inferior sobretot en la meitat oest Principat i sector del Pas de la Casa i Envalira (**figura 9**).

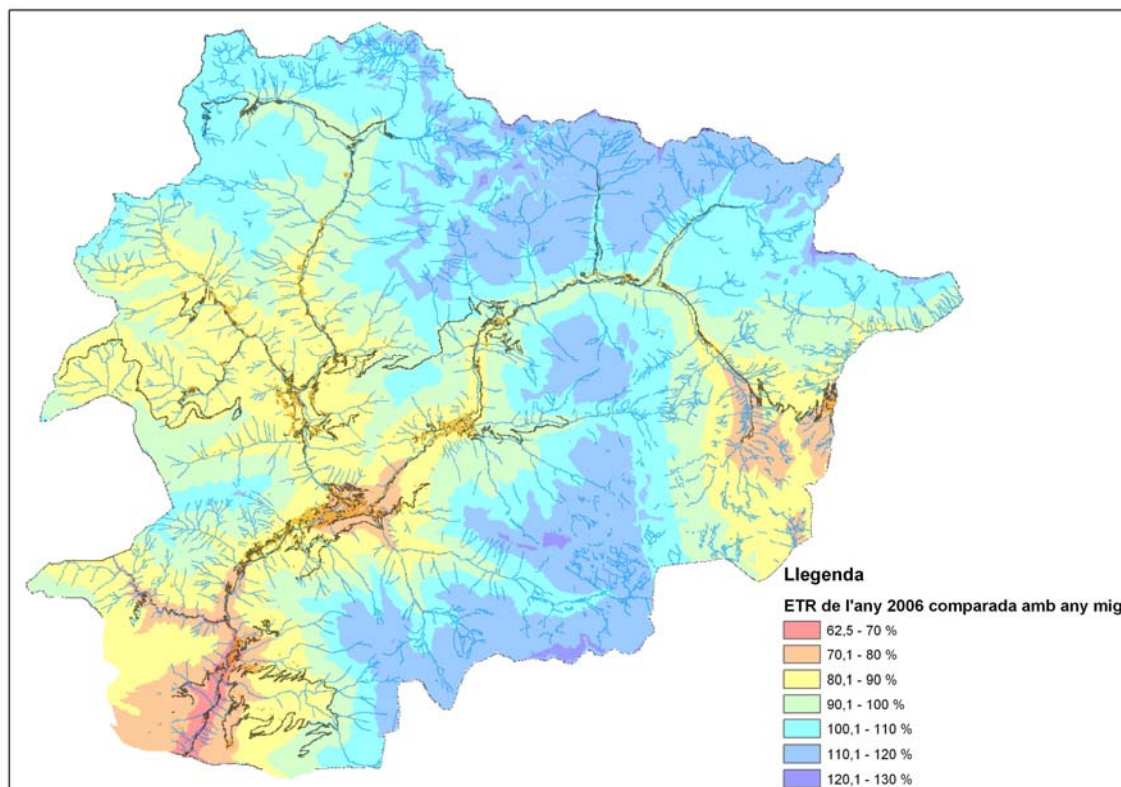


Figura 9. Mapa de les diferències d'ETR de l'any 2006 respecte la mitja.

7.2 Càlcul de la pluja útil

Tal i com s'ha comentat, es parla de pluja útil o excedents a la precipitació que escapa de l'evapotranspiració. Quan es parla de pluja útil és referir-se a aigua que surt com a escolament superficial directe i com a escolament subterrani. En un balanç anual es pot interpretar que els excedents acaben drenant cap als rius més tard o més d'hora.

Els mapes de distribució dels excedents anuals, estimant l'ETP segons Thornthwaite mostren les següents distribucions de resultats (**figura 10**).

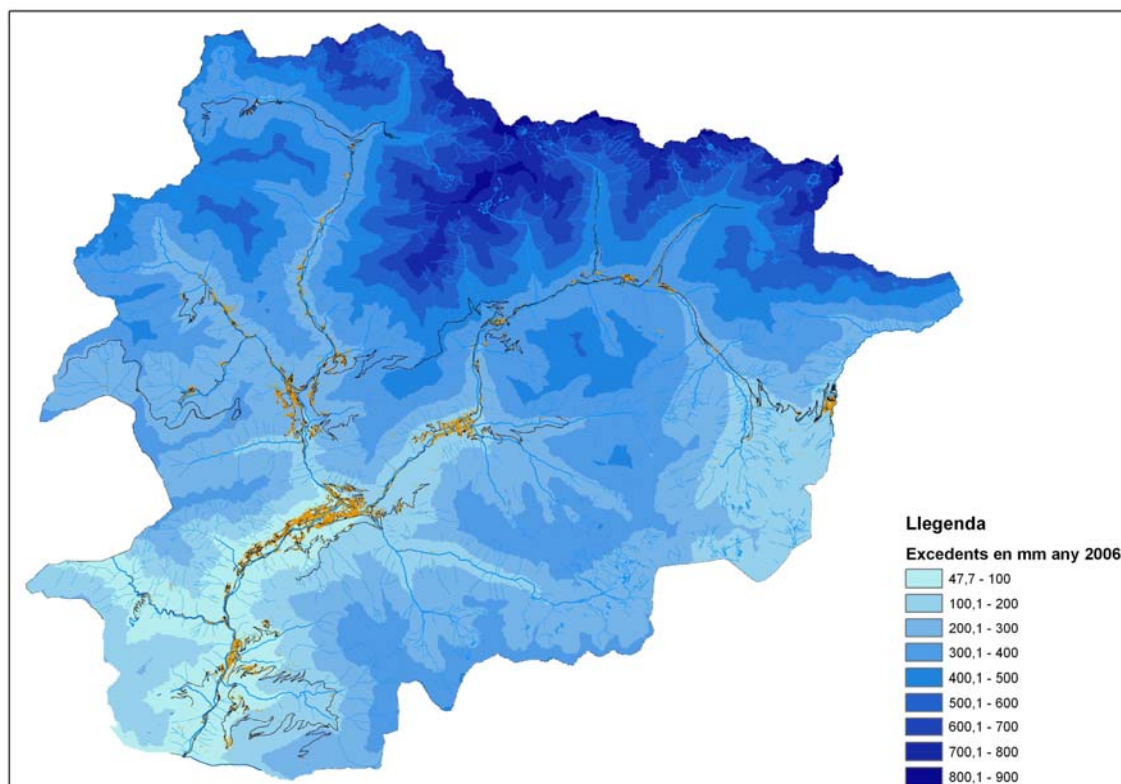


Figura 10. Mapa de distribució de la pluja útil o excedents estimats per l'any 2006. R= 30 mm seguint el mètode de Thornthwaite

El mapa d'excedents realitzat tenint en compte una reserva del sòl de 30 mm, presenta un valor mig és de 337,23 mm, un valor mínim de 47,68 mm, i el valor màxim és de 880,43 mm. Els valors mínims se situen principalment al fons de vall i meitat sud del país. Els valors màxims se situen en les capçaleres del terç nord del país. Es tracta, doncs de valors lleugerament inferiors als de la mitja estimada, que es van calcular amb 563 mm. Aquesta disminució es donaria en tot el territori, tant en els sectors de capçalera com del fons de vall.

7.3 Estimació del dèficit hídric

Es parla de dèficit quan les precipitacions i la reserva del sòl no poden garantir que l'ETR sigui igual a l'ETP.

El mapa de dèficit anual (**figura 11**), permet veure que el dèficit és superior als 50 mm en bona part del territori, sobretot en la meitat sud i oest, coincidint amb fons de vall. El dèficit és molt alt al sud-oest del territori, que tal i com s'ha comentat es deu a les baixes precipitacions i altes temperatures, així com en tot el fons de vall, sobretot de les parròquies baixes i mitges. El sector est, corresponent a la capçalera del riu Valira d'Orient també presenta valors de dèficit alt associat a la baixa precipitació estimada.

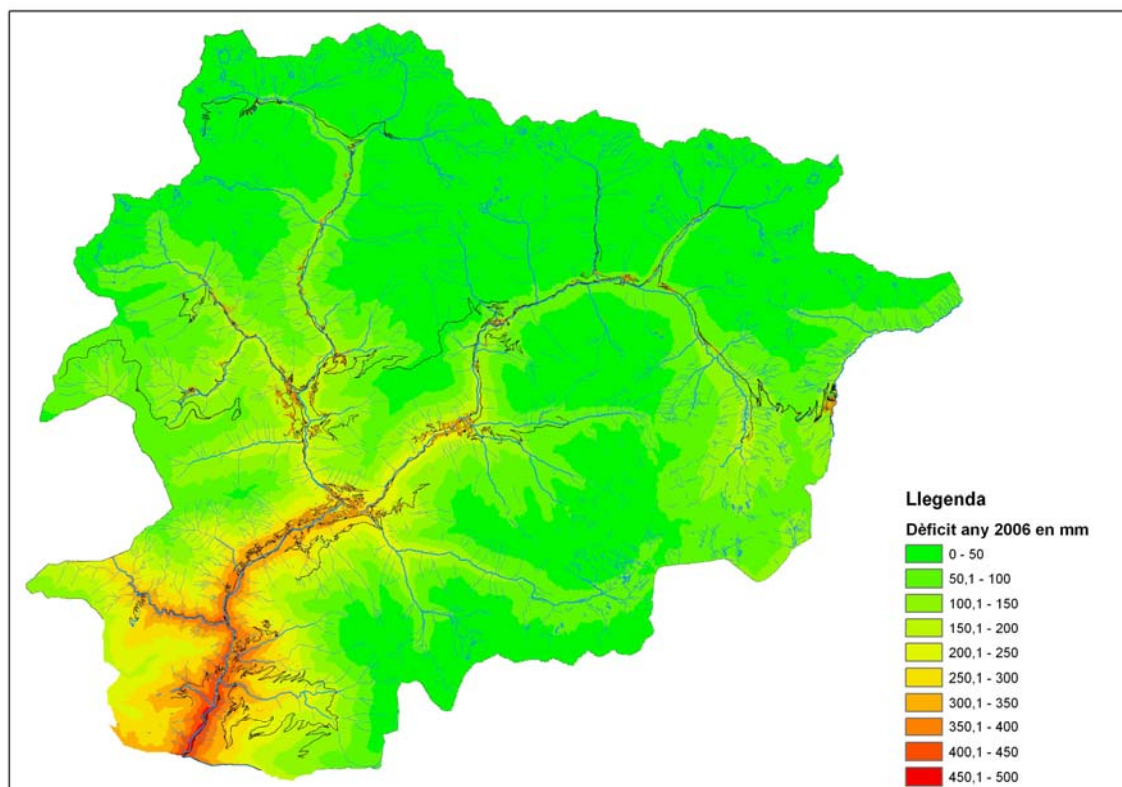


Figura 11. Mapa de distribució dels dèficits estimats per l'any 2006. R= 30 mm seguint el mètode de Thornthwaite. El mètode de càlcul ha consistit en la diferència entre ETP i ETR quan no hi ha reserva disponible.

8 CONTRAST DE RESULTATS

8.1 Anàlisi del cabal

Quan es parla de pluja útil s'està parlant de l'aigua que surt com a escolament superficial directe i com a escolament subterrani, que en un balanç anual es pot interpretar que acaben drenant cap als rius, tal i com s'ha comentat.

Donant per vàlid aquest supòsit, es contrasten els resultats de la pluja útil estimada amb els cabals aforats.

Per dur a terme aquest contrast de dades s'ha fet ús dels registres de cabal diaris recollits durant el 2006 del riu Gran Valira en l'estació d'aforament de la Borda Sabater, així com en el riu Madriu, riu Valira d'Orient a Ransol i al riu Valira del Nord en el pont dels Escalls. En la següent taula es donen les dades tècniques de cada estació d'aforament.

Estació d'aforament	X	Y	Riu aforat	Superfície conca hidrogràfica (Km2)
FEDA-Ransol	542773,6	31220,0	Valira Orient	81,86
FEDA Madriu - Ràmio	537514,6	22164,2	Madriu	26,06

CHE-Pont Escalls	533986	24046	Valira Nord	145,68
Borda Sabater	529639,5	16525,1	Gran Valira	445,77

Taula 6. Situació aproximada (coordenades Lambert III), riu aforat, superfície de la conca hidrogràfica de les estacions d'aforament utilitzades.

En la següent figura es mostra l'abast hidrogràfic cada estació d'aforament.

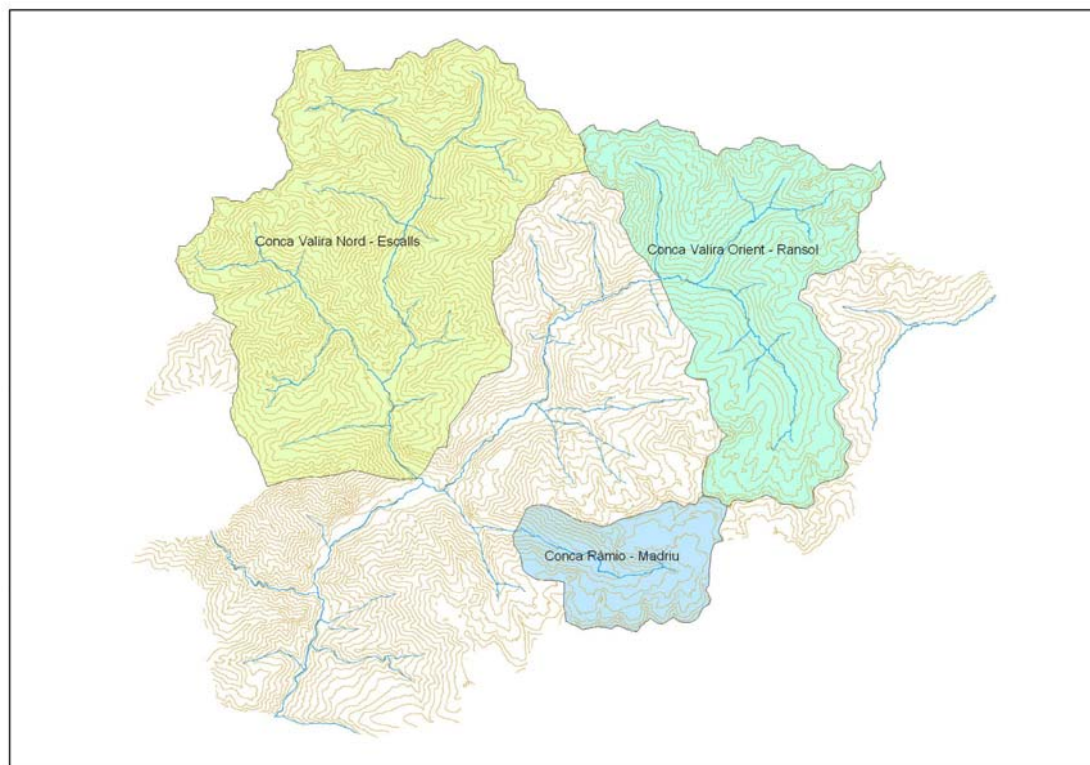


Figura 12. Mapa de situació de les conques estudiades de Valira Nord – Escalls, Conca Valira Orient Ransol i Conca Ràmio – Madriu.

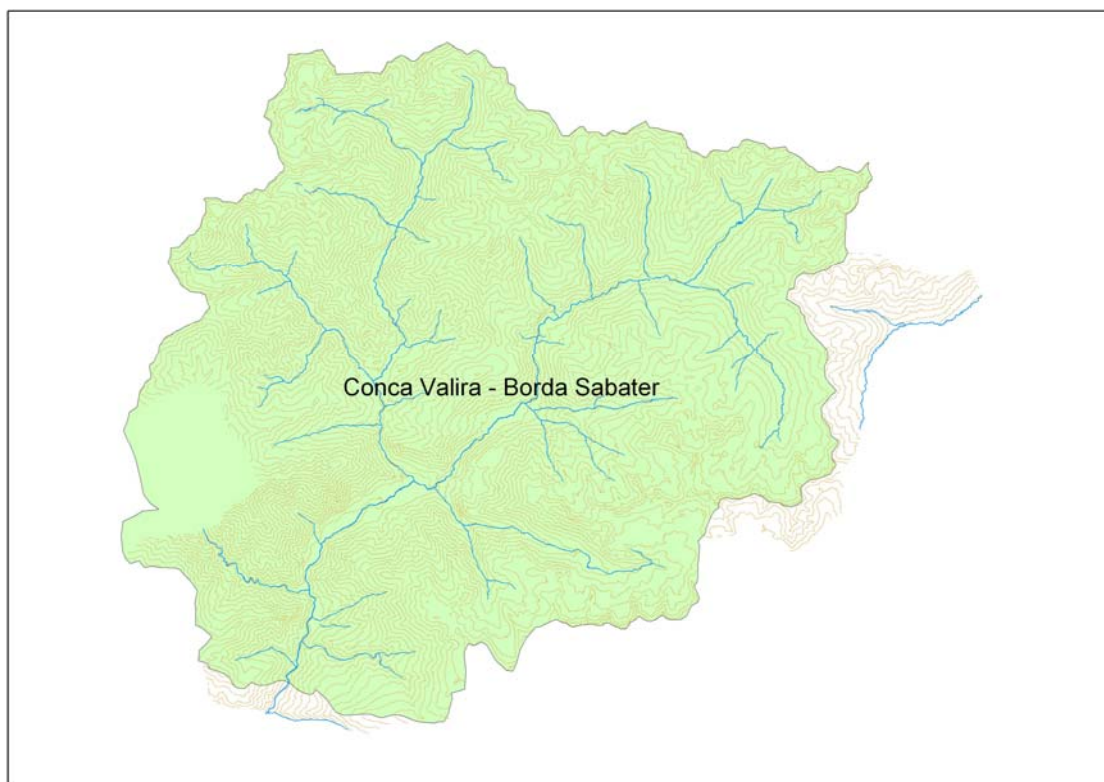
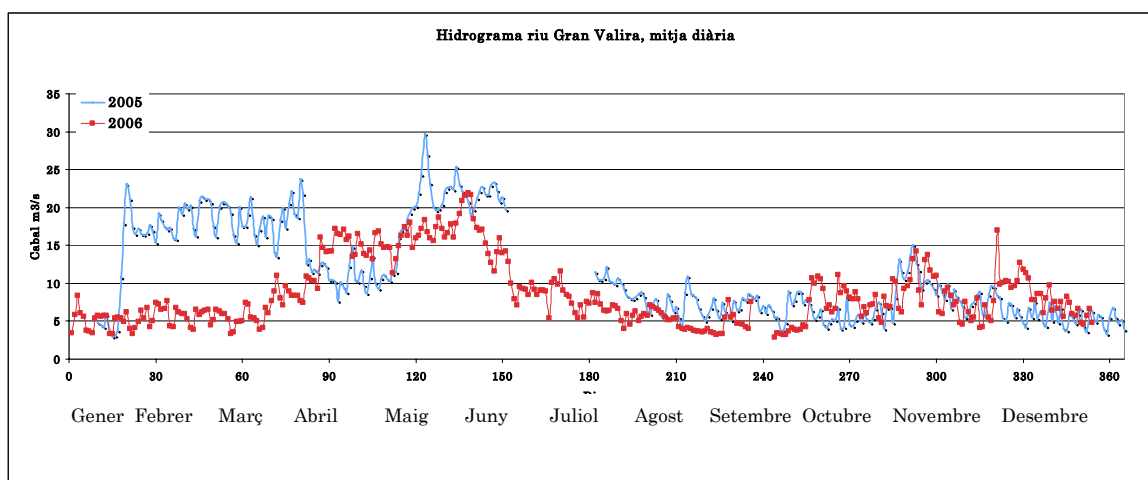


Figura 13. Mapa de situació de la conca Valira – Borda Sabater.

Donat que part dels cabals de fonts i torrents que drenen cap la riu Gran Valira són captats per a usos principalment domèstics i que les seves aigües no són directament abocades al riu Gran Valira si no a la xarxa de col·lectors d'aigües residuals de l'EDAR de St.Julià, s'ha tingut en compte també el cabal procedent d'aquesta EDAR.

El cabal del riu Gran Valira durant el 2006 s'estima que aporta uns 8,6 m³/s. Comparant-se amb l'any 2005 (cabal estimat d'11,3 m³/s), es tracta d'un any menys cabalós. En la següent figura s'observa com en la majoria de mesos es registren valors inferiors als registrats l'any anterior.



Gràfic 1. Distribució del cabal en el 2005 i 2006 des en l'estació de Borda Sabater

El cabal procedent de l'EDAR de St. Julià durant el 2006 és de 0,27 m³/s. El cabal total del riu Gran Valira durant el 2006 vindria a ser de 8,87 m³/s, o sigui 279,72 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 627,5 L/m²*any. Si la pluja útil ve a ésser de l'ordre de 475 mm, suposa una diferència del 25% respecte el cabal del riu.

El cabal del riu Valira del Nord es calcula que és d'uns 2,66 m³/s, o sigui 83,62 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 574 L/m²*any. Si la pluja útil ve a ésser de l'ordre dels 550 mm, és del mateix ordre de magnitud que el cabal calculat.

El cabal del riu Valira d'Orient es calcula que és d'uns 1,83 m³/s, o sigui 57,71 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 704,98 L/m²*any. Si la pluja útil ve a ésser de l'ordre dels 550 mm, suposa una diferència del 22% respecte el cabal del riu.

El cabal del riu Madriu es calcula que és d'uns 0,32 m³/s, o sigui 10,09 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 387,24 L/m²*any. Si la pluja útil ve a ésser de l'ordre dels 350 mm, és del mateix ordre de magnitud que el cabal calculat.

En la següent taula es resumeix els valors anteriorment comentats.

	Gran Valira (riu +EDAR)	Valira Nord	Valira Orient	Madriu
Cabals m³/s	8,87	2,66	1,83	0,32
Cabals Hm³/any	279,72	83,62	57,71	10,09
Cabals específic L/m²*any	627,5	574	704,98	387,24
Pluja útil estimada L/m²*any	475	550	550	350
Error (%)	+25%	-	+22%	-

Taula 7. Resum dels cabals registrats durant el 2006 en diferents conques hidrogràfiques i pluja útil estimada per cada conca.

Aquests errors es poden considerar admissibles si es té en compte que els cabals aforats poden dur associats fins un 25% d'error, que en aquest cas és un error de +25%.

9 RESUM BALANÇ HÍDRIC EN LES UNITATS HIDROGEOLÒGIQUES

De les diferents unitats hidrogeològiques identificades en l'estudi de les *Aigües subterrànies del Principat d'Andorra* (Govern d'Andorra, 2007) es mostra una taula resum amb els resultats del balanç hídric dut a terme.

En les unitats hidrogeològiques que no es disposa d'informació (degut a que cau en territori no andorrà) s'ha estimat empíricament. En el cas de la unitat d'Ós de Civís s'ha procedit a estimar els paràmetres, en base a les unitats veïnes, mentre que en el cas de la unitat de l'Ariège s'ha traslladat la informació que es té del sector andorrà, a tota la unitat. En la següent **taula 8** es resumeixen els resultats obtinguts; en el cas de les unitats del quaternari (senyalades en asterisc en la **taula 8**) fan referència a la pluja útil que li aporta les precipitacions directament.

Nom	ETR (mm)	P (mm)	Pluja útil o Excedents (mm)	Pluja útil o excedents (Hm3/any)	Pluja útil disponible Hm3/any	Superfície (m2)
Aldosa	473,37	788,56	315,19	2,57	2,32	8.168.268,99
Arinsal	378,04	747,30	369,26	6,11	5,50	16.551.735,91
Ariège	383,46	737,35	359,73	14,50	13,05	40.299.856,31
Coll de la Gallina	352,50	456,46	114,20	1,98	1,78	17.321.677,99
Coma Ransol	481,28	930,84	449,56	0,14	0,12	304.708,77
La Cortinada-Sornàs*	474,64	734,44	259,80	0,06	4,20	240.503,74
Cubeta d'Andorra*	407,88	445,37	58,97	0,13	0,12	2.268.308,61
Cubeta d'Incles	457,54	825,68	368,14	0,15	0,13	399.509,09
Cubeta de la Massana*	451,48	663,81	212,33	0,14	0,13	655.120,31
Cubeta Montaup	499,06	918,98	419,92	0,15	0,13	352.613,54
Cubeta Encamp*	480,56	637,21	167,32	0,13	0,12	768.145,17
El Forn	480,87	837,75	356,87	0,94	0,85	2.632.292,27
Encamp	484,18	793,40	310,04	3,05	2,74	9.831.249,31
Enclar	404,98	543,66	145,22	2,39	2,15	16.449.982,02
Engolasters-Pessons	448,24	730,08	281,96	6,49	5,84	23.004.380,31
Conca d'Erts	416,44	707,34	290,90	4,32	3,89	14.856.989,85
Estall Serrer	444,74	646,38	201,64	0,05	0,05	256.289,80
Juclar	418,37	1030,65	612,29	10,68	9,61	17.448.266,58
La Bartra*	447,51	580,61	137,73	0,03	0,03	227.795,14
Llorts - Arans*	481,67	748,30	266,63	0,12	0,10	434.935,60
Madriu	437,27	703,47	266,20	10,68	9,61	40.121.360,91
Montaup	467,63	954,92	487,29	8,25	7,42	16.928.199,77
Òs de Civís	355,83	544,76	194,05	3,33	3,00	17.174.609,03
Montmalús	328,81	498,84	178,66	1,36	1,22	7.594.231,10
Ordino	474,93	874,18	399,24	6,77	6,09	16.960.118,41
Orris	441,08	743,67	303,65	3,87	3,48	12.728.986,13
Padern	451,94	646,34	194,75	1,18	1,06	6.036.633,27
Pardines	331,44	414,85	98,03	0,86	0,78	8.805.068,39
Pla de l'Inglà	431,49	643,79	212,30	0,02	0,02	96.831,14
Prat Primer	425,72	599,48	178,41	2,49	2,24	13.956.181,56
Pui Olivesa - Runer*	293,43	314,22	50,79	0,02	0,02	400.975,76
Ràmió	452,02	605,19	153,17	0,04	0,03	231.213,47
Riu Muntaner	441,98	673,33	231,36	1,56	1,40	6.746.186,93
Salines	446,31	898,67	452,36	8,32	7,49	18.401.587,22
Sant Julià	390,77	566,07	182,60	6,08	5,48	33.321.867,90
Conca de Setúria	359,16	633,06	273,90	1,83	1,64	6.664.367,29
Conca de Sispony	424,82	685,26	260,43	3,33	3,00	12.805.383,43
Sornàs-Pont d'Ordino*	472,07	719,54	247,48	0,06	0,06	259.304,35
Valira del Nord	441,09	953,61	512,53	23,52	21,16	45.880.845,01
Valira d'Orient	399,25	808,89	410,71	31,83	28,65	77.495.580,80
RESUM	ETR	P	Pu	Pu	Pu disponible	Superfície (Km2)
	419,60	754,75	337,23	173,70	156,33	515,08

En asterisc s'indica les unitats del quaternari

Quan es té en compte el cabal ecològic (del 10%) es parla de pluja útil disponible

Taula 8. Resum balanç hídric de les unitats hidrogeològiques de l'any 2006

9.1 Resum dels resultats del balanç hídric del 2006 en les diferents unitats

La distribució de les precipitacions, ETR i pluja útil en les diferents unitats hidrogeològiques es mostra en les següents figures.



Figura 14. Mapa de distribució de les precipitacions en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007

Les unitats amb precipitacions més baixes són les del sud-oest del país, concretament les unitats de les Pardines i Coll de la Gallina, mentre que les que presenten valors màxims són les del sector septentrional, com la unitat de la Coma de Ransol, Valira del Nord i Montaup.



Figura 15. Mapa de distribució de l'ETR en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007

Les unitats amb ETR superiors són les que s'emporten en el fons de les valls emplaçades en cotes mitges, com la unitat de la cubeta de Montaup, la unitat d'Encamp, la cubeta de Llorts-Arans, mentre que l'ETR és mínima en les unitats del sud-oest del país, on les precipitacions són més baixes.



Figura 16. Mapa de distribució de la pluja útil en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007

Les unitats amb valors de pluja útil inferior són les del sector sud-oest, on s'ha vist que es detecten valors de precipitacions inferiors, com ara la unitat de les Pardines i Coll de la Gallina. Les unitats amb majors excedents durant el 2006 són les del nord del país, com ara Juclar, Valira del Nord i Montaup.

9.2 Resum dels resultats del balanç hídric respecte la mitjana en les diferents unitats

La distribució de les precipitacions, ETR i pluja útil del 2006 respecte la mitjana en les diferents unitats hidrogeològiques es mostra en les següents figures.

En relació a les precipitacions, s'observa que totes les unitats presenten valors per sota de la mitjana climàtica, essent entre el 53% i 93% de la pluja mitjana. Les unitats que presenten més divergència són les de Montmalús, Pui d'Olivera, Pardines, Coll de la Gallina, amb menys del 60% de precipitacions.

Només en la unitat de Montaup i Ordino es considera que les precipitacions han estat normals (valors per sobre del 90%). La resta d'unitats han experimentat condicions de sequera (valors entre el 90 i el 30%).

Precipitació del 2006 comparada amb un any mig.



Figura 17. Mapa comparatiu de les precipitacions de la mitjana climàtica amb les registrades el 2006, per les diferents unitats hidrogeològiques

En relació a l'ETR, s'observa que són varies les unitats que presenten valors iguals o superiors a la mitjana, com ara a la unitat de Juclar, Coma de Ransol, Montaup, Orris, Ordino i Madriu.

Així mateix s'observa que unitats com de les Pardines, Coll de la Gallina, Montmalús, Pui d'Olivesa, presenten valors inferiors a la mitjana. La raó és, perquè les baixes precipitacions no han permès que tota la demanda d'aigua de la vegetació associada a les altes temperatures pogués ésser cedida, per tant en condicions d'any normal de precipitacions, l'ETR és d'esperar que hagués sigut molt superior a la mitjana.

ETR del 2006 comparada amb un any mig.



Figura 18. Mapa comparatiu de l'ETR de la mitjana climàtica amb les estimades el 2006, per les diferents unitats hidrogeològiques

En relació a la pluja útil, oscil·la entre el 40% i el 120% de la pluja útil mitjana. Les unitats amb inferiors excedents que la mitjana són les del Coll de la Gallina, Montmaius, Arinsal, Ós de Civis, Setúria, Pardines.



Figura 19. Mapa comparatiu de la pluja útil de la mitjana climàtica amb l'estimada el 2006, per les diferents unitats hidrogeològiques

10 CONCLUSIONS

L'any 2006 és més càlid i menys humit que la mitja de 30 anys (*Estudi de les aigües subterrànies del Principat d'Andorra, M.I.Govern d'Andorra 2007*)

Es tracta d'un any menys plujós (un 24,2% menys de precipitacions respecte la mitja de 30 anys). El mòdul de precipitació mig del territori estudiat s'estima que és de 754,75 mm, quan la mitja de 30 anys és d'uns 996 mm. En relació a les temperatures, es tracta d'un any més calorós (1,22°C superior a la mitja de 30 anys). La temperatura mitja del 2006 s'estima que és de 5,3°C quan la mitja de 30 anys és de 4,08°C).

En la resta del Pirineu català també es registra una disminució de les precipitacions, sobretot en el Pirineu oriental i central com l'Alt Urgell i un augment de les temperatures, tant en la Cerdanya, Alt Urgell com Pallars Sobirà, segons dades publicades pel servei meteorològic de Catalunya.

Aquest augment de la temperatura dona peu a que l'ETP sigui superior a la mitja de 30 anys i per tant en zones altitudinalment més elevades l'ETP sigui destacable. Aquesta demanda d'aigua no es pot assolir en bona part del territori degut a les baixes precipitacions i per tant existeix dèficit hídric, remarcable al sud-oest del país.

La pluja útil és per tant inferior a la mitja. S'estima que el 2006 els recursos hídrics són de 337,23 mm quan la mitja eren de 563 mm, o sigui un 49% inferiors a la mitja, que s'entén no només per la baixada de les precipitacions, si no per l'augment de l'ETP. Per unitats hidrogeològiques s'observa que les emplaçades al sud i sud-oest del país són les que presenten valors inferiors. Les unitats amb excedents molt inferiors a la mitjana són: Coll de la Gallina, Montmalús, Arinsal, Ós de Civís, Setúria, Pardines.

Els rius amb aforaments analitzats durant el 2006 presenten cabals específics que són del mateix ordre de magnitud que la pluja útil estimada mitjançant balanç hídric. Tot i així es recomana comparar aquests resultats amb altres mètodes més directes, com el balanç de clorurs a partir del qual es pot estimar la recàrrega subterrània, com l'estudi que s'està duent a terme i del qual encara no es tenen resultats.

11 PLA D'ACTUACIONS

- Aquest estudi s'ha elaborat en base a la interpolació feta amb dades de precipitació i temperatura diària, del 2006, d'estacions emplaçades principalment al llarg dels eixos fluvials del riu Valira del Nord i Valira d'Orient, o sigui en diferents alçades. Si bé el nombre d'estacions meteorològiques és notable, no acaben de ser suficients donada l'orografia abrupta del país i l'emblemàtica situació climatològica, parcialment sota influència atlàntica i mediterrània. Caldria pensar en la possibilitat d'ampliar la xarxa cap al sud del país (mancada de registre de temperatures), i cap a la vall del Madriu, per exemple.
- El paper de la neu en el conjunt de les precipitacions i en el balanç hídric continua desconeixent-se, essent clau en ambients de muntanya com el nostre. En aquest sentit fora necessari poder disposar de models de distribució de les nevades, el recurs hídric que generen i establir quan entren en el medi hidrològic.
- De cara a calibrar el mètode caldria disposar de més aforadors, de fiabilitat contrastada, i obtenir resultats de recàrrega mitjançant mètodes més directes, o més aproximats a la realitat. En aquest sentit caldrà veure quins resultats s'obtenen de l'estudi de la recàrrega hídrica mitjançant balanç de clorurs, encara en curs de treball.
- Els resultats obtinguts haurien de ser un punt de partida de cara a la gestió integrada del recurs hídric doncs permeten establir quines són les zones més desprotegides, amb menys renovació dels recursos hídrics. Les actuacions a fer en aquestes zones haurien de passar per la recollida de dades més aproximades, en base a aforadors i estacions meteorològiques emplaçades en aquests sectors, així com controls piezomètrics.

12 BIBLIOGRAFIA

Butlletí climàtic de l'any 2006. Àrea de Climatologia-Servei meteorològic de Catalunya

Informe sobre la precipitació mesurada a Catalunya durant l'any pluviomètric 2006-2007.
Àrea de Climatologia-Servei meteorològic de Catalunya

Estudi de les aigües subterrànies del Principat d'Andorra. M.I. Govern, 2007

Àurea Ponsa i Vidales

Llicenciada en Ciències Geològiques

NºDecret: 42142/2005

Sant Julià de Lòria, 28 d'agost del 2007