



Govern d'Andorra

**ESTUDI PER A L'ELABORACIÓ
ANYAL DEL BALANÇ HÍDRIC DEL
PRINCIPAT D'ANDORRA
- ANY 2010 -**

(PERÍODE 2008-2012)



Maig 2011

1	OBJECTIUS	3
2	INTRODUCCIÓ	3
3	ESTACIONS METEOROLÒGIQUES	4
4	METODOLOGIA PER A L'OBTENCIÓ DE MAPES CLIMATOLÒGICS	6
4.1	MAPES DE PRECIPITACIÓ	6
4.1.1	Determinació del gradient altimètric de la precipitació	7
4.2	MAPES DE TEMPERATURA	8
5	TRETS GENERALS DE LA PLUVIOMETRIA DE L'ANY HIDROLÒGIC 2010	9
6	TRETS GENERALS DE LA TEMPERATURA DE L'ANY HIDROLÒGIC 2010	10
7	CÀLCUL DEL BALANÇ HÍDRIC	13
7.1	RESULTATS DEL BALANÇ HÍDRIC	13
8	CONTRAST DE RESULTATS	13
8.1	ANÀLISI DELS CABALS AFORATS	13
9	EL BALANÇ HÍDRIC EN LES UNITATS HIDROGEOLÒGIQUES	13
9.1	RESUM DELS RESULTATS DEL BALANÇ HÍDRIC DEL 2010 EN LES DIFERENTS UNITATS	13
10	CONCLUSIONS	13
11	BIBLIOGRAFIA	13
12	FE D'ERRATES RELATIU A L'INFORME DEL BALANÇ HÍDRIC 2009	13
13	ANNEX DE DOCUMENTACIÓ. Càlcul del balanç hídric	13
12.1	Càlcul de l'evapotranspiració	13
12.1.1	Generalitats	13
12.1.2	Aplicació del mètode empíric de Thornthwaite	13
12.2	Càlcul de la pluja útil	13
12.3	Estimació del dèficit hídric	13

1 OBJECTIUS

L'objectiu del present estudi és el de resumir les precipitacions i temperatures recollides al Principat durant el 2010 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 2010 del territori andorrà mitjançant un balanç hídric de l'any hidrològic comprès entre l'1 de gener i el 31 de desembre del 2010.

2 INTRODUCCIÓ

De cara a elaborar el model de precipitació i temperatura de l'any 2010, 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, CEMNA, Confederación hidrogràfica del Ebro (CHE), FEDA, Servei meteorològic de Catalunya i Meteo France. Les dades usades són les proporcionades per les diferents entitats; en el cas dels registres facilitats pel CENMA, pel CHE i pel departament d'Indústria del M.I. Govern d'Andorra es tracta de dades no validades.

Les diferents anàlisis que es duen a terme són mensuals, per aquest motiu només s'ha treballat amb les estacions que proporcionen el 100% dels registres diaris mensuals, acceptant però fins a un màxim de dos dies no consecutius sense dades. En el cas d'una estació amb mesos incomplets s'ha prescindit del mes en concret, no pas de la resta de mesos.

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.

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:

Classificació Plugues	P _{període} respecte mitjana climàtica	Classificació Temperatura	T _{període} respecte mitjana climàtica
Molt plujós	$P_{\text{període}} > 190\%$	Molt càlid	$T_{\text{període}} \geq +3^{\circ}\text{C}$
Plujós	$110\% < P_{\text{període}} < 190\%$	Càlid	$+0,5^{\circ}\text{C} < T_{\text{període}} < +3^{\circ}\text{C}$
Normal	$90\% < P_{\text{període}} < 110\%$	Normal	$-0,5^{\circ}\text{C} < T_{\text{període}} < +0,5^{\circ}\text{C}$
Sec	$30\% < P_{\text{període}} < 90\%$	Fred	$-3^{\circ}\text{C} < T_{\text{període}} < -0,5^{\circ}\text{C}$
Molt sec	$P_{\text{període}} < 30\%$	Molt fred	$T_{\text{període}} \leq -3^{\circ}\text{C}$

Taula 1. Classificació climàtica segons el SMC

3 ESTACIONS METEOROLÒGIQUES

Les estacions meteorològiques que proporcionen dades diàries del 2010, 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 2 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	534440,9	34868,7	1470	Govern d'Andorra
Roc St Pere	533783,6	23896,0	1090	Govern d'Andorra
Les Pardines	528064,9	16010,3	1500	Govern d'Andorra
La Comella	533197	22055	1262	Govern d'Andorra
Arcalís	529849,5	37305,2	2235	CHE
Grau Roig	547722,7	26302,4	2100	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
Runer	528953,6	15457,7	850	Govern d'Andorra
Aixàs	529312,2	20810,6	1568	CENMA
Bony de les Neres	538158,4	28025,9	1777	CENMA
Comapedrosa	527252,2	33584,3	2630	CENMA
Perafita	538069,9	19072,5	2409	CENMA
Sorteny	537178,5	34943,9	2283	CENMA

Taula 2. 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), al Service Météorologique de la France (Météo France) i al Centre d'estudis de la neu i de la Muntanya d'Andorra (CENMA) 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 2010	
	Registres de precipitacions	Registres de temperatures
Ransol	12	12
Engolasters	12	12
Central	12	12
Salines	5	9
Roc St Pere	12	12
Les Pardines	12	-
Comella	9	9
Arcalís-CHE	12	12
Grau Roig-CHE	12	12
Setúria-CHE	12	12
La Seu d'Urgell CHE	12	12
Viliella-CHE	12	12
Salòria-SMC	12	12
La Seu d'Urgell SMC	12	12
Das-SMC	12	12
Hospitalet	12	12
Aulus les Bains	12	12
Runer	12	9
Aixàs	-	12
Bony de les Neres	-	12
Comapedrosa	-	12
Perafita	-	12
Sorteny	-	6
Nombre estacions:	18	22

Taula 3. Nombre de mesos usats en cada estació meteorològica.

És àmplia la xarxa d'estacions meteorològiques que hi ha implantada al Principat d'Andorra, tot i que fins a data d'avui, no en totes elles es mesura la totalitat de paràmetres meteorològics (precipitació i temperatura). El sector que queda al descobert d'aquesta àmplia xarxa d'estacions és el nord-est, vall del Madriu, Cortals d'Encamp i Pessons, tal i com s'observa en la **figura 1**

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

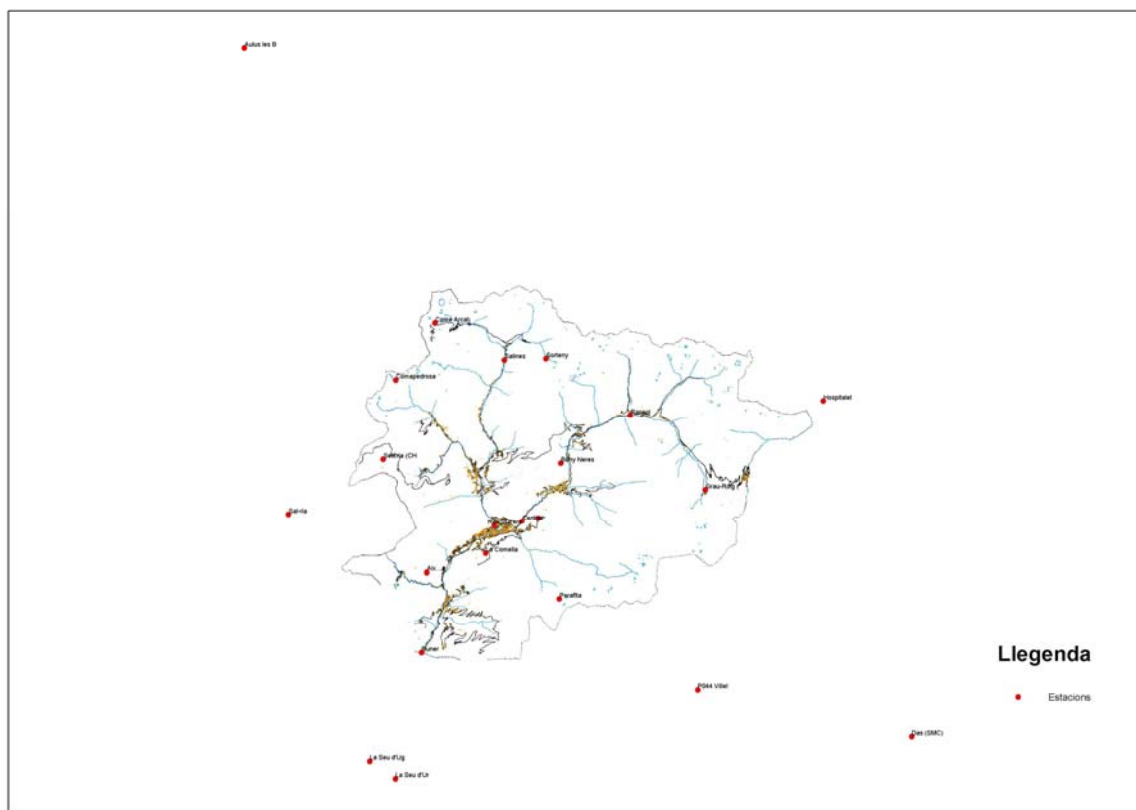


Figura 1. Situació de les estacions meteorològiques i estacions amb dades estimades usades en el present estudi

4 METODOLOGIA PER A 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 altitudinal utilitzat (anual) 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.

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	1640.0	48.0	54.4	83.1	54.1	159.0	183.0	76.0	45.4	22.6	93.9	53.5	35.8
Engolasters	536681.5	24408.0	1640.0	19.8	46.4	43.8	22.3	108.7	126.8	73.8	24.8	53.9	99.8	38.6	42.8
Central	535600.7	24197.3	1140.0	18.9	32.3	44.4	18.7	109.9	113.3	74.0	25.7	50.1	103.4	43.0	49.6
Salines	534440.9	34868.7	1470.0	34.8	46.8	66.8	42.4	95.2							
Roc St Pere	533783.6	23896.0	1090.0	18.2	26.4	46.8	19.8	108.0	171.0	66.0	32.2	49.6	119.6	32.8	35.8
Coma Arcallís (CHE)	529849.5	37306.2	2235.0	25.2	56.2	56.2	47.8	119.6	229.6	60.8	24.0	49.8	103.8	62.0	61.4
Setúria (CHE)	526415.8	28284.5	1910.0	22.4	54.2	48.6	25.4	115.4	102.4	44.0	24.0	47.4	108.2	62.6	69.2
Grau-Roig (CHE)	547722.7	26302.4	2100.0	24.6	22.2	32.2	46.2	97.2	133.8	64.0	27.2	44.0	111.2	34.8	16.8
Pardines	527232.2	7154.7	696.8	19.4	37.3	47.25	40.61	92.05	141.65	74.3	41.4	35.4	133.3	29.9	46.0
La Seu d'Urgell (A022) (CHE)	547217.3	13050.8	1557.0	20.8	20.8	45.8	27.0	65.4	129.4	66.4	35.0	37.8	79.4	23.6	35.2
P044 Vil·la (CHE)	525529.6	8296.5	849.0	21.4	28.2	45.6	30.0	113.0	122.4	47.4	77.6	37.8	81.6	19.0	41.0
La Seu d'Urgell (SMC)	561375.9	9888.5	1096.0	21.7	31.5	48.3	27.5	64.6	137.5	51.9	28.9	41.8	97.1	22.0	30.1
Das (SMC)	55535.4	32202.4	1425.0	13.4	13.5	57.5	24.6	103.3	131.2	118.5	49.3	45.7	70.6	13.1	17.2
Hospitalet (meteo France)	517231.5	55527.0	733.0	66.1	40.7	89.1	108.5	184.0	189.1	58.0	66.3	86.2	117.7	107.4	24.5
Aulus les Bains (meteo France)	520143.8	24063.5	2445.0	168.1	78.6	73.7	110.7	238.5	166.4	104.6	66.7	101.5	159.6	175.8	19.7
Saloria	533197.0	22055.0	1262.0	31.7	91.8	91.2	50.3	121.0	214.5	60.8	17.1	56.8	139.0	50.3	91.9
La Comella	528953.6	15457.7	850.0	28.4	56.6	72.8	35.6	129.6					76.3	157.1	48.3
Runer	529312.2	20810.6	1568.0	27.2	42.8	33.4	44.8	101.4	154.8	95.8	42.0	44.8	138.6	25.0	40.2

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	542781.9	31243.7	1640.0	-2.29	-2.82	0.45	4.53	6.55	10.57	16.08	14.65	11.15	6.61	0.22	-2.05
Engolasters	536681.5	24408.0	1640.0	-0.47	-1.0	2.5	6.4	7.55	12.42	18.37	16.97	13.27	8.74	2.43	0.74
Central	536600.7	24197.3	1140.0	1.66	1.52	4.82	8.78	10.29	14.55	20.06	18.48	14.83	10.34	4.25	1.82
Salines	534440.9	34868.7	1470.0	-0.23	-0.64	2.16	6.36	7.77				12.22	8.02	1.99	0.39
Roc St Pere	533783.6	23896.0	1090.0	2.69	2.84	5.87	10.25	11.3	15.61	21.26	19.74	16.25	11.37	5.34	3.06
Coma Arcalets (CHE)	529449.5	37305.2	2235.0	-5.88	-6.3	-3.26	0.75	1.84	6.51	12.48	11.01	7.7	3.13	-3.51	-4.36
Satúria (CHE)	528415.8	28284.5	1910.0	-3.92	-4.66	-1.94	2.11	3.36	7.59	12.91	11.22	8.23	4.33	-1.67	-2.71
Grau-Roig (CHE)	547222.7	26302.4	2100.0	-4.17	-4.53	-2.09	2.28	3.57	8.29	14.02	11.97	8.92	4.66	-1.85	-2.45
La Seu d'Urgell (A022) CHE	527232.2	7154.7	696.8	2.81	3.27	6.52	10.99	13.0	17.14	22.21	20.6	16.99	12.15	5.56	2.84
P044 Vilella (CHE)	547217.3	13050.8	1557.0	-0.45	-0.41	2.23	6.65	7.96	12.11	17.56	16.02	12.65	8.27	2.64	0.87
La Seu d'Urgell (SMC)	525529.6	8296.5	849.0	2.49	2.92	6.09	10.66	12.54	16.9	21.88	20.41	16.71	11.59	5.04	2.67
Das (SMC)	561375.9	9889.5	1095.0	0.25	1.02	3.2	7.45	9.05	13.19	18.29	16.8	13.54	8.83	2.12	-0.53
Hospitalet (meteo France)	555535.4	32202.4	1425.0	0.16	-0.23	3.65	8.11	8.31	12.83	17.57	15.95	12.9	9.27	3.56	2.69
Aulus les Bains (meteo France)	517231.5	55527.0	733.0	0.9	1.92	6.3	10.57	10.88	15.24	19.44	17.82	14.63	10.54	5.34	1.83
Salória	520143.8	24663.5	2445.0	-5.91	-6.7	-3.72	0.58	0.85	6.25	12.06	10.64	7.12	2.5	-3.5	-4.2
Cornella	533197.0	22055.0	1262.0	1.84	2.27	5.27	9.69	10.81				15.46	10.87	4.04	0.94
Ruier	529953.6	15457.7	850.0	2.39	2.99		10.63	12.2	16.46	21.79		16.37	11.49		1.9
Aixas	529312.2	20810.6	1568.0	0.28	0.07	3.16	7.42	8.22	13.21	18.95	17.38	13.82	8.91	3.08	1.45
Bony Neres	538158.4	28025.9	1777.0	-2.92	-3.65	-0.56	3.59	4.29	9.29	15.23	13.49	10.14	5.4	-0.34	-1.66
Comapedrosa	527252.2	33584.3	2630.0	-6.79	-7.59	-5.19	-0.9	-0.49	4.82	10.81	9.59	6.27	1.56	-4.43	-5.44
Perafita	538069.9	19072.5	2409.0	-4.86	-5.96	-3.19	1.47	1.9	6.78	13.63	10.94	7.59	3.19	-2.31	-3.27
Sorteny	537178.5	34943.9	2283.0							13.44	11.78	8.44	3.55	-2.41	-3.75

Taula 5. Dades de temperatura usades

5 TRETES GENERALS DE LA PLUVIOMETRIA DE L'ANY HIDROLÒGIC 2010

L'any 2010 presenta una pluviometria que oscil·la entre els 530 i els 1500 mm, amb un valor mig de 905.7 mm. Els valors màxims es detecten al Nord i Sud-Est del Principat. En el sector oriental del país (entre Engolasters i Grau Roig), es detecta una anomalia pluviomètrica amb unes precipitacions per sota de la mitjana, que potser cal associar a la manca d'estacions meteorològiques a la zona i a la pròpia complexitat de la distribució de les precipitacions.

En la **figura 2** es mostra el model de distribució de les precipitacions de l'any 2010.

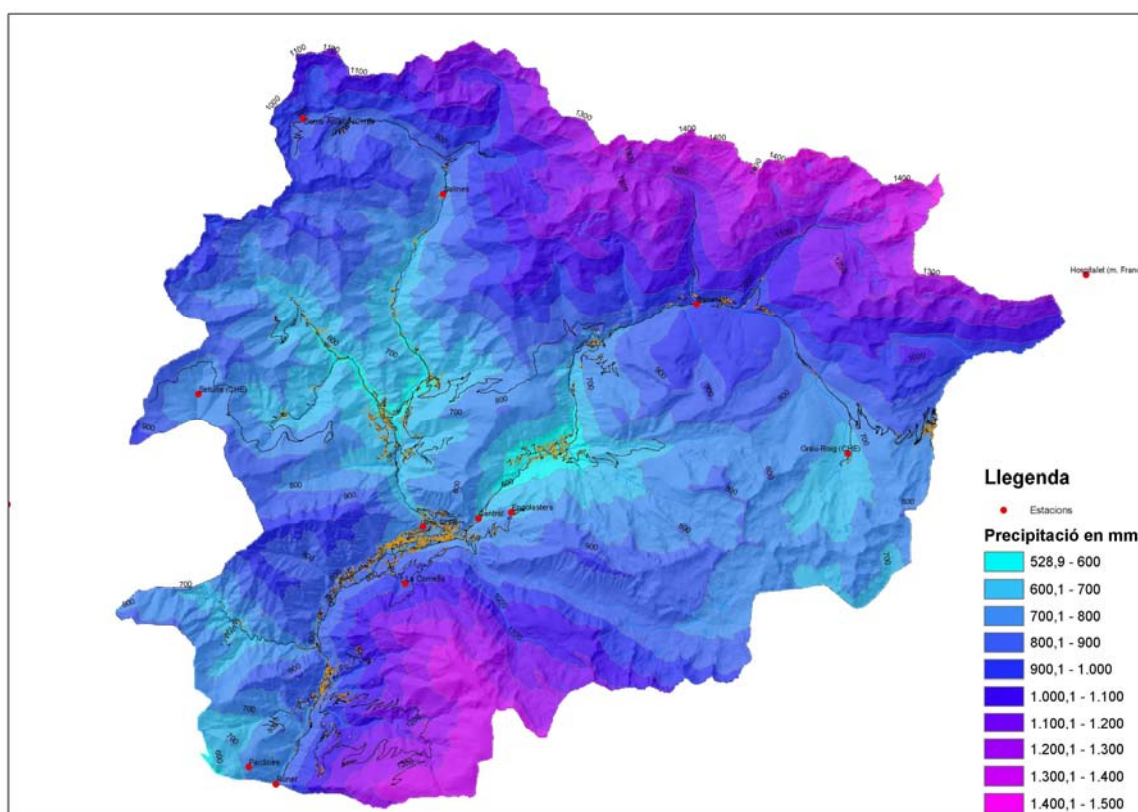


Figura 2. Mapa d'isoietes de les precipitacions acumulades el 2010.

La precipitació mitja del 2010 es calcula que és de 906 mm. Si es comparen les precipitacions acumulades el 2010 amb la mitjana climàtica (valorat amb 996,39 mm), s'observa que les precipitacions del 2010 representen ser entre un 60 i un 100% de la mitja climàtica, excepte en la part Sud oest que es detecta valors d'entre un 130 i 160% el valor de la pluja mitja.

En la **figura 3** es mostra el resultat de relacionar les precipitacions del 2010 amb la mitjana climàtica.

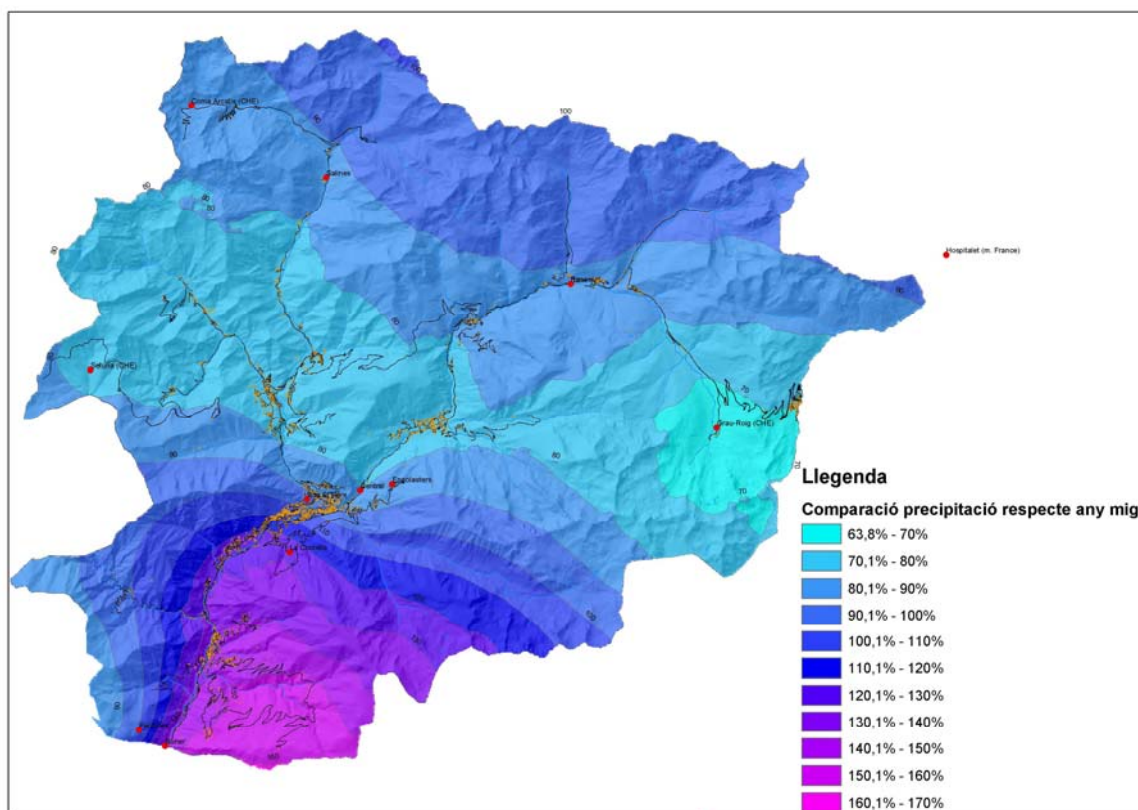
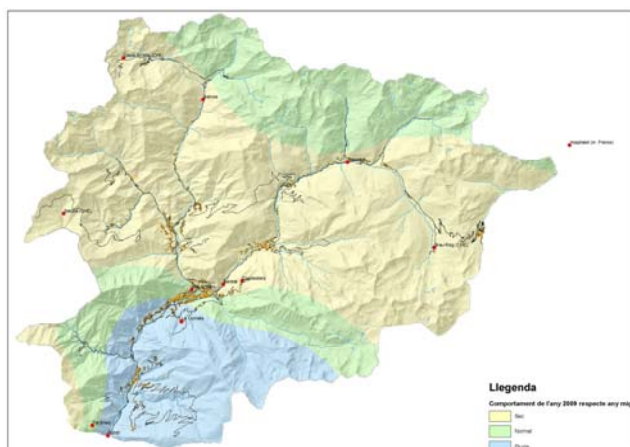


Figura 3. Mapa comparatiu de les quantitats acumulades registrades el 2010 i els corresponents valors mitjans.



Les precipitacions del 2010 en comparació amb la mitjana de 30 anys, han estat inferiors a la franja central del país. Han estat precipitacions normals al Nord i Sud Oest del país, i s'ha detectat majors precipitacions al Sud Est.

En conjunt es pot parlar d'un any en conjunt entre sec i normal.

Figura 4. Mapa de distribució de la valoració de les precipitacions de l'any 2010 respecte la mitjana

En base als informes del Servei meteorològic català, l'any 2010 en les comarques que limiten amb el Principat d'Andorra, s'interpreta precipitacions d'entre 500 i 1300 mm. Comparant-ho amb la mitjana climatològica, es tracta de valors que permeten parlar d'un any normal en aquest entorn, amb un 90-100% de les precipitacions mitjanes.

6 TRETOS GENERALS DE LA TEMPERATURA DE L'ANY HIDROLÒGIC 2010

L'any 2010 presenta una temperatura mitja anual que oscil·la entre els -2,7 i els 13°C. 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 es localitzen al Sud i fons de vall, que coincideix amb zones topogràficament inferiors.

En la **figura 5** es mostra el model de distribució de les temperatures de l'any 2010.

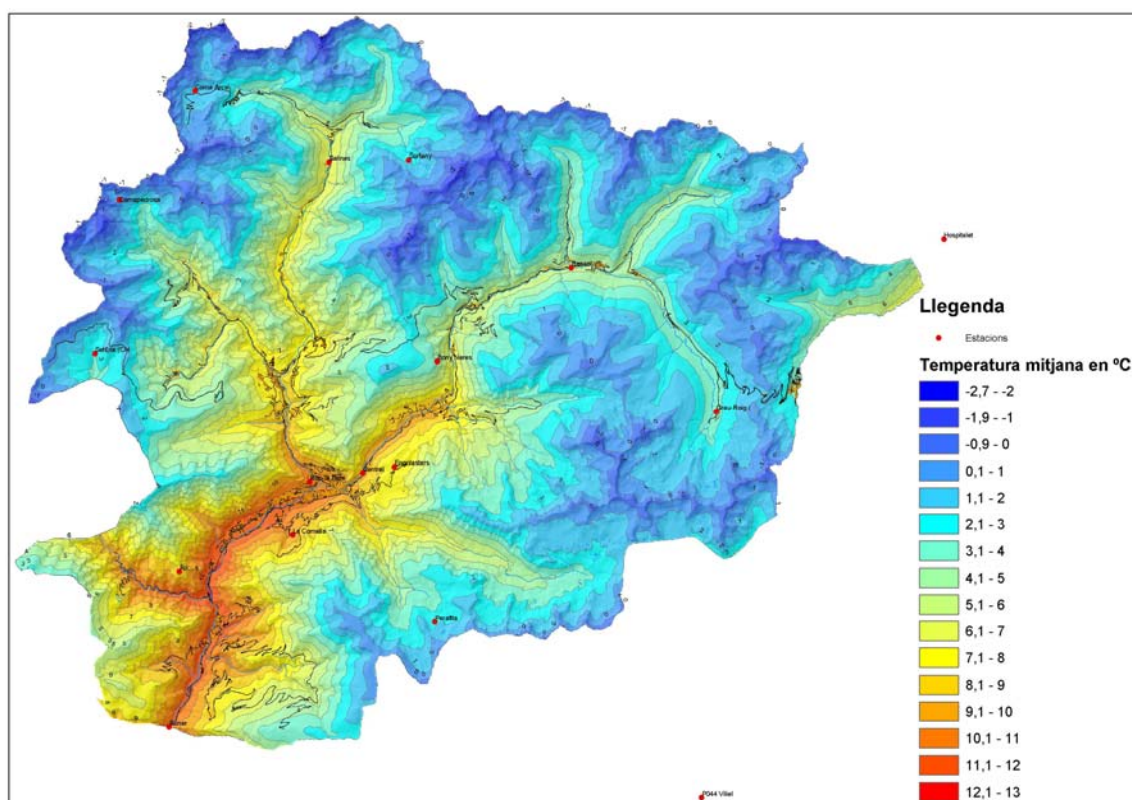


Figura 5. Mapa de distribució de les temperatures mitges del 2010

La temperatura mitja anual del 2010 ha estat de 3.59°C. Comparant la temperatura mitja anual amb la mitjana climàtica (valor de 4,08°C), s'observa que hi ha hagut un augment d'entre +1 i +3,5°C en la franja NO- SE del país, i s'ha mantingut constant, o amb una lleugera disminució de fins a -2.3°C, al Nord, i sobretot en el marge SO.

En la **figura 6** es mostra la relació entre la temperatura estimada pel 2010 i la mitjana climàtica.

En base als informes del Servei meteorològic català, l'any 2010 en les comarques que limiten amb el Principat d'Andorra, s'interpreta temperatures d'entre els 12 i els -2°C. Comparant-ho amb la mitjana climatològica, es tracta de valors que permeten parlar d'un any fred en aquest entorn, amb temperatures entre -1 i -0.5°C més baixes a les temperatures mitjanes.

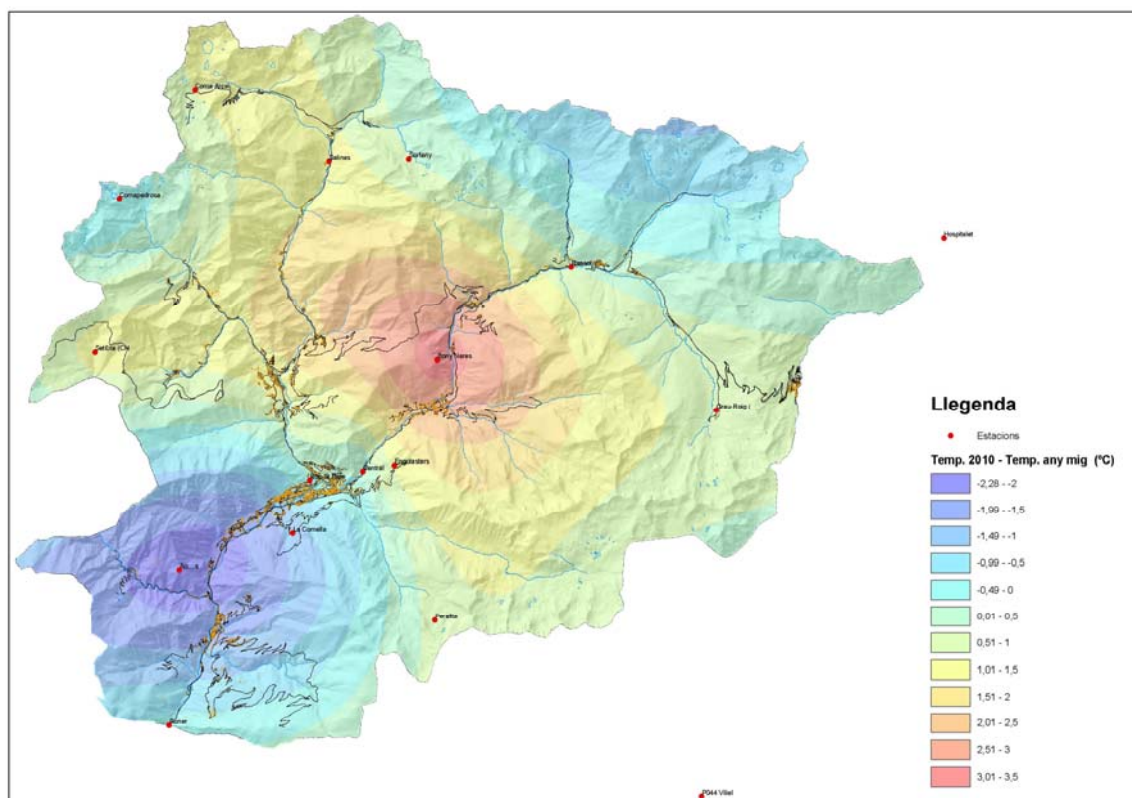
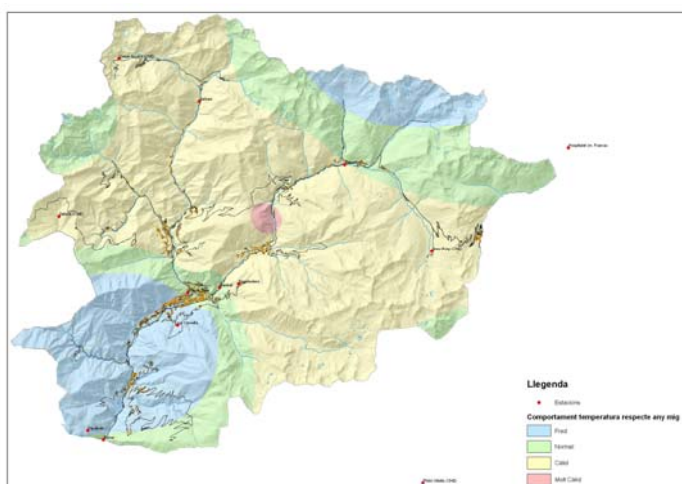


Figura 6. Mapa de les diferències de temperatura de l'any 2010 respecte la mitja.



En la **figura 7** es mostra el mapa amb les diferències de temperatures entre els registres del 2010 i la mitjana climàtica. Permet veure que l'any 2010 es pot classificar en el conjunt de càlid en la franja central, i de normal-fred en el sector Nord i Sud del país.

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

7 CÀLCUL DEL BALANÇ HÍDRIC

De cara a estimar els recursos hídrics del 2010, 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:

$$P = ETR + Pu \pm \Delta R \dots\dots\dots(1)$$

on:

P=Precipitació total: sòlida i líquida

ETR= Evapotranspiració real

Pu=Pluja útil o excedents

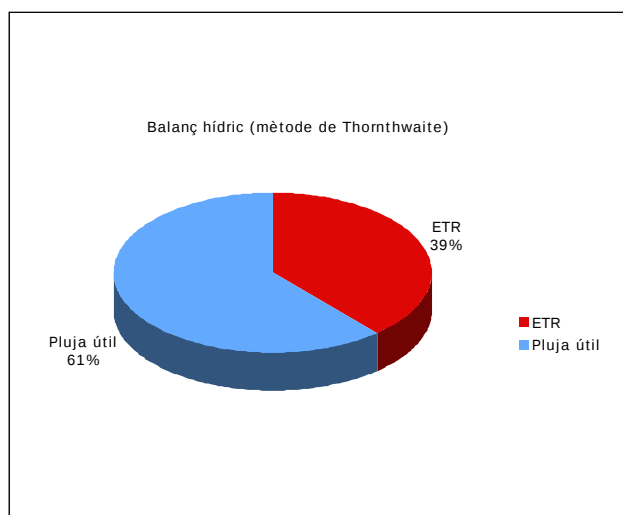
ΔR =Variació reserva d'aigua en el sòl

7.1 RESULTATS DEL BALANÇ HÍDRIC

En la següent taula es mostra un resum del balanç hídric segons la metodologia i càlculs que s'exposen en l'**Annex de documentació**.

T mitja	P acumulada	ETR	Pluja útil (excedents)	ΔR
3,59°C	905,7 mm	349,8mm	555,9 mm	0.0 mm

Taula 6. Resum balanç hídric en base al mètode de Thornthwaite. Superfície calculada=467,70 Km²



Les entrades al sistema són les precipitacions, amb un valor mig de 906 mm/any. Les sortides al sistema es distribueixen en evapotranspiració, pluja útil i variació anual de la reserva d'aigua del sòl. Aquest 2010 no ha variat, mantenint-se amb el valor màxim de 30 mm.

Segons el mètode de Thornthwaite, l'evapotranspiració (ETR) suposa el 39% mentre que la pluja útil representa el 61%. En el següent gràfic es mostra la distribució de les sortides segons el mètode de càlcul utilitzat.

Figura 8. Balanç hídric segons Thornthwaite (Reserva d'aigua al sòl màxim de 30mm)

8 CONTRAST DE RESULTATS

8.1 ANÀLISI DELS CABALS AFORATS

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 tota la pluja útil acaba drenant cap als rius.

Donant per vàlid aquest supòsit, es contrasten els resultats de la pluja útil estimada amb el model de balanç hídric, i els cabals aforats.

Per a dur a terme aquest contrast de dades s'ha fet ús dels registres de cabal diaris recollits durant el 2010 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	26,05
CHE(A402)-Pont Escalls	533986	24046	Valira Nord	145,68
Borda Sabater	529639,5	16525,1	Gran Valira	445,77

Taula 7. 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.

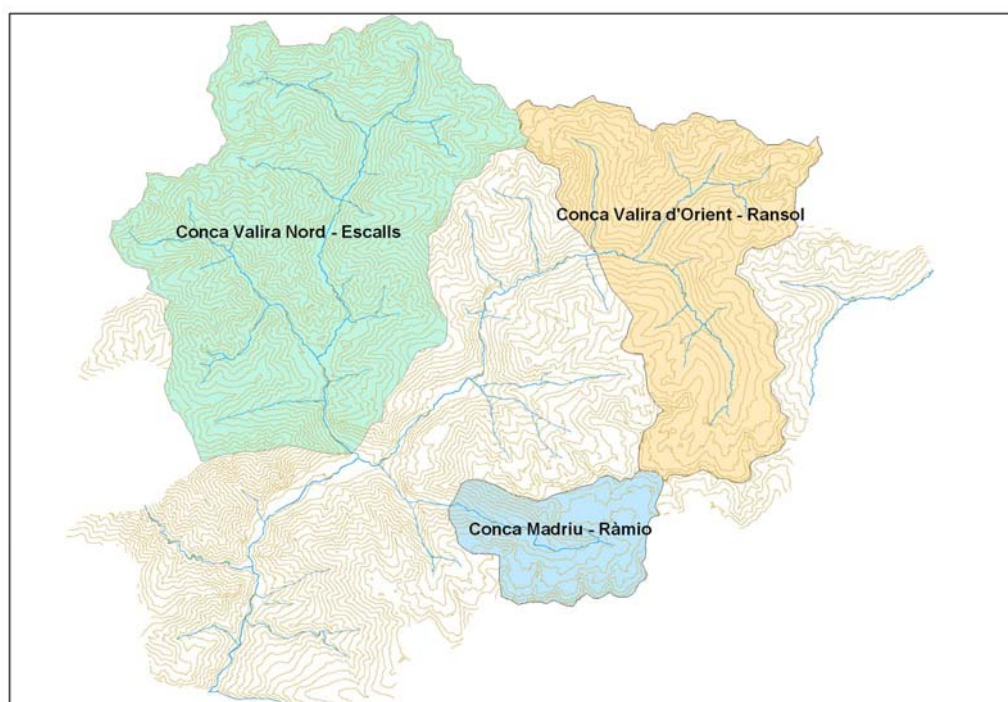


Figura 9. Mapa de situació de les conques estudiades de Valira Nord – Escalls, Conca Valira Orient Ransol i Conca Ràmió – Madriu.

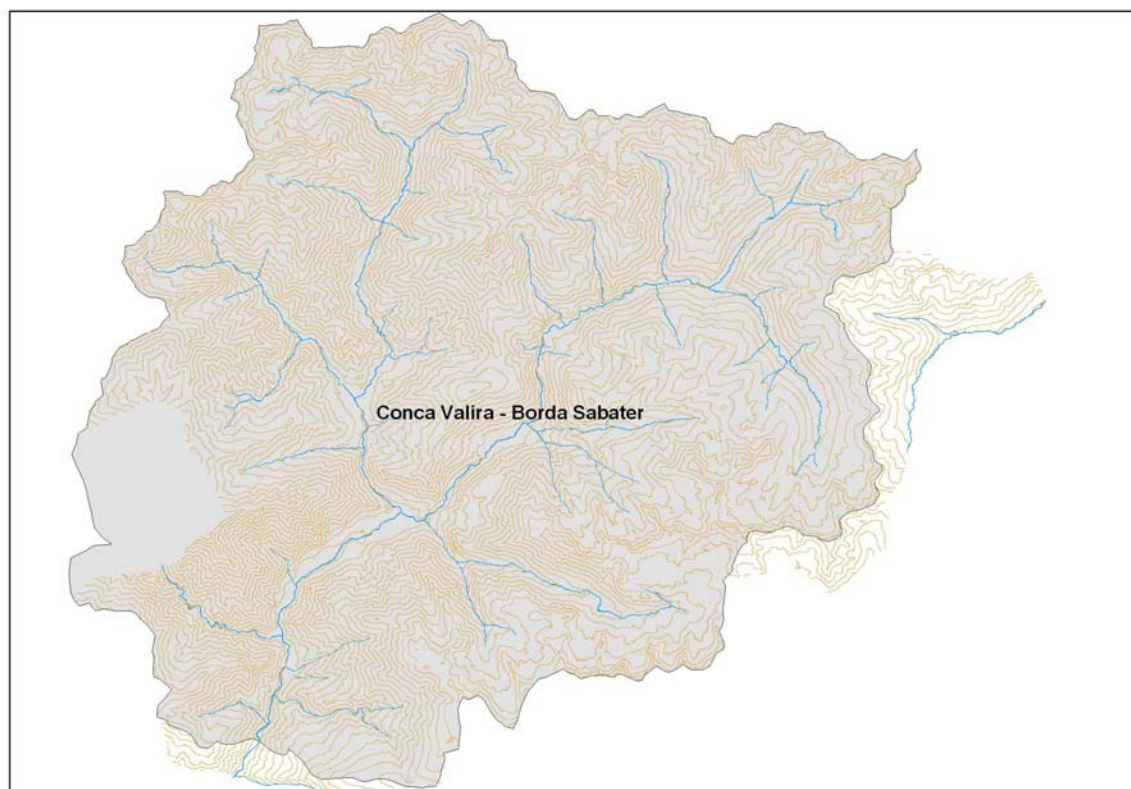


Figura 10. Mapa de situació de la conca Valira – Borda Sabater.

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-SUD de St. Julià, s'ha tingut en compte també el cabal procedent d'aquesta EDAR.

El cabal procedent de l'EDAR-SUD de St. Julià durant el 2010, segons dades facilitades pel ministeri responsable del medi ambient, és de 0,38 m³/s. El cabal del riu Gran Valira durant el 2010 ha estat de 11.2 m³/s. Aquest cabal, sumat amb el procedent de l'EDAR, suposa uns 11.6 m³/s, o sigui 364.2 Hm³/any, que repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 817 L/m²*any.

El cabal del riu Valira del Nord, segons dades facilitades per la confederación hidrológica del Ebro es calcula que és d'uns 4.52 m³/s, o sigui 142.6 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 979 L/m²*any.

El cabal del riu Valira d'Orient a Ransol, segons dades facilitades per FEDA es calcula que és d'uns 3.2 m³/s, o sigui 102.1 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 1247 L/m²*any.

El cabal del riu Madriu, segons dades facilitades per FEDA es calcula que és d'uns 0.55 m³/s, o sigui 17.4 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 666.6 L/m²*any.

En la següent taula es resumeix els valors anteriorment comentats.

Balanç hídric	Dades tècniques	Gran Valira (riu +EDAR)	Valira Nord	Valira Orient	Madriu
Cabals aforats	Cabals m ³ /s	11,6	4,5	3,2	0,55
	Cabals Hm ³ /any	364,2	142,6	102,1	17,4
	Cabal específic (Qe) L/m ² *any	817,1	979	1247,8	666,6
Mètode de Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m ² *any	553,2	520,3	698,7	525,3
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-32,3%	-47%	-44%	-21,2%

Taula 8. Resum dels cabals registrats durant el 2010 en diferents conques hidrogràfiques i pluja útil estimada per cada conca.

La pluja útil calculada mitjançant el mètode de Thornthwaite és en tots els casos analitzats inferior als cabals aforats, entre un -21 i -47 inferior. Els cabals aforats poden dur associats fins un $\pm 25\%$ d'error, i cal tenir en compte les següents limitacions en les anàlisis dutes a terme:

- En les estacions de FEDA, diàriament es procedeix a fer un balanç d'entrades (procedents de Ransol, barrancs Cortals i de Ràmio) i sortides a l'estany d'Engolasters, existint un cert error que no s'ha calculat numèricament (Estudi de les aigües subterrànies del Principat d'Andorra, Govern d'Andorra, 2007)

- No es té la certesa que en els aforadors utilitzats es duguin a terme les tasques de manteniment i neteja adequades per al bon funcionament d'aquest. Així mateix tampoc es té coneixement del grau d'error associat a la corba alçades versus cabals o taula de tarat.

- En el balanç hídric les precipitacions són totes líquides (pluges) que al mateix mes ja s'incorporen en el balanç com a excedents i ETR del mes, quan en realitat hi ha mesos que les precipitacions són en forma sòlida (neu) que no s'incorpora al balanç fins mesos més tard.
- L'efecte del vent com a variador dels gruixos de neu, o l'efecte de la sublimació no es té en compte; es tenen comptabilitzades precipitacions totals (suma de pluja i neu fosa) acumulades en els pluviòmetres.
- A l'hora de calcular la ETR es considera que tota la precipitació està disponible, no tenint-se en compte que part d'aquesta se n'escapa per l'escolament superficial directe que directament alimenta a torrents i rius. En aquest sentit s'està sobrevalorant l'ETR.
- Limitacions associades al càlcul de l'ETP segons Thornthwaite que es basa exclusivament en la variable temperatura mitja mensual.
- S'està suposant que la conca és tancada, sense entrades o sortides de fora la conca, i que l'any hidrològic està tancat, o sigui que totes les precipitacions acaben descarregant o sortint de la conca al mateix any.

9 EL 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.

El mètode de càlcul per estimar la pluja útil de cada unitat ha estat mitjançant el càlcul de l'ETP segons Thornthwaite.

En les unitats hidrogeològiques que no es disposa d'informació (degut a que cau en territori no andorrà) s'ha estimat empíricament la pluja útil i ETR. En el cas de la unitat d'Òs 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 el conjunt del territori analitzat (conca hidrogràfica del Valira i conca hidrogràfica del riu del Pas), que és de 515,08 Km², la pluja útil ha estat el 2010 d'uns 285,9 Hm³/any, calculats mitjançant el balanç hídric amb el mètode de Thornthwaite, i d'aquests, 257 Hm³/any són disponibles, doncs es fixa la xifra del 10% de la pluja útil com a aigua destinada als ecosistemes aquàtics -cabals ecològics-.

Repartit entre el territori andorrà (467,7 Km²), la pluja útil estimada mitja del 2010 representa uns 259,6 Hm³/any. D'aquests, 233,6 Hm³/any serien disponibles, reservant-se el 10% com a cabals "ecològic".

Nom	Superfície (m2)	P (mm)	ETR (mm)	Excedents (mm)	Pluja útil. Any mig (mm)	Pluja útil (Hm3/any)	Cabal disponible (Hm3/any)
Arinsal	16551735,91	812,5	269,4	543,1	838,6	8,9	8,1
Ariège	40299856,06	1013,5	337,3	676,2	650,2	27,2	24,5
Coll de la Gallina	17321677,99	754,1	405,4	348,7	277,7	6,0	5,4
Conca d'Ers	15149624,07	684,5	329,1	355,4	420,2	5,4	4,8
Conca de Setúria	6664367,29	795,4	269,9	525,6	582,2	3,5	3,2
Cubeta Encamp	768145,17	689,1	349,7	339,4	141,6	0,3	0,2
Cubeta d'Andorra	2268308,61	536,9	409,0	127,9	143,5	0,3	0,3
Cubeta d'Incles	399509,12	795,4	513,7	281,7	705,1	0,1	0,1
Dels Orris	12728986,14	1055,1	391,7	663,4	471,9	8,4	7,6
El Forn	2632292,26	724,9	322,4	402,6	433,8	1,1	0,9
Encamp	9831249,34	770,6	334,1	436,5	343,9	4,3	3,9
Enclar	16449982,02	841,3	435,1	406,2	300,8	6,7	6,0
Engolasters-Pessons	23004376,3	760,4	351,4	409,0	414,3	9,4	8,5
Estall Serrer	256289,8	822,7	395,2	427,5	280,4	0,1	0,1
Juclar	17448266,46	1270,4	335,6	934,8	980,5	16,3	14,7
La Bartra	227795,13	590,0	446,7	143,3	163,8	0,0	0,0
La Cortinada-Sornàs	240503,74	596,2	376,9	219,3	221,5	0,1	0,05
Llorts - Arans	434935,6	629,9	369,8	260,1	241,9	0,1	0,1
Madriu	40121360,95	948,3	365,9	582,4	444,5	23,4	21,0
Montmalús	7594231,04	718,9	284,7	434,2	595,2	3,3	2,9
Ordino	16960118,5	733,8	336,3	397,5	427,7	6,7	6,1
Padern	6040215,34	703,7	435,5	268,2	299,9	1,6	1,5
Pardines	8805068,39	715,5	437,6	277,9	195,5	2,4	2,2
Pla de l'Ingla	96831,14	797,4	375,5	421,8	323,3	0,0	0,0
Prat Primer	13956181,56	1073,3	462,0	611,2	3687,0	8,5	7,7
Pui Olivesa - Runer	400975,76	795,6	534,0	261,6	95,1	0,1	0,1
Riu Muntaner	6750482,65	808,8	400,9	407,9	381,2	2,7	2,5
Ràmio	231213,47	833,0	458,2	374,8	219,2	0,1	0,1
Salines	18401587,26	848,0	301,2	546,8	580,0	10,1	9,1
Sant Julià	33321867,9	1173,4	468,8	704,6	331,9	23,5	21,1
Sornàs-Pont d'Ordino	259304,35	581,9	392,7	189,2	205,3	0,0	0,0
Valira del Nord	45880845,18	1017,9	300,1	717,9	693,9	32,9	29,6
Òs de Civís	17174609,03	857,6	334,9	522,8	429,9	8,9	8,1
Coma Ransol	98510,05	1098,5	380,3	718,2	719,4	0,1	0,1
Valira d'Orient	77701776,81	969,1	318,1	650,9	752,3	50,6	45,5
Montaup	16994092,97	915,7	307,2	608,5	615,6	10,3	9,3
Cubeta Montaup	286720,34	876,7	318,4	558,4	491,5	0,2	0,1
Aldosa	7713967,17	691,7	371,3	320,5	372,6	2,5	2,2
Conca de Sispony	11643664,71	745,3	353,8	391,5	397,2	4,6	4,1
Cubeta de la Massana	1970611,14	607,4	409,1	198,2	215,2	0,4	0,4
RESUM 2010	Superfície (Km2)	P (mm)	ETR (mm)	Pu (mm)	Pu mitja(mm)	Pu (Hm3)	Pu disponible (Hm3)
	515082136,7	905,7	349,8	555,9	562,8	285,9	257,3

Taula 9. Resum balanç hídric de les unitats hidrogeològiques

9.1 RESUM DELS RESULTATS DEL BALANÇ HÍDRIC DEL 2010 EN LES DIFERENTS UNITATS

La distribució de les precipitacions, ETR i pluja útil en les diferents unitats hidrogeològiques es mostra en les següents figures. En relació a les precipitacions s'observa el següent:

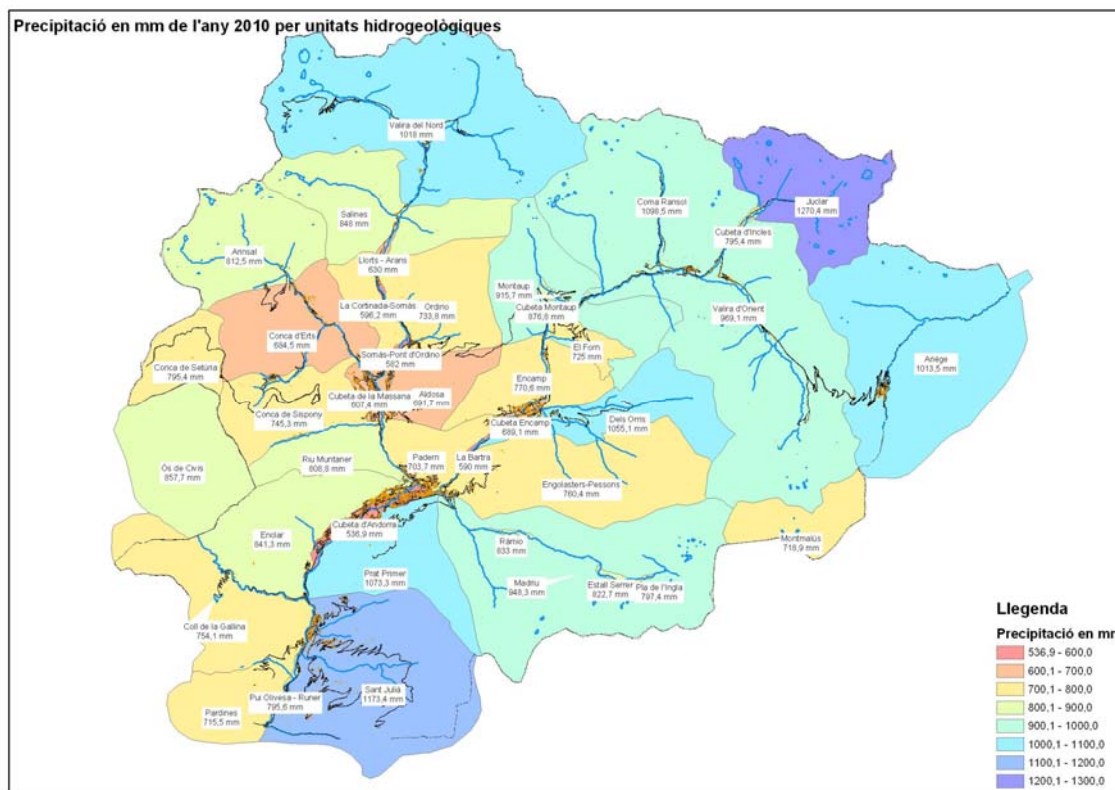
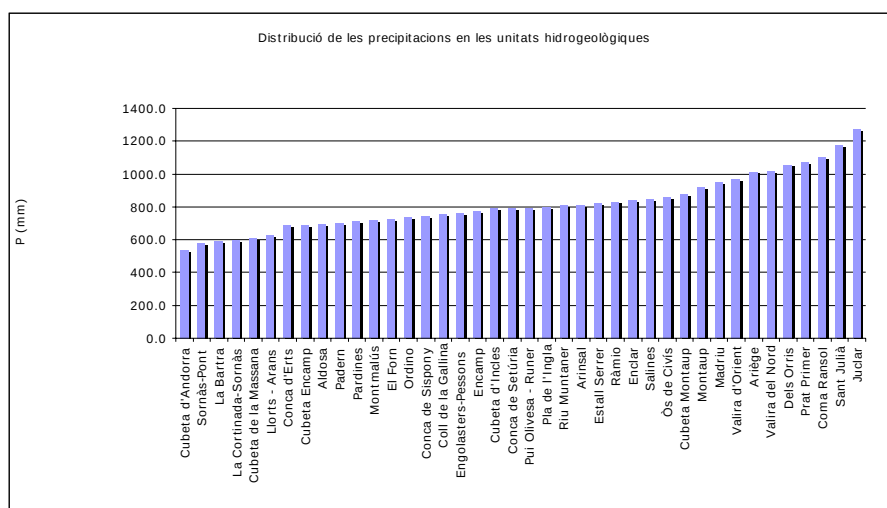


Figura 11. Mapa de distribució de les precipitacions en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007



Les unitats amb precipitacions més baixes són les de fons de vall, i unitats emplaçades en la part central del país. Les unitats amb valors màxims són les emplaçades al nord i Sud Est del país (Prat Primer, Coma de Ransol, Sant Julià, Juclar).

Figura 12. Gràfic de distribució de les precipitacions

En relació a l'ETR, s'observa que és més alta en les cubetes o fons de vall i unitats del Sud del país, amb valors màxims lleugerament superiors als 500 mm, com ara Sant Julià, Pui d'Olivesa i cubeta d'Incles . Els valors més baixos cal trobar-los en les unitats de capçalera, sobretot les emplaçades al Nord del país.

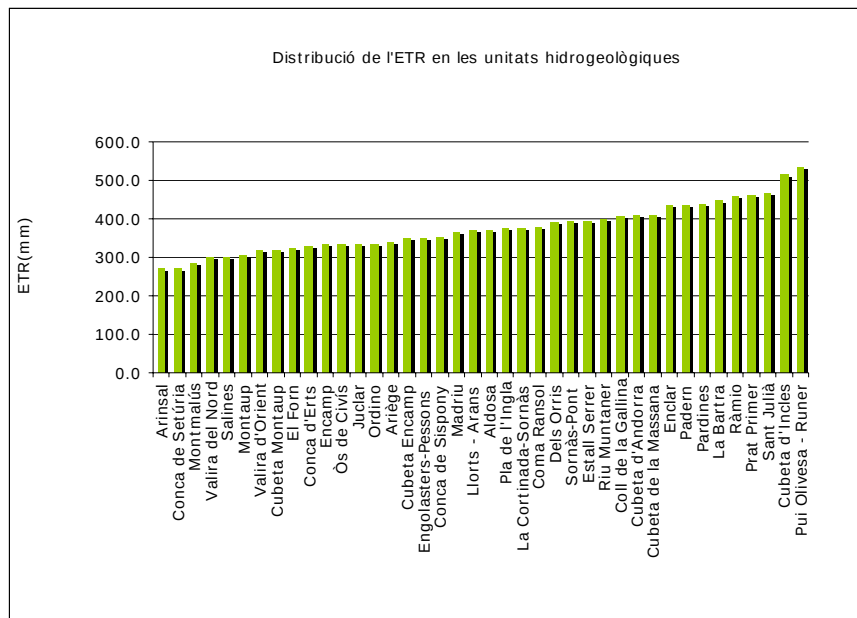


Figura 13. Gràfic de distribució de l'ETR

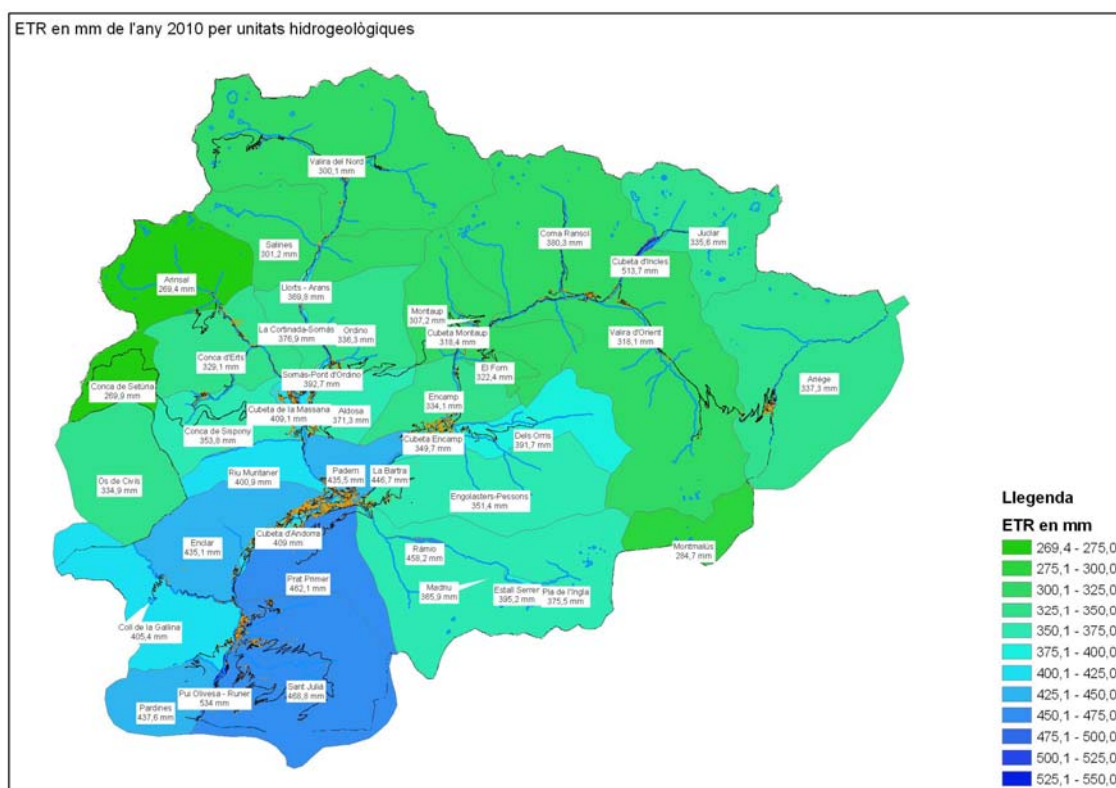


Figura 14. Mapa de distribució de l'ETR en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007

Les unitats amb valors de pluja útil inferior són les emplaçades en la franja central i sud Oest, amb valors inferiors als 600 mm, es tracta d'unitats com la cubeta d'Andorra, cubeta de la Bartra, Sornàs cubeta de la Massana, entre altres. Els valors de pluja útil superiors es localitzen en el terç superior del país i al Sud Est, amb valors per sobre dels 700 mm. Es tracta de les unitats de Sant Julià, Valira del Nord, Coma de Ransol i Juclar.

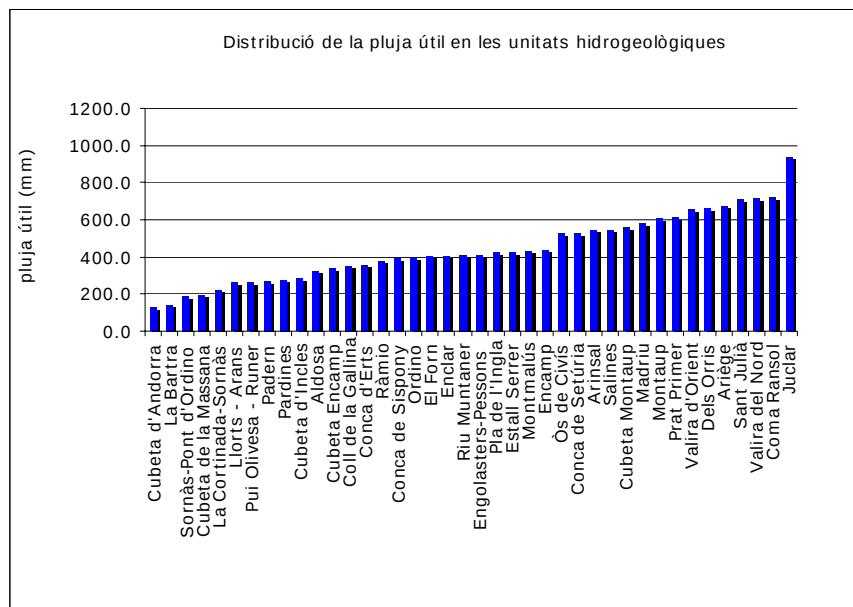


Figura 15. Gràfic de distribució de la Pluja útil

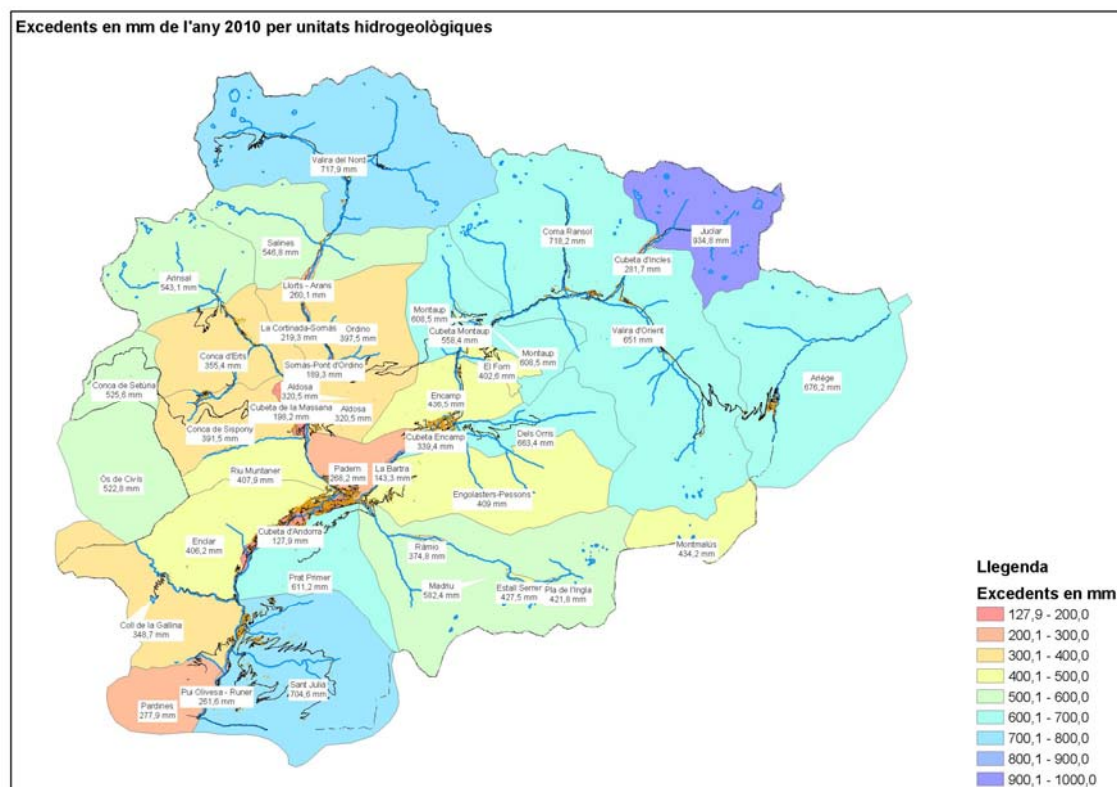


Figura 16. Mapa de distribució de la pluja útil en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007

10 CONCLUSIONS

El mòdul de precipitació mig del territori estudiat s'estima que és de 906 mm, quan la mitja de 30 anys és d'uns 996 mm. El 2010 ha estat un any en conjunt entre sec i normal en quan a precipitacions, matisant que l'extrem Sud Oest del país ha estat més plujós, mentre que la franja Nord occidental-Sud oriental ha estat més seca, si es compara amb la mitjana de precipitacions de 30 anys (*Estudi de les aigües subterrànies del Principat d'Andorra, M.I. Govern d'Andorra 2007*).

Les precipitacions del 2010 han estat d'entre un 60 i un 100% de la mitja climàtica, excepte en la part Sud oest que es detecta valors d'entre un 130 i 160% el valor de la pluja mitja.

La temperatura mitja del 2010 s'estima que ha estat de 3,59°C, quan la mitja de 30 anys és de 4,08°C. El 2010 ha estat un any més càlid en la franja NO-SE amb una temperatura d'entre +1 i +3,5°C, i ha estat normal-fred en el sector N i S del país, amb temperatures de fins a -2,3°C.

En la resta del Pirineu català occidental, en relació a les precipitacions ha estat un any normal; i en relació a les temperatures, ha estat un any fred en l'entorn més proper al Principat, segons dades publicades pel servei meteorològic de Catalunya.

El balanç hídric s'ha dut a terme en base a un balanç hídric emprant el mètode de Thornthwaite. Segons aquest mètode l'ETR mitja/2010 és de 349,8mm/any, i la pluja útil mitja és de 556 mm, amb valors mínims de 115 i màxims de 1300 mm. Respecte la mitjana de 30 anys, els recursos hídrics del 2010 són del mateix ordre que els recursos mitjos calculats, que es van avaluar en 563 mm.

Repartit entre el territori andorrà (467,7 Km²), la pluja útil estimada mitja del 2010 representa uns 259,7 Hm³/any. D'aquests, 233,6 Hm³/any serien disponibles, reservant-se el 10% com a cabals "ecològic".

Per unitats hidrogeològiques s'observa que les emplaçades en la franja Nord occidental-Sud oriental del país, així com unitats de fons de vall, són les que presenten valors de recàrrega d'aigua inferior, per sota dels 500 mm/any, associat a unes altes temperatures i baixes precipitacions.

11 BIBLIOGRAFIA

- Servei meteorològic de Catalunya (2009). Butlletí climàtic de l'any 2010
- M.I. Govern, 2007. Estudi de les aigües subterrànies del Principat d'Andorra
- M.I. Govern, 2010. Estudi per a l'elaboració anyal del balanç hídric del Principat d'Andorra .Any 2009

12 FE D'ERRATES RELATIU A L'INFORME DEL BALANÇ HÍDRIC 2009

En l'estudi per a l'**elaboració anyal del balanç hídric del Principat d'Andorra .Any 2009 (M.I. Govern, 2010)**, capítol 7.1, en la taula 6 hi posa en la columna de variació de reserva -0.05, i hi ha de posar +0.05. S'ha tractat d'un error de transcripció que no té més implicacions. La totalitat de càlculs i resultats obtinguts no estan afectats per aquest error.

La taula corregida és la que es presenta a continuació:

T mitja	P acumulada	ETR	Pluja útil (excedents)	ΔR
5,08°C	992,07 mm	421,71mm	570,31 mm	+0,05 mm

Taula 10. Resum balanç hídric en base al mètode de Thornthwaite. Superfície calculada=467,70 Km²

Àurea Ponsa i Vidales
Llicenciada en Geologia, d'Hídric
NºDecret: 42142/2005

Pau Ferrer i Roura (col.laborador)
Llicenciat en Geologia, d'Eurogeotècnica

Sant Julià de Lòria, 6 de maig del 2011

13 ANNEX DE DOCUMENTACIÓ. CÀLCUL DEL BALANÇ HÍDRIC

12.1 CÀLCUL DE L'EVAPOTRANSPIRACIÓ

12.1.1 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 (ETP) mensual. El càlcul de la pluja útil parteix de la següent expressió $P = ETP + \text{Pluja útil} - \text{Dèficit hídric}$

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).

12.1.2 Aplicació del mètode empíric de Thornthwaite

Per dur a terme els càlculs de balanç hídric s'ha iniciat l'any hidrològic al mes de gener, s'ha considerat la reserva d'aigua del sòl del desembre de l'any anterior, i s'ha tingut en compte les precipitacions totals, suma de pluja i neu registrada al mateix mes.

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 (3)

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

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

- 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.
- 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 30 mm, en base a les conclusions de l'estudi de les Aigües subterrànies del Principat d'Andorra (Govern d'Andorra, 2007).
- S'inicia l'any hidrològic 2010 amb la reserva del darrer mes de l'any hidrològic anterior (any 2009). El valor de la reserva al mes de desembre del 2009 era de 30 mm segons l'estudi *Estimació de la pluja útil mitjançant balanç hídric. Any 2009. Govern d'Andorra (2010).*

El mapa de distribució de l'ETR anual (**figura 17**) presenta valors màxims de 600 mm, mínims de 170 mm i valors mitjos de 350 mm en el cas de R = 30. Els valors mínims es troben en les capçaleres del Nord i Est del territori donat per unes baixes temperatures. Les zones amb alta ETR es troben en el fons de les valls principalment.

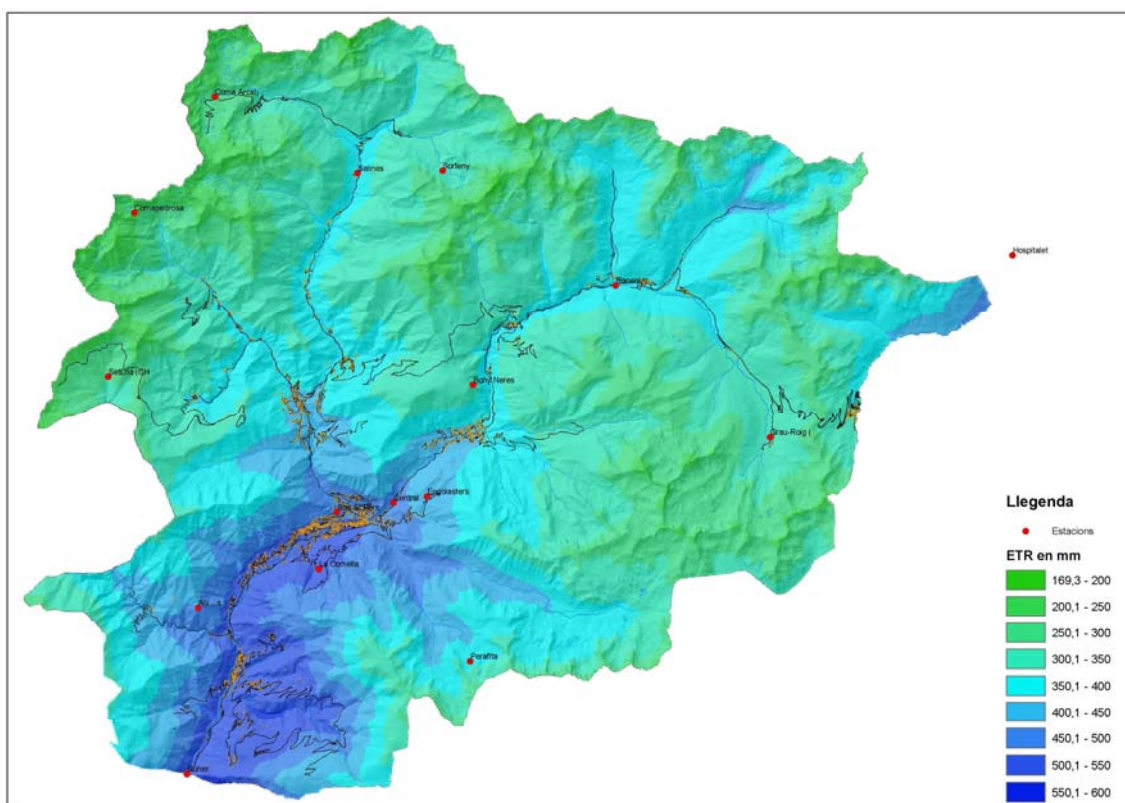


Figura 17. Mapa de distribució de l'ETR estimada per l'any 2010, segons el mètode de Thornthwaite.

L'anàlisi de l'ETP i ETR mitjançant Thornthwaite permet estimar que el darrer mes de l'any hidrològic 2010 (desembre 2010) finalitza amb una reserva de 30 mm, valor màxim estimat.

12.2 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 i de la reserva del sòl.

Quan es parla de pluja útil és refereix 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 18**).

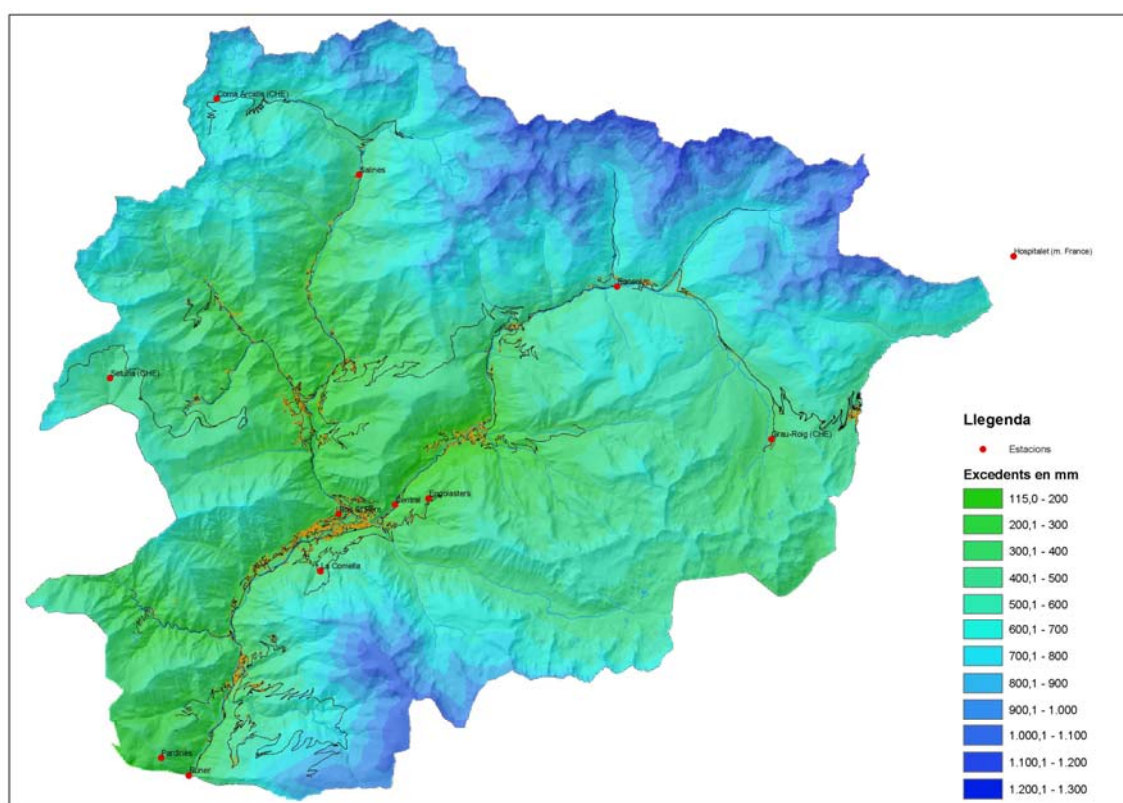


Figura 18. Mapa de distribució de la pluja útil o excedents estimats per l'any 2010. R= 30 mm seguint el mètode de Thornthwaite

El mapa d'excedents realitzat tenint en compte una reserva del sòl de 30 mm, presenta un valor mig és de 556 mm, un valor mínim de 115 mm, i el valor màxim és de 1300 mm. Els valors mínims es localitzen en la franja NO-SE, i Sud del país. Els valors més alts cal buscar-los a l'extrem nord i a l'extrem Sud Est.

12.3 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 en base al càlcul de l'ETR amb el mètode de Thornthwaite (**figura 19**), permet veure que ha estat mínim en la quasi totalitat del territori. Només en els fons de vall del valira d'Orient, Valira del Nord, Gran Valira i riu d'Ós de Civís és on es calcula dèficits més destacables, amb valors de fins a 200 mm de dèficit.

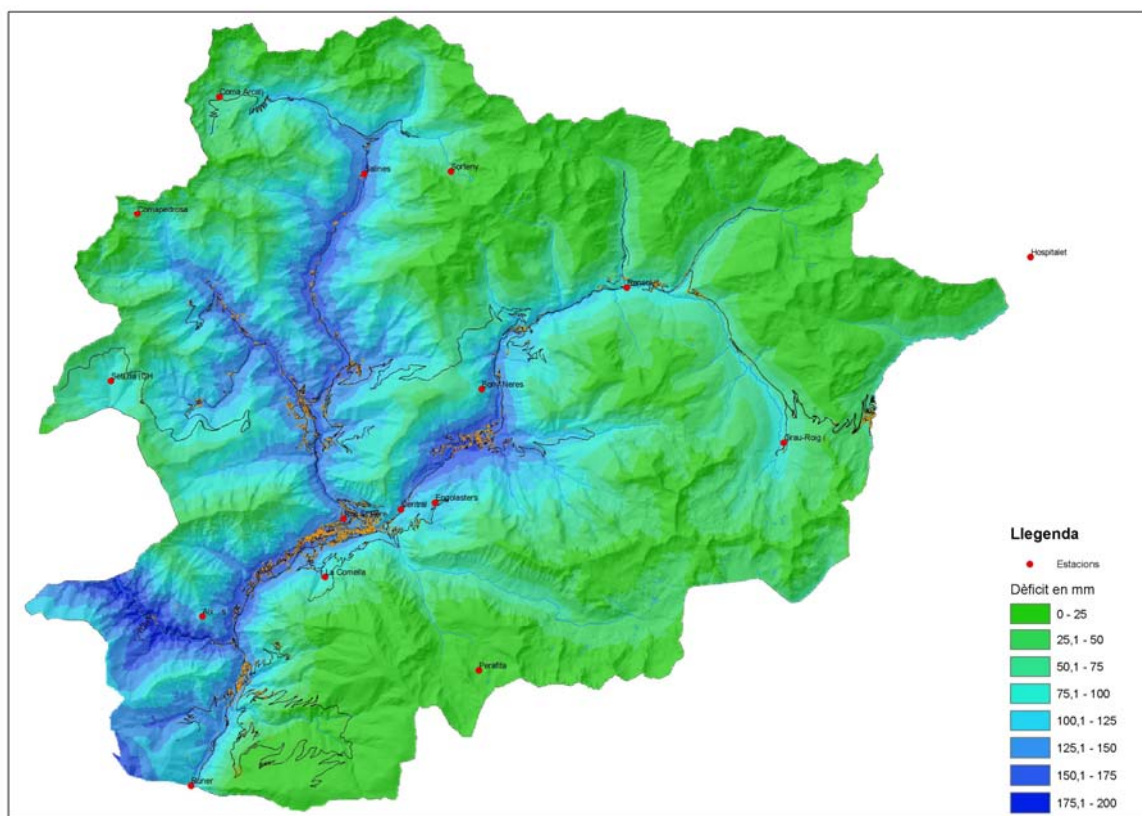


Figura 19. Mapa de distribució dels dèficits estimats per l'any 2010. $R = 30$ mm seguint el mètode de Thornthwaite. El mètode de càlcul ha consistit en la diferència entre ETP i ETR quan no hi ha reserva disponible.



www.mediambient.ad