



Govern d'Andorra

ESTUDI PER A L'ELABORACIÓ ANYAL DEL BALANÇ HÍDRIC DEL PRINCIPAT D'ANDORRA - ANY 2013 -

(PERÍODE 2013-2018)



Octubre 2015

1	OBJECTIUS	3
2	INTRODUCCIÓ	3
3	ESTACIONS METEOROLÒGIQUES	4
4	METODOLOGIA PER A L'OBTENCIÓ DE MAPES CLIMATOLÒGICS	6
a)	Recopilació i triatge de les dades inicials	6
b)	La Regressió múltiple i la correcció de residus per al Càlcul de la Mitjana climàtica a Andorra	6
4	TRETS GENERALS DE LA PLUVIOMETRIA DE L'ANY HIDROLÒGIC 2013	10
5	TRETS GENERALS DE LA TEMPERATURA DE L'ANY HIDROLÒGIC 2013	11
6	CÀLCUL DEL BALANÇ HÍDRIC	14
7.1	RESULTATS DEL BALANÇ HÍDRIC	14
8	CONTRAST DE RESULTATS	15
8.1	ANÀLISI DELS CABALS AFORATS	15
9	EL BALANÇ HÍDRIC EN LES UNITATS HIDROGEOLÒGIQUES	18
9	CONCLUSIONS	23
10	BIBLIOGRAFIA	24
11	ANNEX DE DOCUMENTACIÓ	25
	CÀLCUL DEL BALANÇ HÍDRIC	25
12.1	CÀLCUL DE L'EVAPOTRANSPIRACIÓ	26
12.1.1	Aplicació del mètode empíric de Thornthwaite	26
12.2	CÀLCUL DE LA PLUJA ÚTIL	29
12.3	ESTIMACIÓ DEL DÈFICIT HÍDRIC	30
12.4	EVOLUCIÓ DE LA RESERVA D'AIGUA DEL SÒL	31
12.5	COMPROVACIÓ RESULTATS	33

1 OBJECTIUS

L'objectiu del present estudi és el de resumir les precipitacions i temperatures recollides al Principat durant el 2013 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 2013 del territori andorrà mitjançant un balanç hídric de l'any hidrològic comprès entre l'1 de gener i el 31 de desembre del 2013.

2 INTRODUCCIÓ

De cara a elaborar el model de precipitació i temperatura de l'any 2013, s'han recollit els registres termopluiomètrics d'estacions emplaçades tant al territori andorrà com en la resta del Pirineu més proper.

Les dades han estat proporcionades per diferents organismes. Pel cas concret d'Andorra, les fonts d'informació es refereixen a FEDA, el Servei de Meteorologia del M.I. Govern d'Andorra i en menor mesura a la Confederació Hidrogràfica del Ebro (CHE).

D'altra banda, per a les estacions ubicades en territori francès, les dades provenen de MétéoFrance, mentre que per a les estacions situades en territori català les dades procedeixen del Servei Meteorològic de Catalunya i en algun cas de la CHE.

Aquesta cerca ha permès obtenir una gran quantitat d'informació climàtica, donat que es tracta d'un requisit per a poder aplicar la metodologia seleccionada per a poder elaborar els mapes climàtics. Altres condicions que han de complir les estacions seleccionades són en primer lloc que han de presentar característiques semblants a la zona d'estudi i en segon lloc que no estiguin influenciades en excés per les situacions atlàntiques o mediterrànies.

Cadascun dels organismes proporciona els registres en diferent format i a diferent escala temporal. Per aquest motiu, es duu a terme un treball específic de triatge i homogeneïtzació de les dades. Aquí cal tenir en compte que el balanç hídric es realitza a nivell mensual, motiu pel qual es fa necessari processar tota la informació a aquesta escala.

S'ha comparat els registres termopluiomètrics amb els valors mitjans climàtics recollits en *L'Estudi per a l'elaboració anyal del balanç hídric del Principat d'Andorra. Període 1971-2000* (Govern d'Andorra, 2015). 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	$P_{període} > 190\%$	Molt càlid	$T_{període} \geq +3^{\circ}\text{C}$
Plujós	$110\% < P_{període} < 190\%$	Càlid	$+0,5^{\circ}\text{C} < T_{període} < +3^{\circ}\text{C}$
Normal	$90\% < P_{període} < 110\%$	Normal	$-0,5^{\circ}\text{C} < T_{període} < +0,5^{\circ}\text{C}$
Sec	$30\% < P_{període} < 90\%$	Fred	$-3^{\circ}\text{C} < T_{període} < -0,5^{\circ}\text{C}$
Molt sec	$P_{període} < 30\%$	Molt fred	$T_{període} \leq -3^{\circ}\text{C}$

3 ESTACIONS METEOROLÒGIQUES

De cara a elaborar els mapes de distribució de les precipitacions totals (líquides i sòlides) i temperatures s'ha procedit a recopilar totes les dades meteorològiques disponibles. En aquest sentit, a fi de representar les particulars condicions del país cal disposar d'un nombre considerable d'estacions amb registres continuats de dades climàtiques.

Es amplia la xarxa d'estacions meteorològiques que hi ha implantada al Principat d'Andorra, tot i que fins a data d'avui, no es mesura, en totes elles, la totalitat de paràmetres meteorològics (precipitació i temperatura). Per aquest motiu, i per a una major representació del clima regional es consideren altres estacions externes als límits del Principat. A la **figura 1** es dona un mapa de situació de les estacions utilitzades.

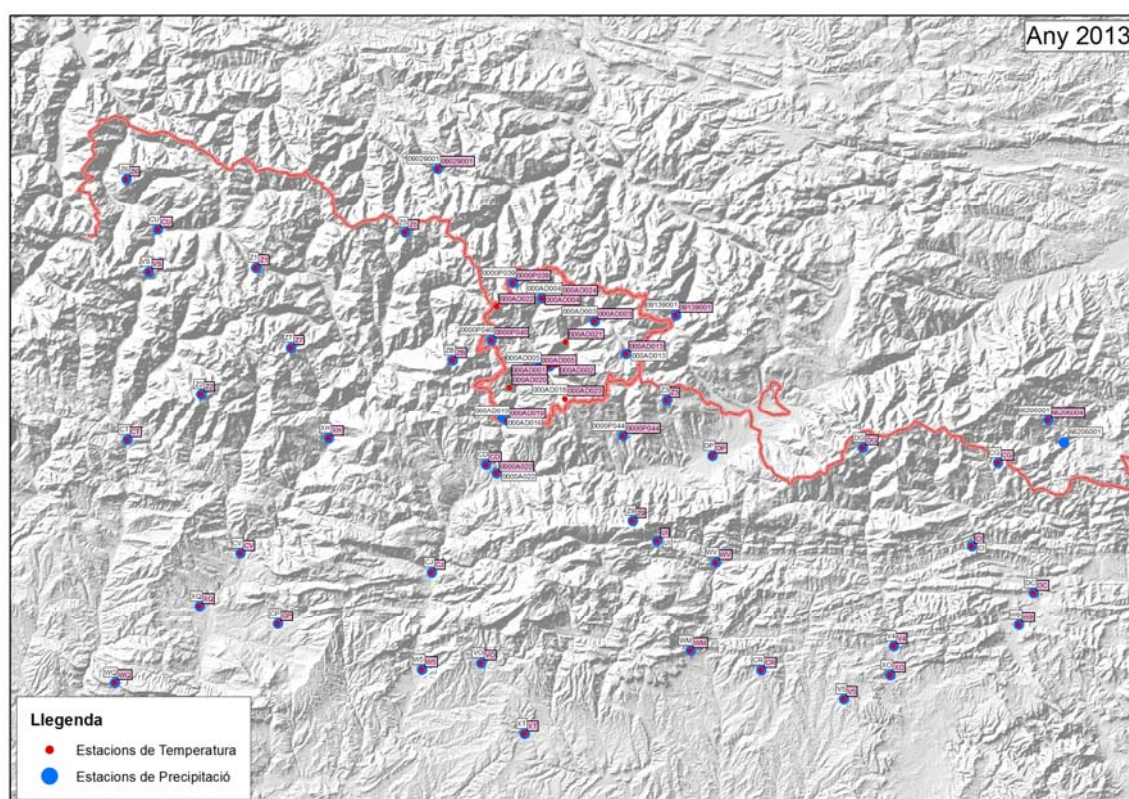


Figura 1. Ubicació de les estacions utilitzades en el balanç hídric per al període 2013.

Per a l'elaboració del balanç hídric del període 2013 han estat utilitzades un total de 50 estacions meteorològiques amb dades de Precipitacions i un total de 54 estacions amb dades de Temperatura.

Les estacions seleccionades es troben, com a màxim, a 90km de distància del centre del país. Les dues estacions que es troben en aquest límit són Cierp-Gaud i St-Marsal, ambdues gestionades per Météofrance.

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

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

Dades de Temperatura		
ESTACIO	NOM_ESTACIO	Nombre de dades
0000A022	Valira	11
0000P039	Arcalís	12
0000P040	Setúria	11
0000P044	Viliella	11
000AD001	Central	12
000AD002	Engolasters	12
000AD003	Ransol	12
000AD004	Salines	4
000AD005	Roc St Pere	10
000AD013	Grau Roig pistes	10
000AD018	Comella	9
000AD019	Runer	12
000AD020	Aixàs_CENMA	12
000AD021	Bony de les Neres_CENMA	12
000AD022	Comapedrosa_CENMA	10
000AD023	Perafita_CENMA	12
000AD024	Sorteny_CENMA	11
09029001	AULUS-LES-BAINS	12
09139001	L'HOSPITALET1	12
66206004	Le Tech de Allau	12
CD	La Seu d'Urgell	12
CG	Molló - Fabert	12
CI	Sant Pau de Segúries	12
CJ	Organyà	12
CP	Sant Romà d'Abella	12
CR	La Quar	12
CT	Pont de Suert	12
CU	Vielha	12
CV	La Pobla de Segur	12
DC	Olot	12
DG	Núria	12
DP	Das - Aeròdrom	12
UI	Gisclareny	12
V4	Montesquiu	12
V5	Perafita	12
VO	Lladurs	12
VS	Lac Redon	12
W5	Oliana	12
W9	La Vall d'en Bas	12
WM	Santuari de Queralt	12
WQ	Montsec d'Ares	12
WV	Guardiola de Berguedà	12
XH	Sort	12
XO	Orís	12
XQ	Tremp	12
XT	Solsona	12
Z1	Bonaigua	12
Z2	Boí	12
Z3	Malniu	12
Z5	Certascan	9
Z6	Sasseuva	12
Z7	Espot	12
Z9	Cadí Nord - Prat Aguiló	12
ZB	Salòria	12

Dades de Precipitació		
ESTACIO	NOM_ESTACIO	Nombre de dades
0000A022	Valira	11
0000P039	Arcalís	11
0000P040	Setúria	11
0000P044	Viliella	11
000AD001	Central	12
000AD003	Ransol	12
000AD004	Salines	9
000AD005	Roc St Pere	12
000AD013	Grau Roig pistes	9
000AD016	Pardines	12
000AD018	Comella	9
000AD019	Runer	12
09029001	AULUS-LES-BAINS	12
09139001	L'HOSPITALET1	12
66206001	LE TECH-EDF	12
66206004	Le tech, La llau	12
CD	La Seu d'Urgell	12
CG	Molló - Fabert	12
CI	Sant Pau de Segúries	12
CJ	Organyà	12
CP	Sant Romà d'Abella	12
CR	La Quar	12
CT	Pont de Suert	12
CU	Vielha	12
CV	La Pobla de Segur	12
DC	Olot	12
DG	Núria	12
DP	Das - Aeròdrom	12
UI	Gisclareny	12
V4	Montesquiu	12
V5	Perafita	12
VO	Lladurs	12
VS	Lac Redon	12
W5	Oliana	12
W9	La Vall d'en Bas	12
WM	Santuari de Queralt	12
WQ	Montsec d'Ares	12
WV	Guardiola de Berguedà	12
XH	Sort	12
XO	Orís	12
XQ	Tremp	12
XT	Solsona	12
Z1	Bonaigua	12
Z2	Boí	12
Z3	Malniu	12
Z5	Certascan	12
Z6	Sasseuva	12
Z7	Espot	12
Z9	Cadí Nord - Prat Aguiló	12
ZB	Salòria	12

4 METODOLOGIA PER A L'OBTENCIÓ DE MAPES CLIMATOLÒGICS

a) Recopilació i triatge de les dades inicials

L'etapa inicial del treball fa referència a la cerca de les dades de base per a la generació dels mapes climàtics i el posterior càlcul del balanç hídric.

S'han recollit informacions relatives a precipitació i temperatura pel període 2013, tant del Principat d'Andorra com de territoris veïns.

Les dades de base generalment consisteixen en dades diàries, de les que se'n selecciona les temperatures mínimes i màximes, calculant-ne, més tard, la mitjana mensual de la temperatura mínima (Tn) i màxima (Tx) respectivament.

Per la seva banda, la precipitació requereix un tractament menys complex, donat que la precipitació mensual resulta directament del sumatori de totes les precipitacions diàries d'un mes en concret, 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 les dades de base es realitza un triatge que condueix a l'eliminació d'una dada mensual sempre i quan aquesta contempli una absència de dades superior a dos dies consecutius/no consecutius. No obstant això, una diferència significativa en relació a treballs precedents (M.I. Govern d'Andorra, 2007) recau en que actualment és possible comptar amb estacions amb sèries de dades incompletes.

D'aquesta manera, les dades de base per a desenvolupar els mapes climatològics i el posterior balanç hídric són temperatures mínimes i màximes mensuals (Tn i Tx), així com la precipitació acumulada mensual (P). Al llarg del treball aquestes dades seran anomenades variables dependents.

b) La Regressió múltiple i la correcció de residus per al Càlcul de la Mitjana climàtica a Andorra

Un cop es disposa de la informació climàtica (Tn, Tx i P) filtrada per les diferents estacions meteorològiques, es desenvolupen els mapes de distribució de precipitació i temperatura. Aquesta tasca es recolza en la tecnologia SIG, que permet el tractament eficient de grans quantitats de dades geogràfiques.

En aquest punt cal estimar les variables dependents (Tn, Tx i P) per a tota la zona d'estudi, a partir d'informacions conegudes a nivell puntual (estacions meteorològiques). Per dur a terme aquesta tasca, s'implementarà la tècnica de regressió múltiple, la qual va ser utilitzada en la generació de l'ACDA, per part de l'Institut d'Estudis Andorrans (IEA).

La regressió múltiple és un mètode estadístic que permet establir, alhora, la relació d'una variable dependent (Tn, Tx o P) amb diferents variables independents. El valor d'aquestes últimes

condiciona el valor de la variable dependent estudiada. Matemàticament, la regressió múltiple s'il·lustra mitjançant l'expressió 1.

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + \varepsilon \quad (1)$$

on, Y és la variable dependent, b_0 , b_1 , b_2 i b_n són coeficients de ponderació i x_1 , x_2 i x_n són les variables independents i ε són els residus que cal corregir.

En el cas que ocupa el present document les variables independents considerades en cadascuna de les variables dependents s'il·lustren a la **(Taula 3)**.

L'alçada es té en compte per introduir l'efecte altimètric, la distància a l'Oceà Atlàntic i a la Mar Mediterrània donen informació sobre la continentalitat i la latitud introdueix els efectes de la variació geogràfica.

Variable independent	Variable dependent	
	Tn i Tx	P
Alçada	✓	✓
Distància a l'Oceà Atlàntic	✓	✓
Distància a la Mar Mediterrània	✓	✓
Latitud	✓	✓
Radiació solar	✓	X

Taula 3: Variables independents considerades per a cada variable dependent. ✓ Significa que la variable ha estat considerada, X significa que la variable no ha estat considerada.

La regressió múltiple aplicada en aquest treball es basa en el fet que les variables dependents són conegudes en uns punts concrets del territori (estacions meteorològiques). Alhora, les variables independents són igualment conegudes. En aquesta situació la regressió múltiple ha de permetre establir la relació matemàtica entre ambdós tipus de variables.

Un cop obtinguda la pertinent expressió, sabent el valor de les variables independents per a la resta del territori, és possible estimar el valor de les variables dependents en cadascun dels punts de la zona d'estudi.

La regressió múltiple és aplicada mes a mes, degut a que les informacions de base i el posterior balanç hídric es troben expressats a nivell mensual. Per tant, dels resultats obtinguts en deriven la mitjana mensual de les precipitacions i de temperatures per a tota la zona d'estudi.

La **figura 2** mostra, de manera esquemàtica el procés seguit en l'aplicació de la regressió múltiple.

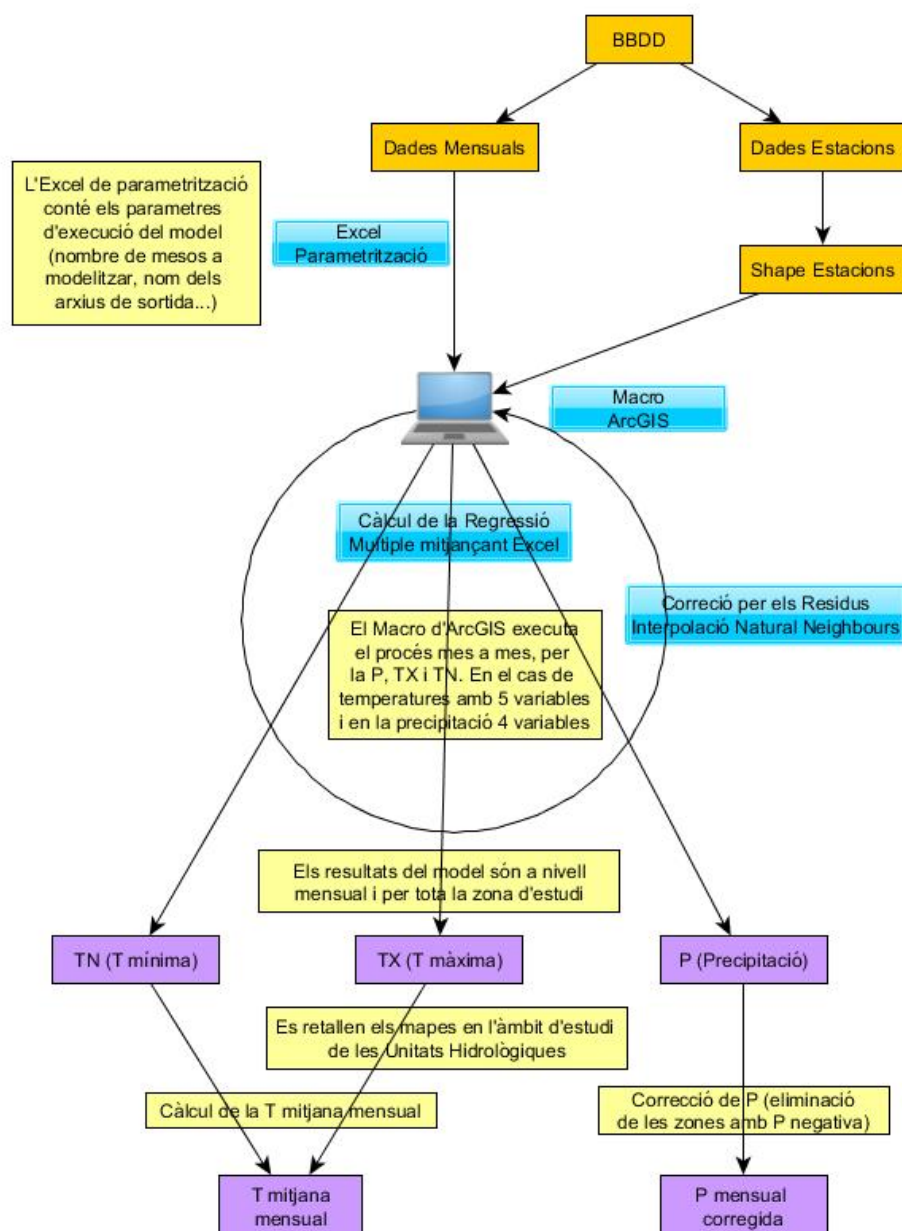


Figura 2. Diagrama de flux esquemàtic del funcionament del model.

La informació que resulta de la regressió múltiple no és directament aplicable pel fet que l'ajust entre el valor de les variables dependents mesurades a les estacions meteorològiques i els valors de les mateixes que resulten de la regressió no és òptim. En aquest sentit la diferència entre ambdós valors comporta un residu (ε) que cal ser corregit.

Així per mitjà dels residus i d'una interpolació aplicada en el SIG, s'aconsegueix eliminar el biaix existent entre les variables mesurades i les calculades, fent la correcció extensiva a la resta de la zona d'estudi.

La tècnica d'interpolació que mostra uns resultats més satisfactoris és Natural neighbours.

Els mapes climàtics que deriven d'aquesta etapa compten amb una mida de cel·la de 100x100m.

Es tenen indicis per pensar que la modelització exposada infravalora les precipitacions en cotes altes. Aquesta suposada subestimació pot tenir l'origen en el mateix mètode i en el baix nombre d'estacions situades en alçada. Tot i que se sap que les estacions de cotes altes contemplen les precipitacions sòlides, la dificultat en la seva mesura rigorosa (efecte vent/torb) pot introduir biaixos en els registres que es creu que apareixen reflectits en els resultats que s'exposen al llarg del document.

Tot aquest procés de càlcul i correcció ha estat repetit en diferents ocasions per tal de reconduir biaixos observats en les múltiples proves executades. Més concretament els canvis introduïts es basen en:

- Desestimació de l'efecte de la radiació solar en la precipitació donat que la introducció d'aquesta variable no ofereix comportaments òptims en les variables dependents.
- Eliminació d'algunes estacions que, sense tenir defectes en les seves dades, per les seves característiques, introdueixen anomalies en el model. És el cas de l'estació d'Envalira, que presentava dades anòmalament altes en la temperatura ha estat eliminada tot l'any.

4 TRETOS GENERALS DE LA PLUVIOMETRIA DE L'ANY HIDROLÒGIC 2013

L'any 2013 presenta una pluviometria mitja de 1031 mm (límit administratiu). Els valors màxims es detecten al Nord i NordOest del Principat, amb valors que poden arribar fins als 1800 mm. Els valors mínims es detecten al sector de la Duana_Runer i també al sector de la Massana i Pal i sector de capçalera del Madriu i Cortals d'Encamp.

En la **figura 3** es mostra el model de distribució de les precipitacions de l'any 2013.

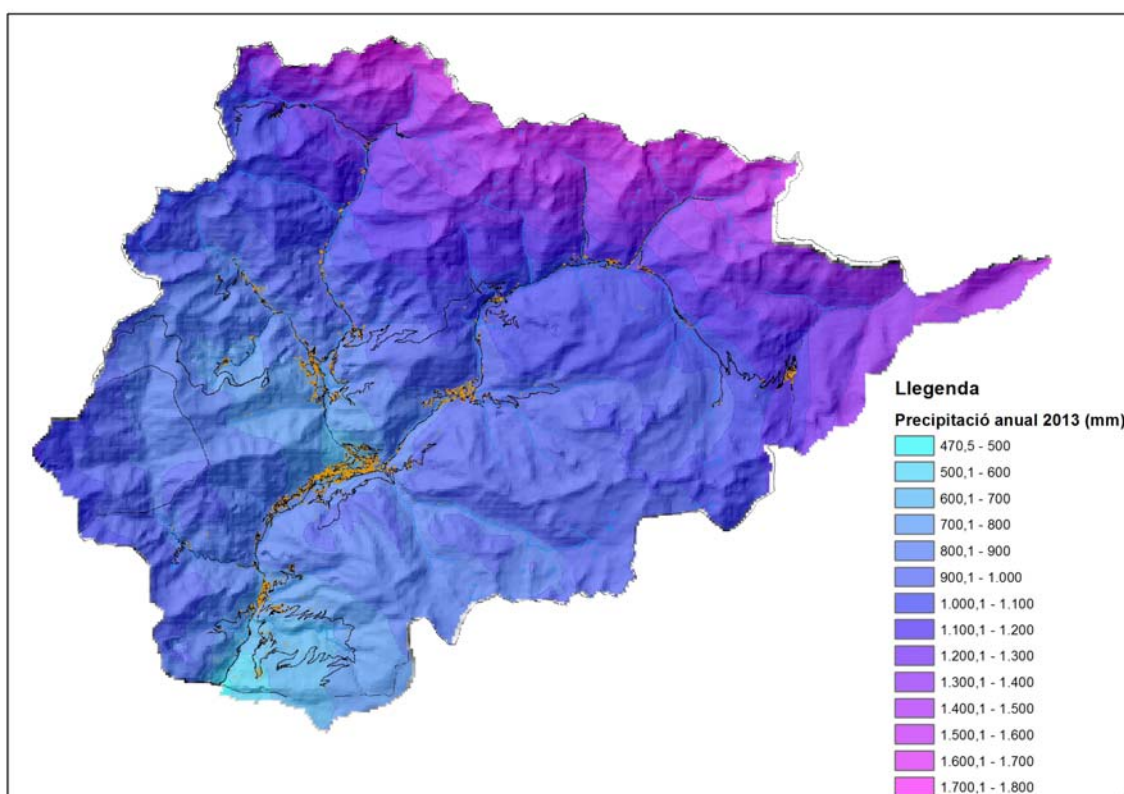


Figura 3. Mapa d'isoietes de les precipitacions acumulades el 2013.

Si es comparen les precipitacions acumulades el 2013 amb la mitjana climàtica de 30 anys – sèrie 1971-2000- (valorat amb 959 mm), s'identifica un sector sec, al sud est del país, una franja central amb pluges normals, i una franja nord més plujosa. En termes globals es tracta d'un any normal.

En la **figura 4** es mostra el resultat de relacionar les precipitacions del 2013 amb la mitjana climàtica.

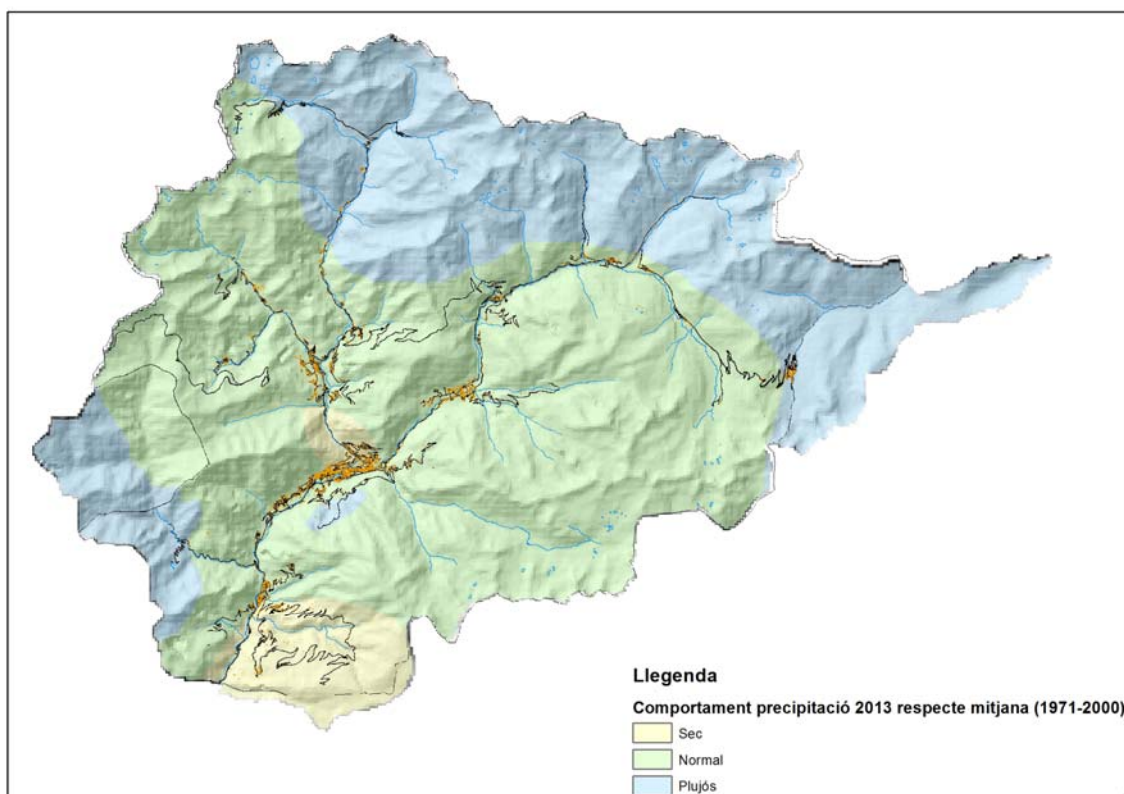


Figura 4. Mapa comparatiu de les quantitats acumulades registrades el 2013 i els corresponents valors mitjans.

En base als informes del 2013 del Servei meteorològic català, en les comarques del Pirineu i Prepirineu que limiten amb el Principat d'Andorra per l'est i per l'oest les precipitacions han estat més de plujoses, i normals en la comarca que limita pel sud del Principat.

5 TRETOS GENERALS DE LA TEMPERATURA DE L'ANY HIDROLÒGIC 2013

L'any 2013 presenta una temperatura mitja anual de 4.18°C, amb valors que oscil·len entre els -0.9 i els +12°C. Els valors mínims es detecten en el terç nord del Principat coincidint amb alta muntanya i les temperatures màximes es detecten en els fons de vall

En la **figura 5** es mostra el model de distribució de les temperatures de l'any 2013.

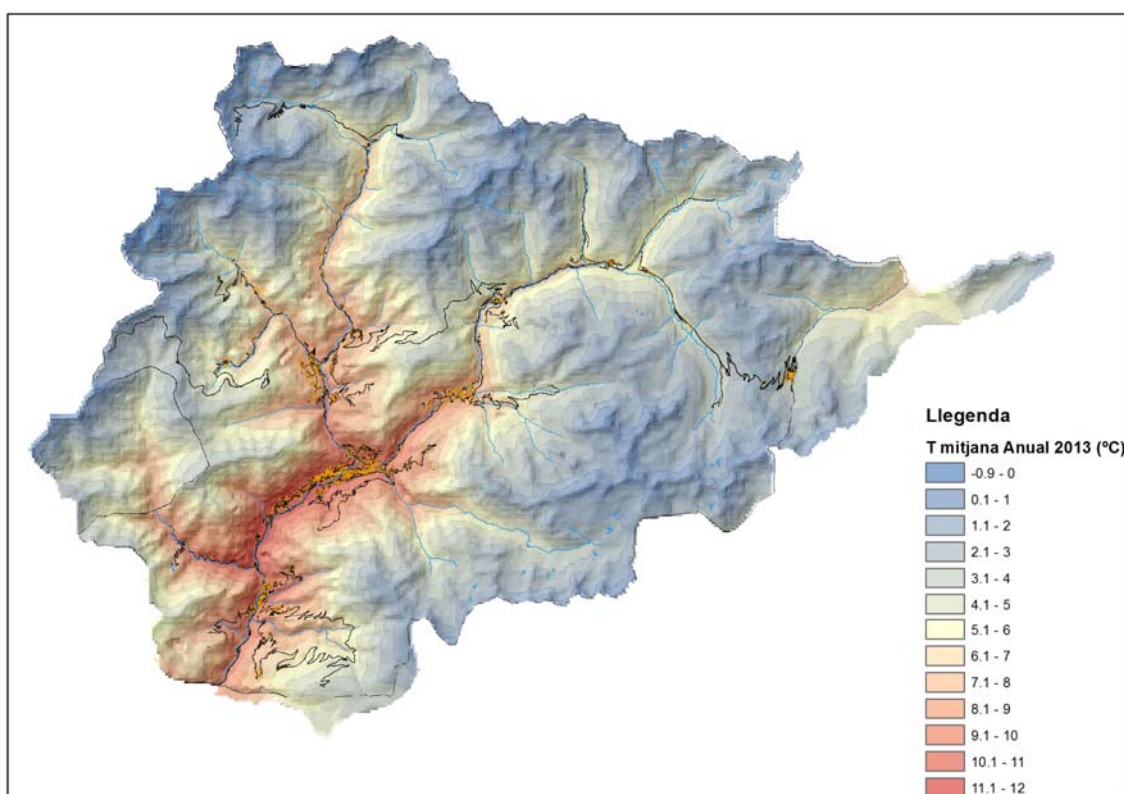


Figura 5. Mapa de distribució de les temperatures mitges del 2013

Comparant la temperatura mitja anual amb la mitjana climàtica de 30 anys -període 1971-2000- (valor de 5.8°C), s'observa que les temperatures del 2013 han estat molt fredes en una franja estreta del sector est i del sector oest del Principat. En el fons de vall les temperatures han estat en canvi més aviat càlides, i en la resta del país, s'estimen temperatures fredes/normals. En termes globals es tracta d'un any fred.

En la **figura 6** es mostra la relació entre la temperatura estimada pel 2013 i la mitjana climàtica.

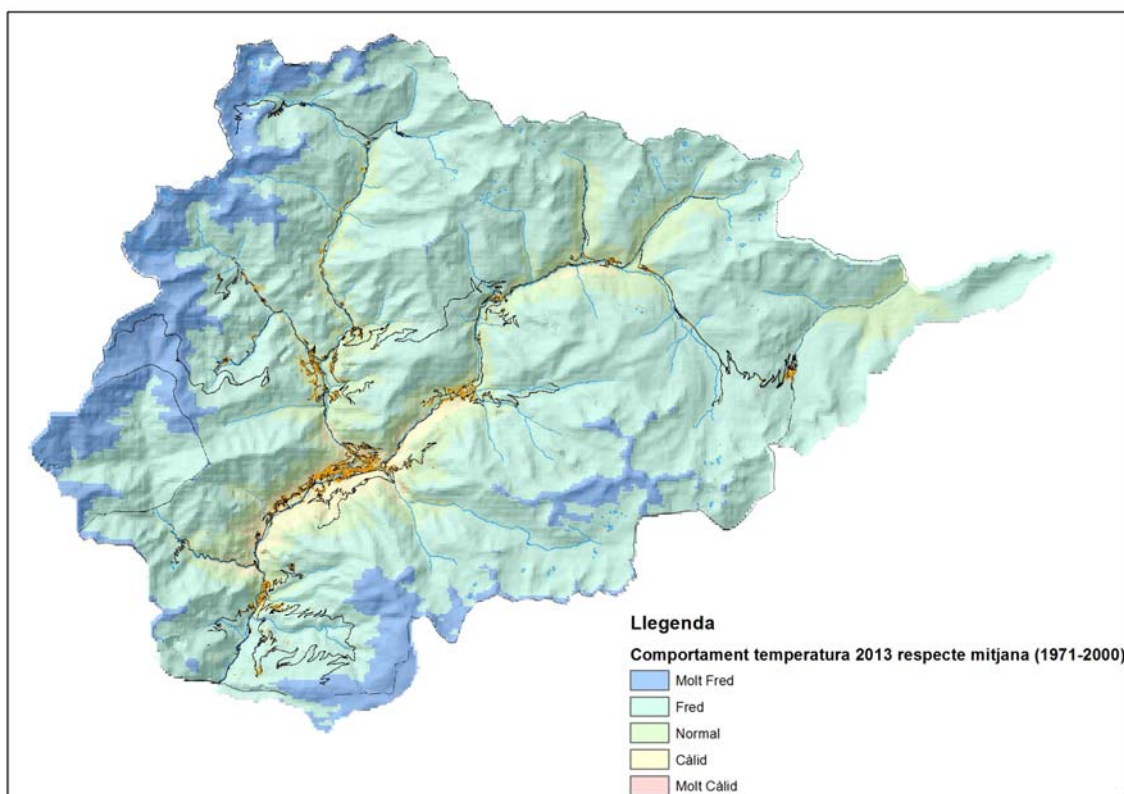


Figura 6. Mapa de les diferències de temperatura de l'any 2013 respecte la mitja.

En base als informes del 2013 del Servei meteorològic català, en les comarques del Pirineu i Prepirineu que limiten pel sud i est del Principat d'Andorra les temperatures mitges han estat normals respecte la mitja climàtica en el sector, i en canvi en les comarques que limiten per l'oest del Principat, les temperatures del 2013 han estat més fredes respecte la mitja climàtica.

6 CÀLCUL DEL BALANÇ HÍDRIC

De cara a estimar els recursos hídrics del 2013, 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

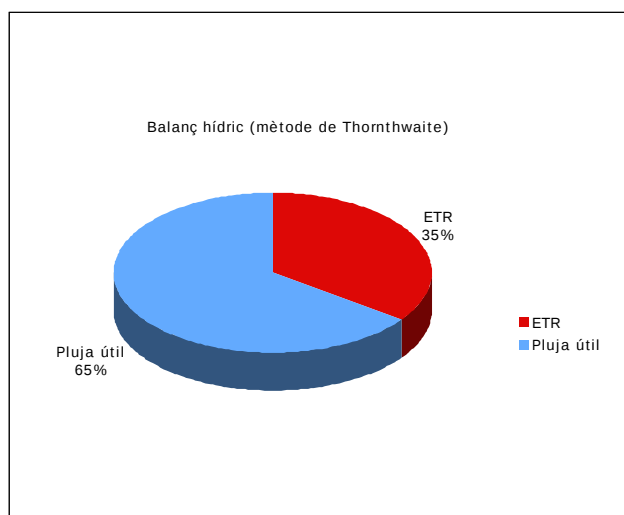
ΔR =Variació reserva d'aigua en el sòl

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
4.2°C	1031.8 mm	362.3mm	669.8 mm	-0.3 mm

Taula 4. Resum balanç hídric en base al mètode de Thornthwaite. Superfície calculada=467,70 Km² (límit administratiu)



Les entrades al sistema són les precipitacions, amb un valor mig de 1032 mm/any. Les sortides al sistema es distribueixen en evapotranspiració, pluja útil i variació anual de la reserva d'aigua del sòl. Aquest 2013 la reserva queda plena. En l'**Annex 12.4** es mostra l'evolució històrica de la reserva.

Segons el mètode de Thornthwaite, l'evapotranspiració (ETR) suposa el 35% mentre que la pluja útil representa el 65%. En el següent gràfic es mostra la distribució de les sortides segons el mètode de càlcul utilitzat.

Figura 7. Balanç hídric segons Thornthwaite (Reserva d'aigua al sòl màxim variable)

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 2013 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	452,33

Taula 5. 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.

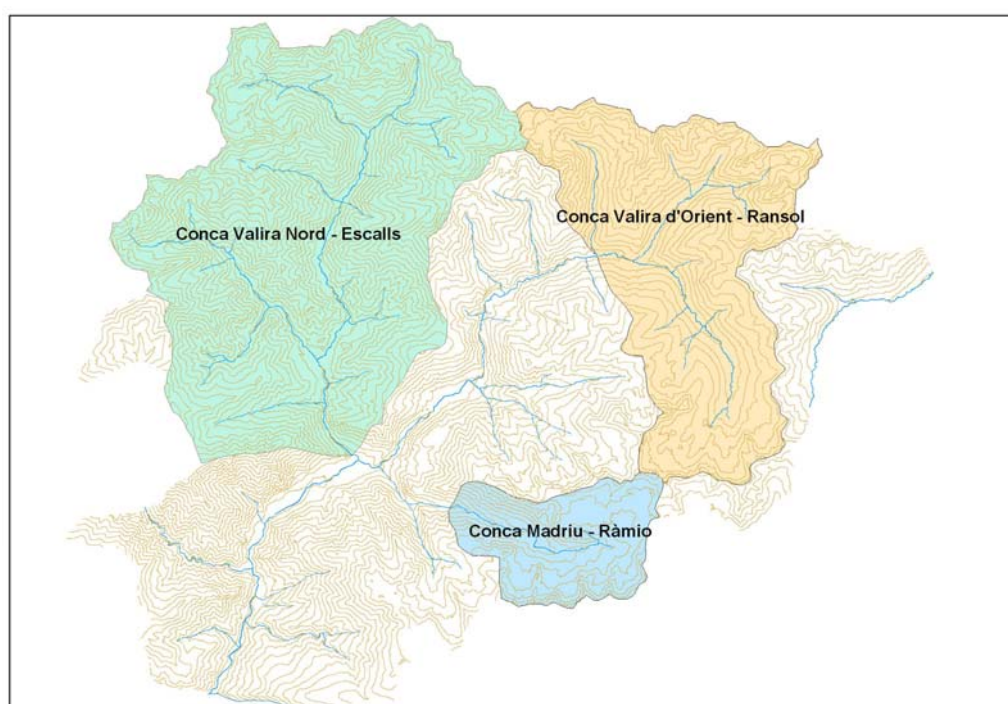


Figura 8.. Mapa de situació de les conques estudiades de Valira Nord – Escalls, Conca Valira Orient Ransol i Conca Ràmiu – Madriu.

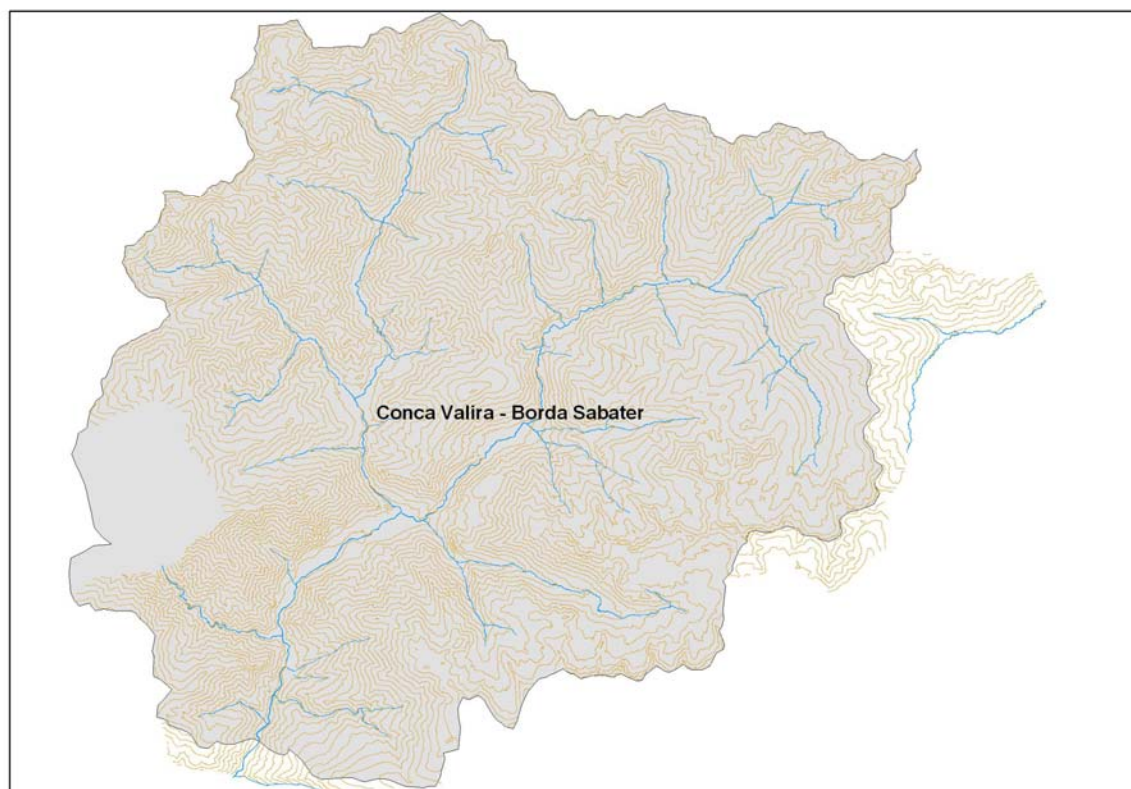


Figura 9. Mapa de situació de la conca Valira – Borda Sabater.

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 2013, segons dades facilitades pel ministeri responsable del medi ambient, és de 0,24 m³/s. El cabal del riu Gran Valira durant el 2013 ha estat de 15,28 m³/s. Aquest cabal, sumat amb el procedent de l'EDAR, suposa uns 15,52 m³/s, o sigui 489 Hm³/any, que repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 1098 L/m²*any.

El cabal del riu Valira del Nord, segons dades facilitades per la confederació hidrològica del Ebro es calcula que és d'uns 7,67 m³/s, o sigui 241,9 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 1660 L/m²*any.

El cabal del riu Valira d'Orient a Ransol, segons dades facilitades per FEDA es calcula que és d'uns 3,9 m³/s, o sigui 124,3 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 1518 L/m²*any.

El cabal del riu Madriu, segons dades facilitades per FEDA es calcula que és d'uns 0,58 m³/s, o sigui 18,3 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 702 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	15.52	7.67	3.94	0.58
	Cabals Hm ³ /any	489.33	241.88	124.25	18.29
	Cabal específic (Qe) L/m ² *any	1097.71	1660.36	1517.86	702.15
Mètode de Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m ² *any	662.31	686.74	925.59	618.37
	Variació respecte Cabal Qe (%)	-40	-59	-39	-12

Taula 6. Resum dels cabals registrats durant el 2013 en diferents conques hidrogràfiques i pluja útil estimada per cada conca.

La pluja útil calculada mitjançant el mètode de Thornthwaite és inferior al cabal aforat. El dèficit de pluja útil està entre el 12% en la conca del Madriu i el 60% en la conca del Valira del Nord.

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:

- S'ha dut a terme manualment els càlculs del balanç hídric en algunes estacions representatives del país (Ransol, Setúria, Roc de Sant Pere i Runer) per tal de comprovar que la resolució del model s'ha fet correctament, i s'obtenen valors molt similars (**Annex 12.5**).

- En les estacions de cabal 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 error que no se'ns ha facilitat.

- No es té la certesa que en els aforadors utilitzats es duiguin 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 el conjunt del territori analitzat (conca hidrogràfica del Valira i conca hidrogràfica del riu del Pas), que és de 522 Km², la pluja útil ha estat el 2013 d'uns 353 Hm³/any, calculats mitjançant el balanç hídric amb el mètode de Thornthwaite, i d'aquests, 318 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 2013 representa uns 313 Hm³/any. D'aquests, 282 Hm³/any serien disponibles, reservant-se el 10% com a cabals "ecològic".

Nom	Superfície (m ²)	ETR (mm)	Excedents (mm)	P (mm)	T (°C)	Precipitació (Hm ³ /any)	ETR (Hm ³ /any)	Excedents (Hm ³ /any)	Cabal disponible (Hm ³ /any)	Temperatura respecte mitja climàtica (°C)	Precipitació respecte mitja climàtica (%)	Tipus d'any segons temperatures	Tipus d'any segons Precipitacions
Arinsal	16,551,735.91	296.7	669.5	966.9	2.2	16.00	4.91	11.08	9.97	-3.20	100.65	molt fred	normal
Ariège	45,628,658.41	351.3	936.4	1287.9	3.2	58.77	16.03	42.73	38.46	-1.27	122.03	fred	plujós
Coll de la Gallina	17,321,678.00	448.5	464.8	913.2	6.7	15.82	7.77	8.05	7.25	-1.71	110.74	fred	plujós
Conca d'Ertis	15,149,624.07	397.5	457.6	856.0	5.2	12.97	6.02	6.93	6.24	-2.00	96.65	fred	normal
Conca de Setúria	6,664,367.23	321.1	543.2	862.8	2.2	5.75	2.14	3.62	3.26	-4.03	97.53	molt fred	normal
Cubeta Encamp	768,145.17	479.8	426.0	904.7	8.8	0.69	0.37	0.33	0.29	0.30	100.08	normal	normal
Cubeta d'Andorra	2,268,308.61	542.2	235.3	775.3	11.3	1.76	1.23	0.53	0.48	1.15	99.93	càlid	normal
Cubeta d'Incles	399,509.12	408.8	887.6	1303.8	5.4	0.52	0.16	0.35	0.32	0.08	122.69	normal	plujós
Dels Orris	12,728,986.14	349.6	630.1	980.5	3.8	12.48	4.45	8.02	7.22	-1.42	98.85	fred	normal
El Forn	2,632,292.26	405.0	619.1	1025.5	4.9	2.70	1.07	1.63	1.47	-0.83	102.79	fred	normal
Encamp	9,831,249.34	405.7	557.2	965.6	5.6	9.49	3.99	5.48	4.93	-1.00	101.46	fred	normal
Enclar	16,449,982.02	473.8	371.5	845.4	7.8	13.91	7.79	6.11	5.50	-0.69	104.01	fred	normal
Engolasters-Pessons	23,004,376.30	353.8	600.4	954.3	4.0	21.95	8.14	13.81	12.43	-1.50	100.11	fred	normal
Estall Serrer	256,289.80	372.9	521.9	894.6	4.3	0.23	0.10	0.13	0.12	-1.85	97.61	fred	normal
Juclar	17,448,266.46	328.4	1175.6	1501.4	2.5	26.20	5.73	20.51	18.46	-1.20	136.60	fred	plujós
La Bartra	227,795.13	481.0	373.4	858.7	9.8	0.20	0.11	0.09	0.08	0.79	99.25	càlid	normal
La Cortinada-Sornàs	240,503.74	490.1	446.1	942.4	8.0	0.23	0.12	0.11	0.10	-0.28	106.22	normal	normal
Llorts - Arans	434,935.60	485.0	521.0	1011.7	7.6	0.44	0.21	0.23	0.20	-0.37	110.08	normal	plujós
Madriu	40,121,360.95	331.0	580.7	912.3	3.3	36.60	13.28	23.30	20.97	-2.18	98.83	fred	normal
Montmalús	7,594,231.04	289.2	746.5	1035.5	1.6	7.86	2.20	5.67	5.10	-2.56	104.22	fred	normal
Ordino	16,960,118.50	418.5	589.3	1011.2	5.5	17.15	7.10	10.00	9.00	-1.08	108.31	fred	normal
Padern	6,040,215.34	472.8	302.0	773.2	8.7	4.67	2.86	1.82	1.64	0.18	91.82	normal	normal
Pardines	5,125,714.31	452.1	365.7	817.6	7.4	4.19	2.32	1.87	1.69	-2.20	99.72	fred	normal
Pla de l'Ingla	96,831.14	350.9	556.9	907.8	3.6	0.09	0.03	0.05	0.05	-2.22	97.56	fred	normal
Prat Primer	13,956,181.56	454.2	419.6	873.5	7.1	12.19	6.34	5.86	5.27	-0.48	104.70	normal	normal
Pui Olivesa - Runer	400,975.76	433.0	189.9	616.8	9.8	0.25	0.17	0.08	0.07	-1.27	77.81	fred	sec
Riu Muntaner	6,750,482.65	433.4	338.1	771.7	6.4	5.21	2.93	2.28	2.05	-0.88	93.12	fred	normal
Ràmio	231,213.47	444.9	447.4	891.3	7.1	0.21	0.10	0.10	0.09	-0.42	102.33	normal	normal
Salines	18,401,587.26	342.0	761.4	1106.4	3.5	20.36	6.29	14.01	12.61	-1.96	111.66	fred	plujós
Sant Julià	33,250,793.13	352.4	365.3	718.4	5.6	23.89	11.72	12.15	10.93	-2.42	84.28	fred	sec
Sornàs-Pont d'Ordino	259,304.35	504.2	374.6	881.5	8.5	0.23	0.13	0.10	0.09	-0.18	102.08	normal	normal
Valira del Nord	45,880,845.18	326.1	1006.4	1332.4	2.7	61.13	14.96	46.17	41.56	-2.06	127.65	fred	plujós
Òs de Civis	22,777,602.33	377.7	558.3	935.9	4.0	21.32	8.60	12.72	11.44	-2.86	110.32	fred	plujós
Coma Ransol	98,512.69	393.3	953.4	1344.0	5.0	0.13	0.04	0.09	0.08	-0.07	128.78	normal	plujós
Valira d'Orient	77,701,776.81	320.4	864.0	1182.6	2.8	91.89	24.89	67.13	60.42	-1.36	112.89	fred	plujós
Montaup	16,994,092.97	339.3	775.7	1114.6	3.6	18.94	5.77	13.18	11.86	-1.49	110.38	fred	plujós
Cubeta Montaup	286,720.34	344.5	711.1	1055.4	3.4	0.30	0.10	0.20	0.18	-1.12	102.38	fred	normal
Aldosa	7,713,967.17	437.2	440.6	880.4	6.6	6.79	3.37	3.40	3.06	-0.73	99.38	fred	normal
Conca de Sispony	11,643,664.71	406.3	390.3	797.4	5.4	9.28	4.73	4.55	4.09	-1.94	93.78	fred	normal
Cubeta de la Massana	1,970,611.14	487.0	301.8	791.1	8.5	1.56	0.96	0.59	0.54	-0.27	94.81	normal	normal
Límits unitats	522,263,506.11	362.9	675.6	1038.0	4.1	542.11	189.55	352.83	317.55	-1.68	108.54	fred	normal
Límits administratius	467,700,000.00	362.3	669.8	1031.9	4.2	482.60	169.45	313.25	281.92	-1.64	107.70	fred	normal

Taula 7. Resum balanç hídric de les unitats hidrogeològiques

L'augment de les precipitacions es tradueix, en quasi totes les unitats i en el conjunt del país (límits administratius) en una major disponibilitat d'excedents, per sobre dels valors de la mitja fixada pel període 1971-2000. Aquest fet corrobora el caràcter normal-plujós de l'any 2013. La **figura 10** representa els excedents de cada conca com a percentatge de desviació respecte el valor mig de la mateixa per al període 1971-2000. Les barres simbolitzen el percentatge, respecte la mitja, dels valors de pluja útil extrems per al període 1971-2000.

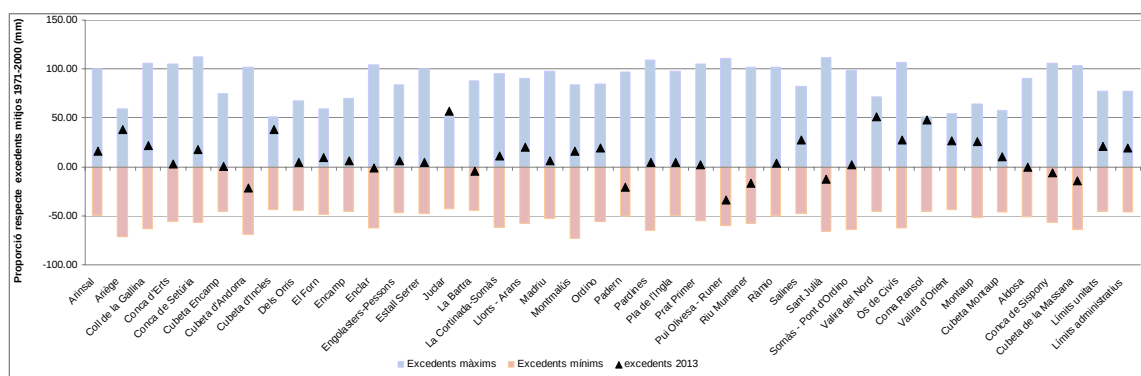


Figura 10. Mapa de distribució de les precipitacions en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007

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:

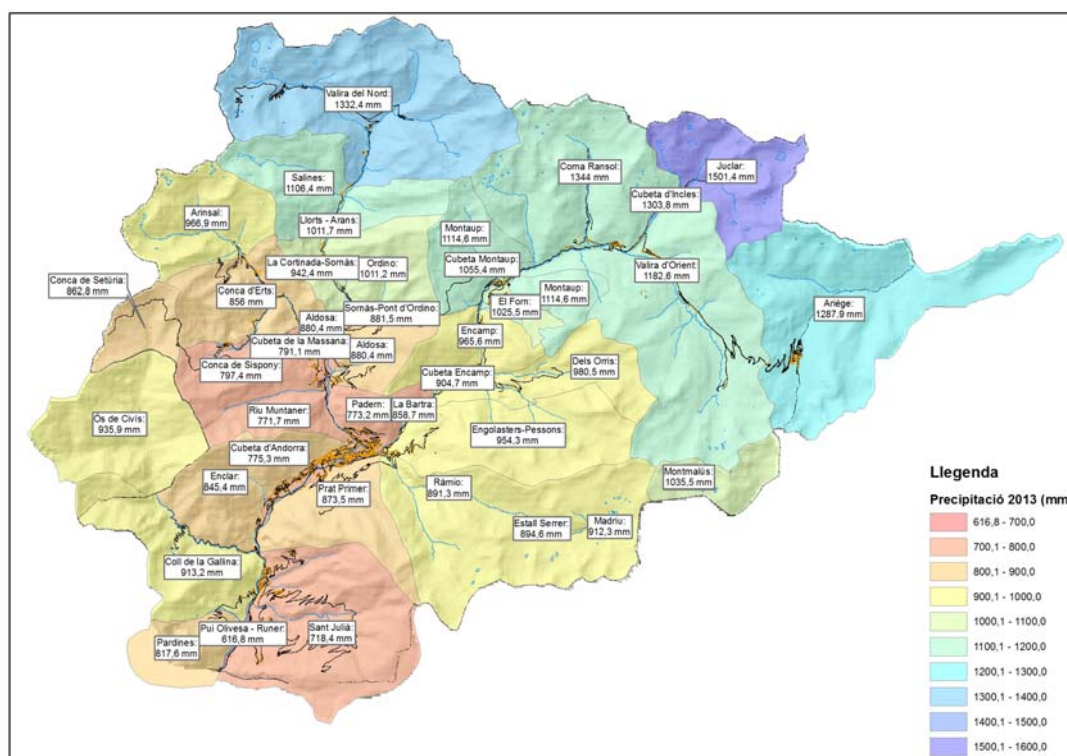


Figura 11. Mapa de distribució de les precipitacions en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007

La unitat hidrogeològica de Juclar és la que ha registrat valors màxims, seguida de Coma de Ransol, Valira del Nord, cubeta d'Incles, Ariege, i Valira d'Orient, amb valors superiors a 1150mm. Per contra, les unitats de Sant Julià i Pui d'Olivesa-Runer, presenten valors per sota dels 750mm.

En relació a l'ETR, es tenen valors màxims en unitats del fons de vall, com la Cubeta d'Andorra la Vella i Sornàs-Pont d'Ordino, amb valors superiors als 500mm, i els valors mínims se situen en les unitats de capçalera com sector de Montmalús i Arinsal, amb valors inferiors als 300 mm.

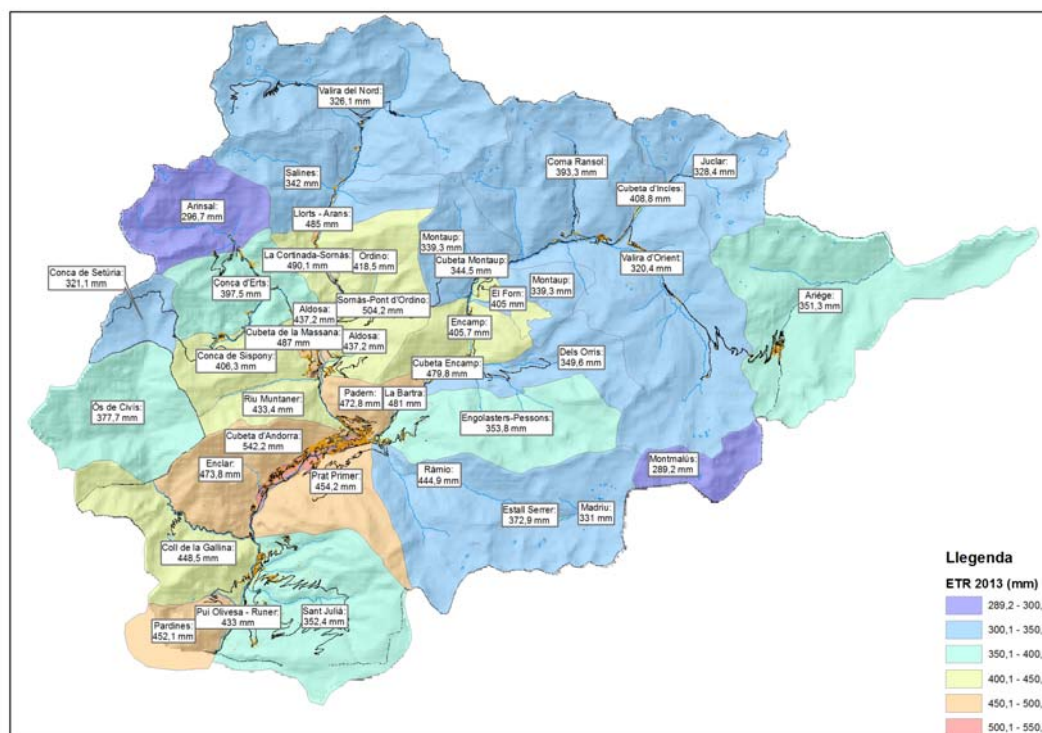


Figura 12. Mapa de distribució de l'ETR en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007

Les unitats hidrogeològiques amb majors excedents són les ubicades al nord del país, amb valors estimats superiors als 1000mm a Juclar i Valira del Nord. Les unitats amb excedents menors, per sota dels 200mm, s'ubiquen al fons de vall del sud del país, com és el sector del Pui d'Olivesa-Runer (**figura 13**).

En la **figura 14** es mostra els excedents, passats a unitats de cabal, en Hm³/any, que s'haurien de registrar en els torrents de les conques hidrogràfiques analitzades: Valira del Nord, Valira d'Orient, Gran Valira, Ariege, i la Llosa.

Excedents estimats (Hm ³ /any)				
Valira d'Orient	Valira del Nord	Gran Valira*	Ariege	La Llosa
154.83	99.66	50.25	42.72	5.72

Taula 8. Estimació dels excedents per diferents conques hidrogràfiques. (*) la conca del Gran Valira és parcial –veure figura 14-

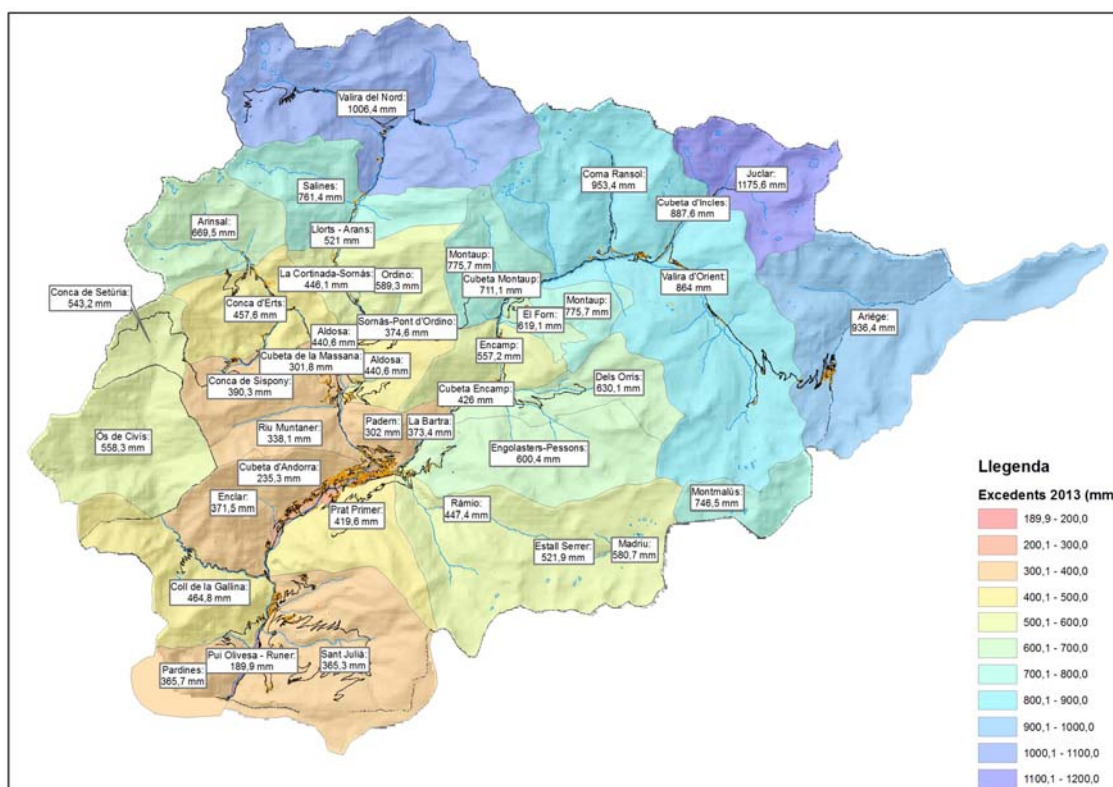


Figura 13. Mapa de distribució de la pluja útil en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007

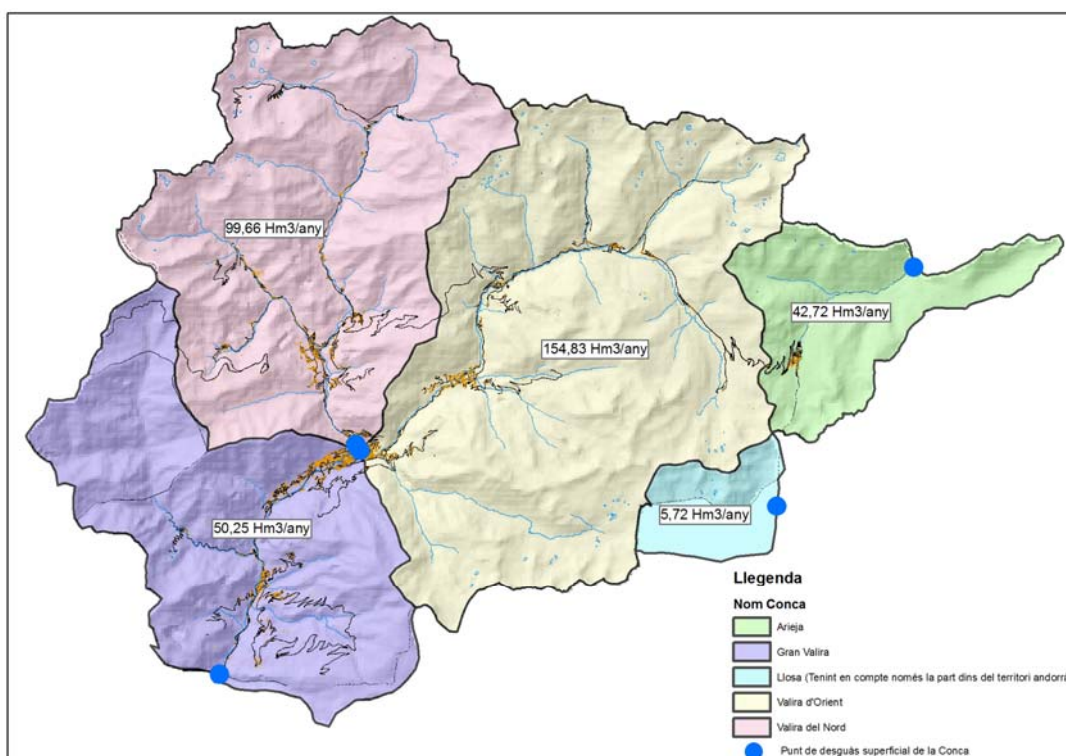


Figura 14. Mapa de distribució de la pluja útil en les diferents unitats hidrològiques

9 CONCLUSIONS

El mòdul de precipitació mig del territori estudiat s'estima que és de 1031 quan la mitja de 30 anys és d'uns 959mm. El 2013 ha estat un **any en conjunt normal** 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*)

La temperatura mitja del 2013 s'estima que ha estat de 4.18°C, quan la mitja de 30 anys és de 5.8°C. Comparant la temperatura mitja anual amb la mitjana climàtica, es tracta d'un **any fred**.

El balanç hídric s'ha dut a terme emprant el mètode de Thornthwaite. Segons aquest mètode l'ETR mitja/2013 és de 362 mm/any, i la pluja útil mitja és de 670 mm, amb valors mínims inferiors a 200mm i màxims superiors als 1175 mm. Respecte la mitjana de 30 anys, els recursos hídrics del 2013 són superiorss als recursos mitjos calculats, que es van avaluar en 560 mm.

Repartit entre el territori andorrà (467,7 Km²), la pluja útil estimada mitja del 2013 representa uns 313 Hm³/any. D'aquests, 282 Hm³/any serien disponibles, reservant-se el 10% com a cabals "ecològic". Per unitats hidrogeològiques s'observa que bona part del territori presenta valors per sobre els 300mm/any.

10 BIBLIOGRAFIA

Servei meteorològic de Catalunya (2014). Butlletí climàtic de l'any 2013

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

M.I. Govern, 2015. Estudi de per a l'elaboració anyal del balanç hídric del Principat d'Andorra. Període 1971-2000 i 2006-2012

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, 5 d'octubre del 2015

11 ANNEX DE DOCUMENTACIÓ. CÀLCUL DEL BALANÇ HÍDRIC

12.1 CÀLCUL DE L'EVAPOTRANSPIRACIÓ

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 termopluiomètriques amb registres diaris, ha conduït a estimar l'evaporació i el balanç hídric mitjançant l'aplicació del mètode empíric de Thornthwaite (1948).

12.1.1 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 27.5*27.5, 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 hi hagi aigua disponible; ja sigui procedent de les precipitacions o bé de la reserva útil. La reserva màxima del sòl que correspon a la d'un sòl saturat és variable en funció de la pedologia i del pendent topogràfic. En termes mitjos s'obté un valor de 8.59mm per al país (M.I.Govern d'Andorra, 2015)
- Cada any hidrològic s'inicia amb la reserva del darrer mes de l'any anterior. L'any 2013 s'inicia amb la reserva del desembre del 2012, que era de **8.53mm**.

El mapa de distribució de l'ETR anual (**Figura 15**) presenta valors mig de 362 mm. Els valor mínims es detecten en les capçaleres, on la temperatura és menor a causa de l'alçada de la zona. Igualment, en aquests punts el sòl és de tipus litosòl, fet que comporta una baixa reserva d'aigua.

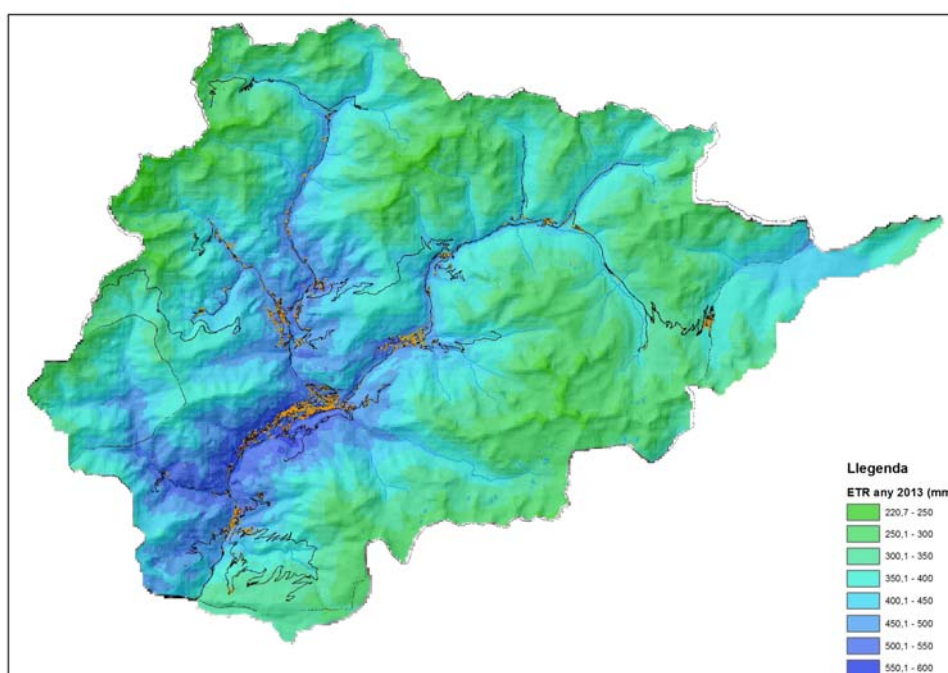


Figura 15. Mapa de distribució de l'ETR

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 16**).

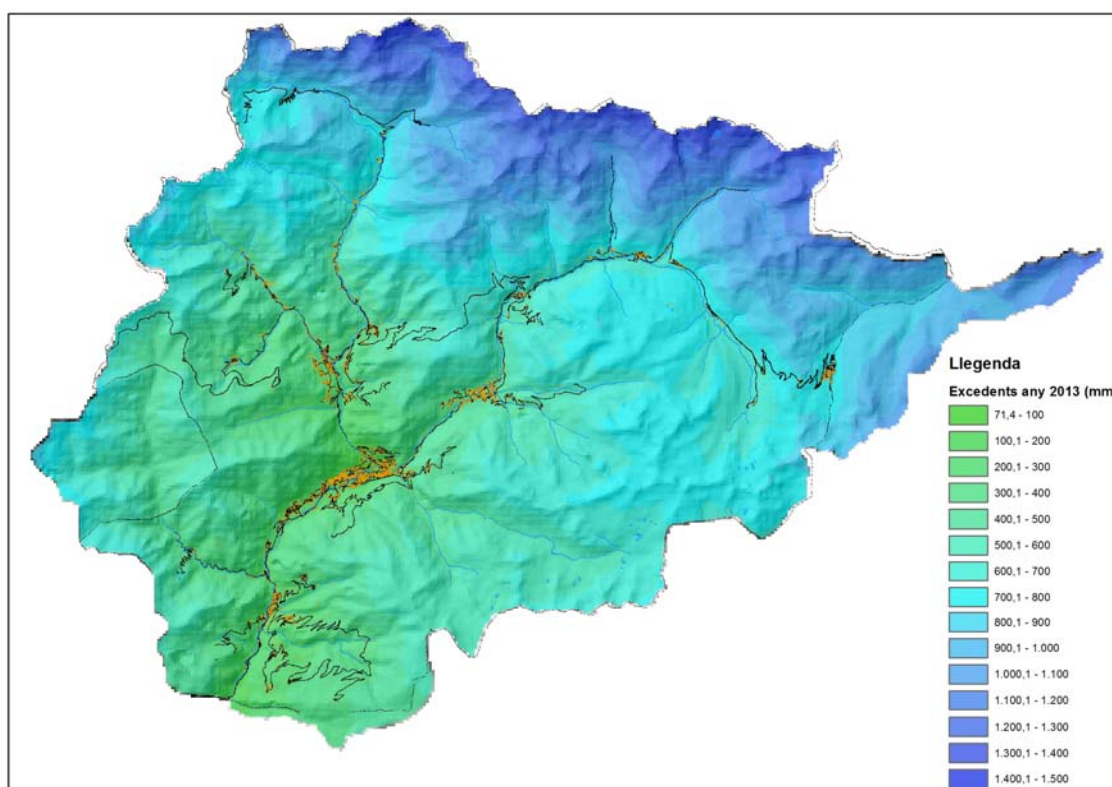


Figura 16. Mapa de distribució de la pluja útil o excedents estimats per l'any 2013. R variable

La pluja útil o excedents estimats presenten un valor mig de 370 mm. Els valors màxims s'ubiquen a l'extrem nord del país, coincidint amb sectors emplaçats en cotes altes, amb una alta precipitació, baixa temperatura i baixa ETR.

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 17**), permet veure que ha estat de 0 a 50 mm en la quasi totalitat del territori, amb l'excepció del fons de vall del sud del país, amb valors de dèficit superior als 300 mm.

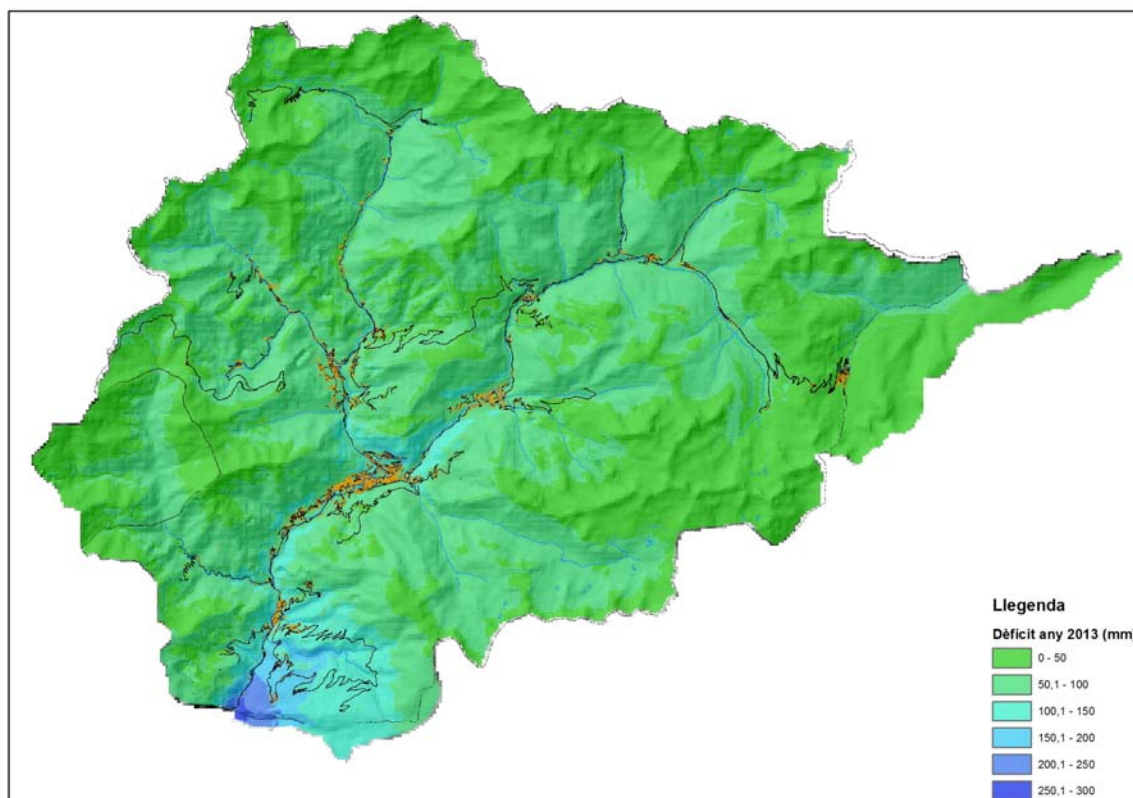


Figura 17. Mapa de distribució dels dèficits estimats per l'any 2013. R= variable, seguint el mètode de Thornthwaite. El mètode de càlcul ha consistit en la diferència entre ETP i ETR quan no hi ha reserva disponible.

12.4 EVOLUCIÓ DE LA RESERVA D'AIGUA DEL SÒL

El cicle per a un any climatològicament normal vindria a ser el següent: de mitjans de primavera fins a inici d'estiu la reserva està plena, al màxim. A l'estiu es va buidant, fins a nivells mínims, podent esgotar-se del tot. A finals d'estiu-mitjans de tardor es torna a omplir. Aquest model es compleix en l'any 2009, 2010, 2012 i 2013, tal i com es veu representat en el següent gràfic. La metodologia de càlcul de la reserva mitja del sòl s'explica en *Govern d'Andorra, 2015*.

En els anys més secs, es trenca aquesta ciclicitat, durant l'estiu es buida fins a esgotar-se la reserva i a la tardor hi ha recuperació però no és completa, com succeeix al 2006, 2007, 2008, 2011 i 2012.

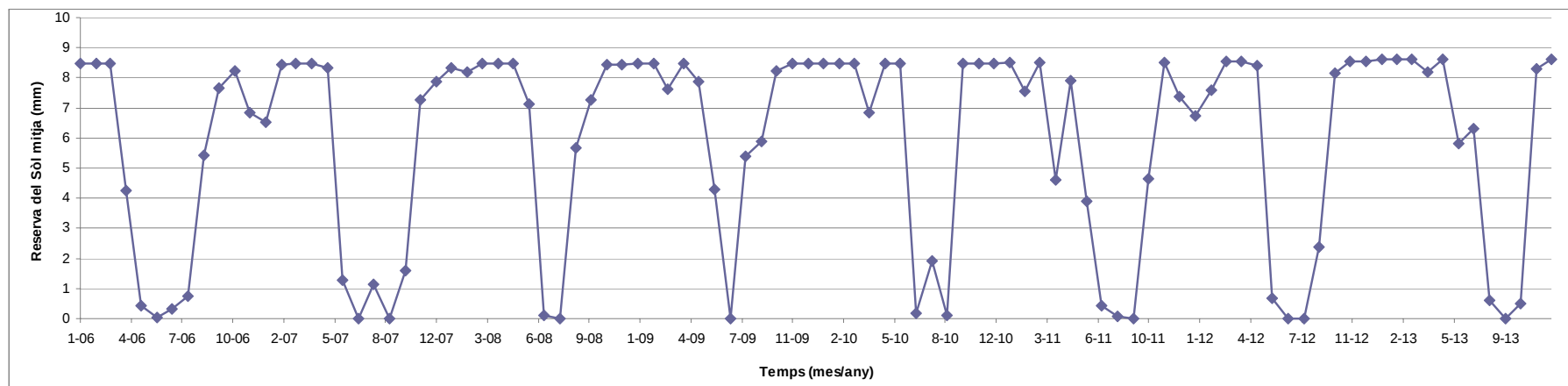


Figura 18. Evolució de la reserva mitja mensual d'aigua del sòl des del 2006 fins al desembre del 2013

12.5 COMPROVACIÓ RESULTATS

valor	ransol		setúria		Roc St Pere		Runer	
	model	manual	model	manual	model	manual	model	manual
etr_00	445.78	412.80	354.53	333.93	512.76	523.29	457.77	472.01
etr_01	0.86	0.81	0.00	27.60	9.58	9.72	14.82	12.70
etr_02	0.00	0.00	0.00	0.00	6.18	5.87	1.74	2.30
etr_03	7.66	7.80	0.00	0.00	20.82	21.90	7.05	7.48
etr_04	29.94	31.06	19.13	0.00	45.27	48.21	39.12	42.10
etr_05	40.35	43.63	29.45	22.89	43.51	40.56	27.27	29.96
etr_06	76.71	74.19	73.57	32.66	6.58	6.58	72.15	71.51
etr_07	107.52	117.02	60.83	68.82	120.65	140.89	106.62	113.78
etr_08	92.02	47.18	62.47	54.22	109.42	126.62	76.84	79.03
etr_09	41.01	40.90	45.80	45.80	70.83	40.05	32.25	31.14
etr_10	30.96	31.06	39.65	39.65	33.47	33.47	36.35	34.38
etr_11	8.30	8.28	0.00	42.29	19.39	19.91	20.69	22.48
etr_12	10.44	10.88	23.62	0.00	27.05	29.49	22.89	25.14
excedents_00	666.67	615.13	452.42	468.28	76.29	65.76	334.43	320.12
excedents_01	101.26	101.31	59.17	31.57	1.47	1.34	55.78	57.51
excedents_02	43.43	200.00	68.46	77.73	18.19	15.63	62.71	47.24
excedents_03	5.17	43.28	66.48	68.46	0.00	17.10	40.24	62.83
excedents_04	70.61	4.06	101.04	83.86	0.00	0.00	79.54	37.63
excedents_05	0.00	67.33	0.00	106.13	0.00	0.00	0.00	77.55
excedents_06	9.50	0.00	0.00	40.15	0.00	0.00	10.62	0.00
excedents_07	0.00	0.00	0.00	0.00	6.67	0.00	0.00	2.67
excedents_08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
excedents_09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
excedents_10	158.82	0.00	62.88	0.00	0.00	0.00	2.32	0.00
excedents_11	40.74	158.84	16.66	20.60	34.65	0.00	35.87	0.80
excedents_12	237.15	40.30	77.73	39.78	15.32	31.68	47.35	33.89
reserva desembre 2013								
reserva_01	0.00	0.00	36.51	36.50	37.08	37.08	12.37	12.37
reserva_02	0.00	0.00	36.51	36.50	37.08	37.08	12.37	12.37
reserva_03	0.00	0.00	36.51	36.50	37.08	37.08	12.37	12.37
reserva_04	0.00	0.00	36.51	36.50	7.29	4.34	12.37	12.37
reserva_05	0.00	0.00	36.51	36.50	0.00	0.00	12.37	12.37
reserva_06	0.00	0.00	36.36	36.50	0.00	0.00	0.00	0.00
reserva_07	0.00	0.00	8.91	0.00	32.67	12.42	12.37	12.37
reserva_08	0.00	0.00	0.00	0.00	37.08	6.30	0.00	0.00
reserva_09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
reserva_10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
reserva_11	0.00	0.00	36.51	36.50	22.89	22.37	12.37	12.37
reserva_12	0.00	0.00	36.51	36.50	37.08	37.08	12.37	12.37

Taula 9.. Taula comparativa del balanç hídric resolt amb el model numèric i resolt manualment, usant les dades de precipitació i temperatura mensual, aplicant Thornthwaite i suposant R màxima de 30 mm. Any 2013



www.mediambient.ad