



Govern d'Andorra

**ESTUDI PER A L'ELABORACIÓ
ANYAL DEL BALANÇ HÍDRIC DEL
PRINCIPAT D'ANDORRA
- ANY 2015 -**

(PERÍODE 2013-2018)



Agost 2016



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
5	TRETS GENERALS DE LA PLUVIOMETRIA DE L'ANY HIDROLÒGIC 2015	10
6	TRETS GENERALS DE LA TEMPERATURA DE L'ANY HIDROLÒGIC 2015.....	11
7	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
10	CONCLUSIONS	23
11	BIBLIOGRAFIA.....	24
12	ANNEX DE DOCUMENTACIÓ. Càlcul del balanç hídric	25
12.1	Càlcul de l'evapotranspiració.....	26
12.1.1	Generalitats.....	26
12.1.2	Aplicació del mètode empíric de Thornthwaite.....	26
12.2	Càlcul de la pluja útil	29
12.3	Estimació del dèficit hídric.....	29
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 2015 respecte la mitja calculada en l'*Estudi per a l'elaboració anyal del balanç hídric del Principat d'Andorra. Període 1971-2000* (Govern d'Andorra, 2015), i finalment establir un model de distribució de la pluja útil o excedents hídrics del 2015 del territori andorrà mitjançant un balanç hídric de l'any hidrològic comprès entre l'1 de gener i el 31 de desembre del 2015.

2 INTRODUCCIÓ

De cara a elaborar el model de precipitació i temperatura de l'any 2015, s'han recollit els registres termopluviomètrics 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.

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.

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 termopluviomètrics 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	$T_{període} \leq -3^{\circ}\text{C}$

Taula 1. Classificació climàtica segons el SMC

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.

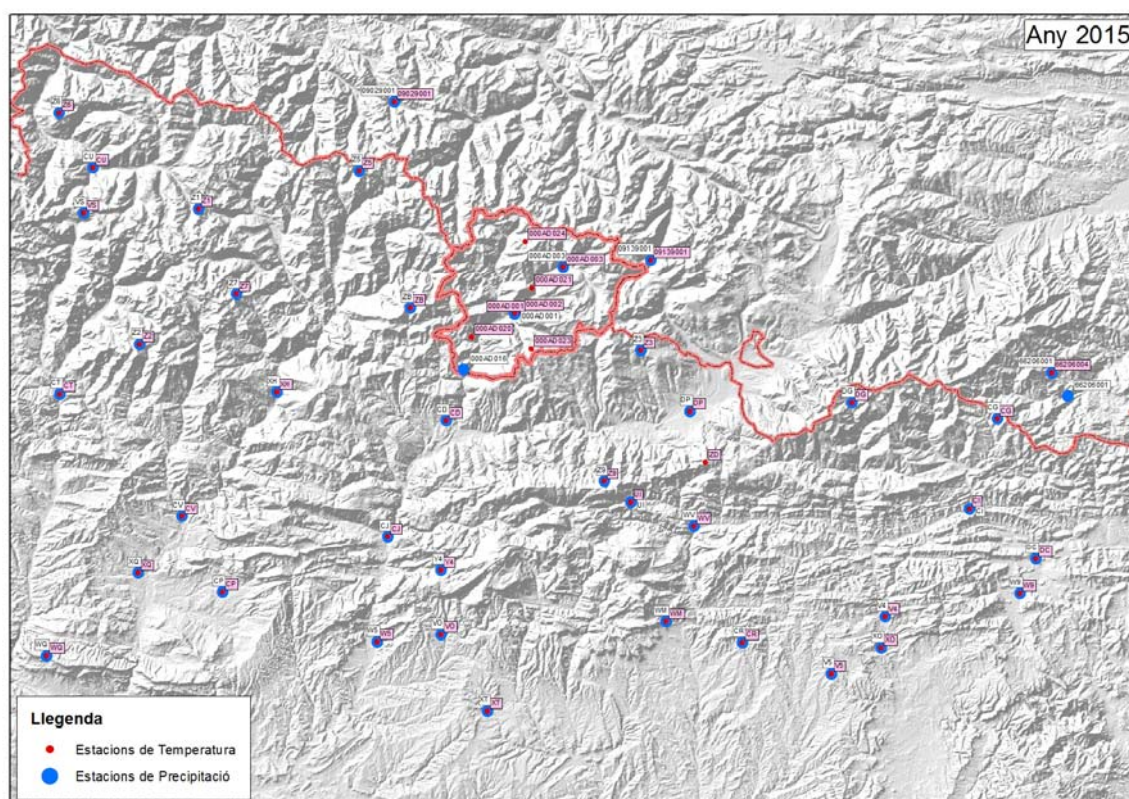


Figura 1. Ubicació de les estacions utilitzades en el balanç hídric per al període 2015.

Per a l'elaboració del balanç hídric del període 2015 han estat utilitzades una quarantena d'estacions meteorològiques amb dades de Precipitacions i temperatura.

Les estacions seleccionades es troben, com a màxim, a 90km de distància del centre del país.

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

ESTACIO	NOM_ESTACIO_T	mesos
000AD001	Central	12
000AD002	Engolasters	12
000AD003	Ransol	12
000AD020	Aixàs_CEMNA	12
000AD021	Bony de les Neres_CENMA	9
000AD023	Perafita_CENMA	12
000AD024	Sorteny_CENMA	3
09029001	AULUS-LES-BAINS	12
09139001	L'HOSPITALET1	11
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
Y4	Alinyà	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
ZD	Tossa d'Alp	12

ESTACIO	NOM_ESTACIO_P	mesos
000AD001	Central	12
000AD003	Ransol	12
000AD016	Pardines	12
09029001	AULUS-LES-BAINS	12
09139001	L'HOSPITALET1	10
66206004	Le tech, La llau	12
66206001	LE TECH-EDF	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
Y4	Alinyà	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

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

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 2015, tant del Principat d'Andorra com de territoris veïns.

Les dades de base generalment consisteixen en dades diàries o en minutals. En el cas de dades minutals, es procedeix a obtenir el valor màxim i mínim del dia. Amb les dades de temperatura mínima i màxima es calcula més tard, la mitjana mensual de la temperatura mínima (T_n) i màxima (T_x) 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 de temperatura 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.

D'aquesta manera, les dades de base per a desenvolupar els mapes climatològics i el posterior balanç hídric són temperatures mínimes i màximes mensuals (T_n i T_x), 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 (T_n , T_x 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 (T_n , T_x 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 (T_n , T_x 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.

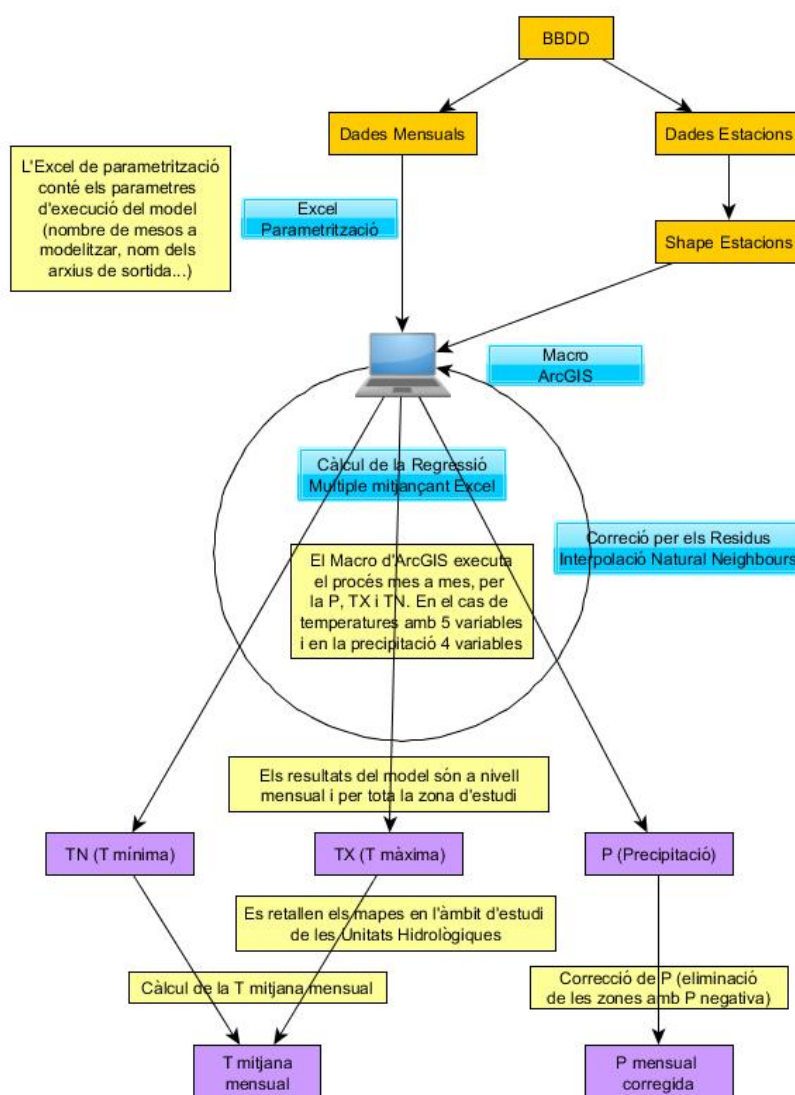


Figura 2. Diagrama de flux esquemàtic del funcionament del model.

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.

5 TRETES GENERALS DE LA PLUVIOMETRIA DE L'ANY HIDROLÒGIC 2015

L'any 2015 presenta una pluviometria mitja de 1015 mm (límit administratiu). Els valors màxims, superiors als 1000 mm es detecten en les capçaleres del Madriu, Valira del Nord i Orient, i els valors mínims, inferiors als 600 mm es detecten al sud oest del país.

En la **figura 3** es mostra el model de distribució de les precipitacions de l'any 2015.

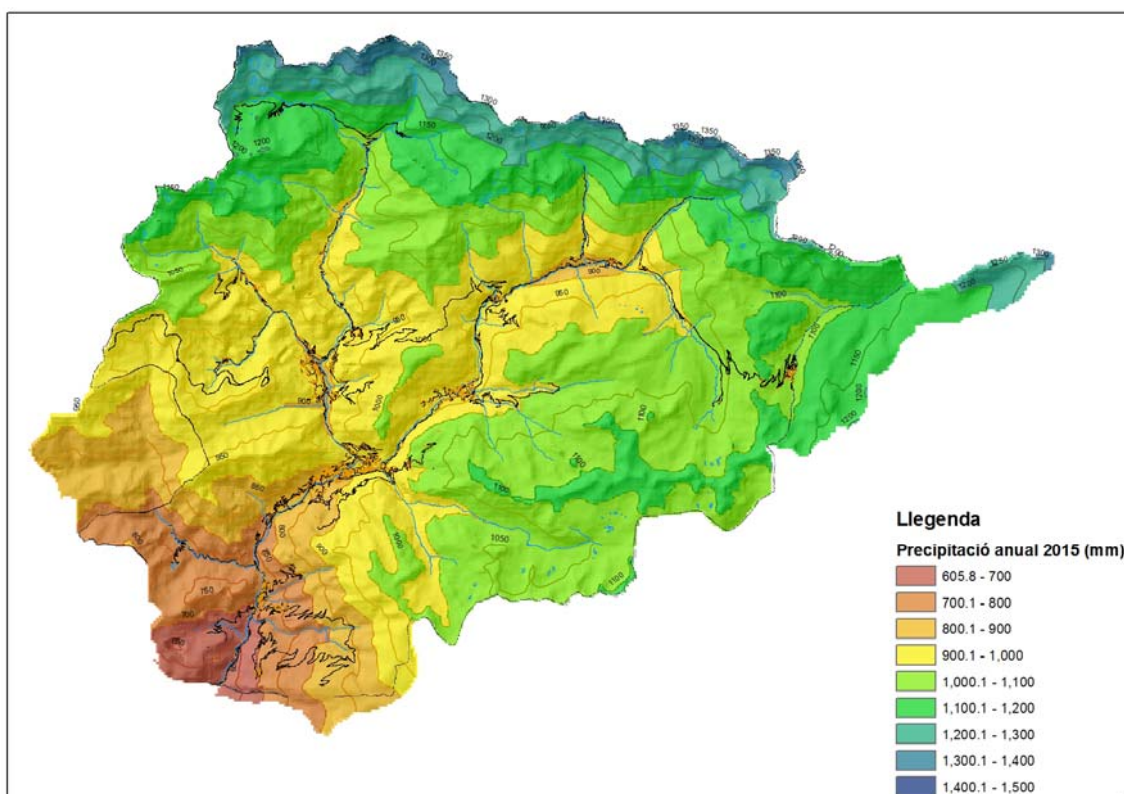


Figura 3. Mapa d'isoietes de les precipitacions acumulades el 2015.

Si es comparen les precipitacions acumulades el 2015 amb la mitjana climàtica de 30 anys – sèrie 1971-2000- (valorat amb 959 mm), s'observa que es tracta d'un any normal a la meitat nord i sud del país, amb l'excepció del sector de Ransol i sector de les Pardines on les pluges han estat inferiors. A la resta del país les pluges s'estimen per sobre la mitjana.

En la **figura 4** es mostra el resultat de relacionar les precipitacions del 2015 amb la mitjana climàtica.

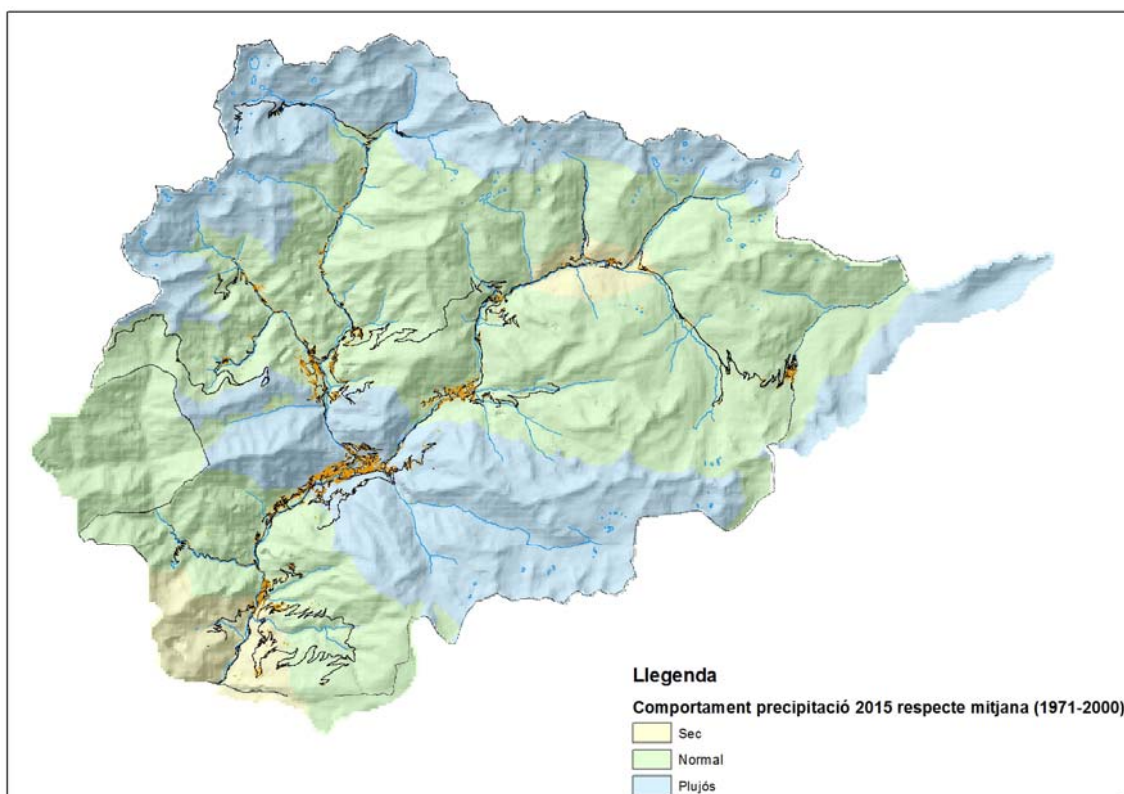


Figura 4. Mapa comparatiu de les quantitats acumulades registrades el 2015 i els corresponents valors mitjans.

En base als informes del 2015 del Servei meteorològic català, en les comarques del Pirineu i Prepirineu que limiten amb el Principat, les precipitacions han estat normals respecte a la mitja, amb valors entre 750 i 1150 mm.

El butlletí climàtic d'Andorra (Govern d'Andorra i Institut d'Estudis Andorrans, 2016:) indica que el 2015 ha estat un any normal.

6 TRETOS GENERALS DE LA TEMPERATURA DE L'ANY HIDROLÒGIC 2015

L'any 2015 presenta una temperatura mitja anual de 6.03°C, amb valors que oscil·len entre els +1.2 i els +13°C. Els valors mínims es detecten en el terç nord i est del Principat coincidint amb alta muntanya i les temperatures màximes es detecten en els fons de vall i sud del país.

En la **figura 5** es mostra el model de distribució de les temperatures de l'any 2015.

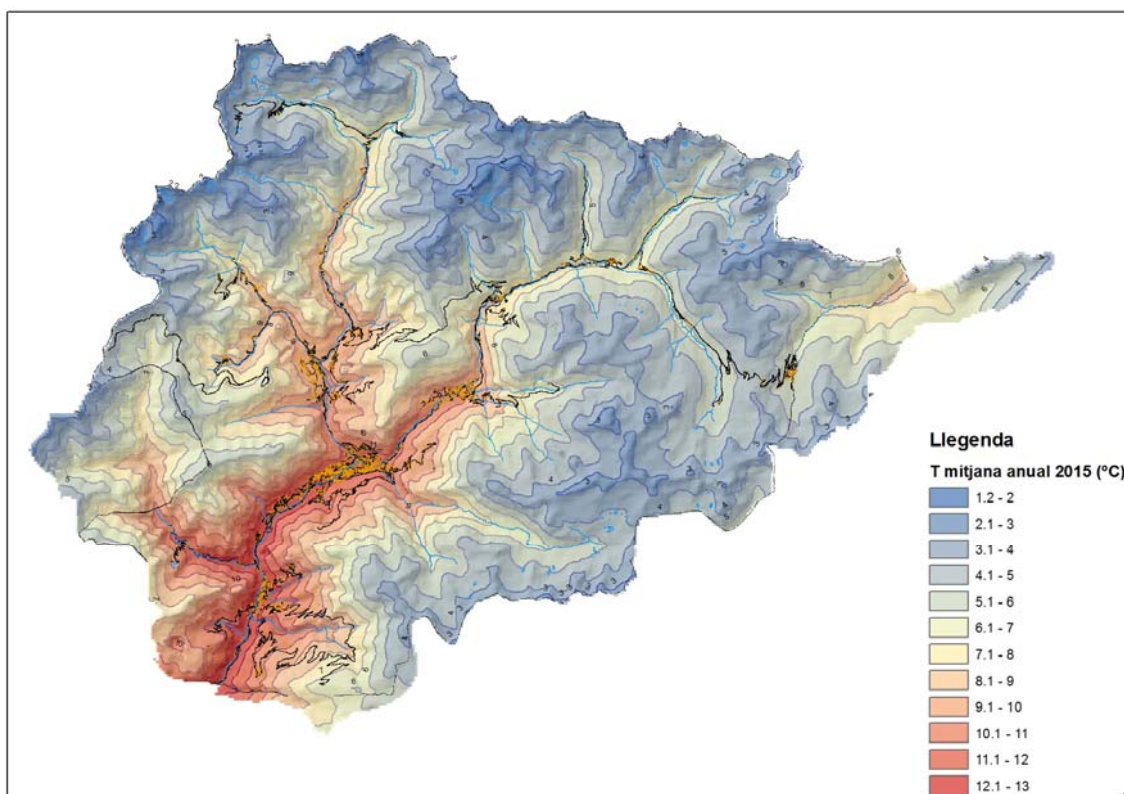


Figura 5. Mapa de distribució de les temperatures mitges del 2015

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 2015 han estat càlides al fons de les valls i normals en capçaleres.

En la **figura 6** es mostra la relació entre la temperatura estimada pel 2015 i la mitjana climàtica.

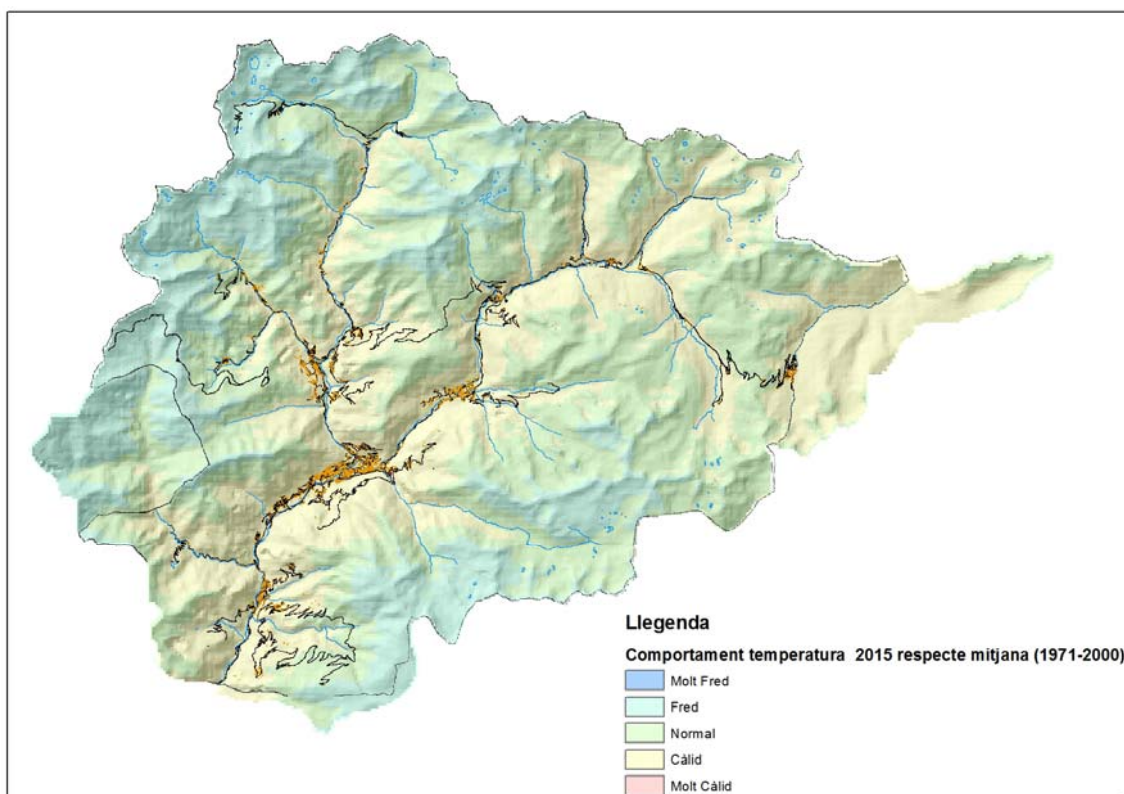


Figura 6. Mapa de les diferències de temperatura de l'any 2015 respecte la mitja.

En base als informes del 2015 del Servei meteorològic català, en les comarques del Pirineu i Prepirineu que limiten amb el Principat, les temperatures han estat superiors a la mitja, essent un any càlid.

El butlletí climàtic d'Andorra (Govern d'Andorra i Institut d'Estudis Andorrans, 2016)) indica que el 2015 ha estat un any càlid.

7 CÀLCUL DEL BALANÇ HÍDRIC

De cara a estimar els recursos hídrics del 2015, 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:

$$P = ETR + Pu \pm \Delta R \dots\dots\dots(2)$$

on:

P=Precipitació total: sòlida i líquida

ETR= Evapotranspiració real

Pu=Pluja útil o excedents

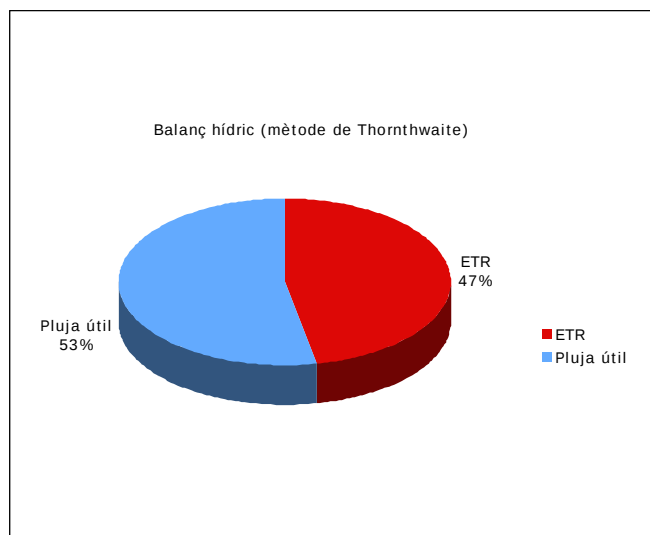
ΔR =Variació reserva d'aigua en el sòl

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
6.03°C	1015.05 mm	478.15mm	542.48 mm	-5.58 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 1015 mm/any. Les sortides al sistema es distribueixen en evapotranspiració, pluja útil i variació anual de la reserva d'aigua del sòl. Aquest 2015 la reserva queda parcialment buida. En l'**Annex 12.4** es mostra l'evolució històrica de la reserva.

Segons el mètode de Thornthwaite, l'evapotranspiració (ETR) suposa el 47% mentre que la pluja útil representa el 53%. 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 2015 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.

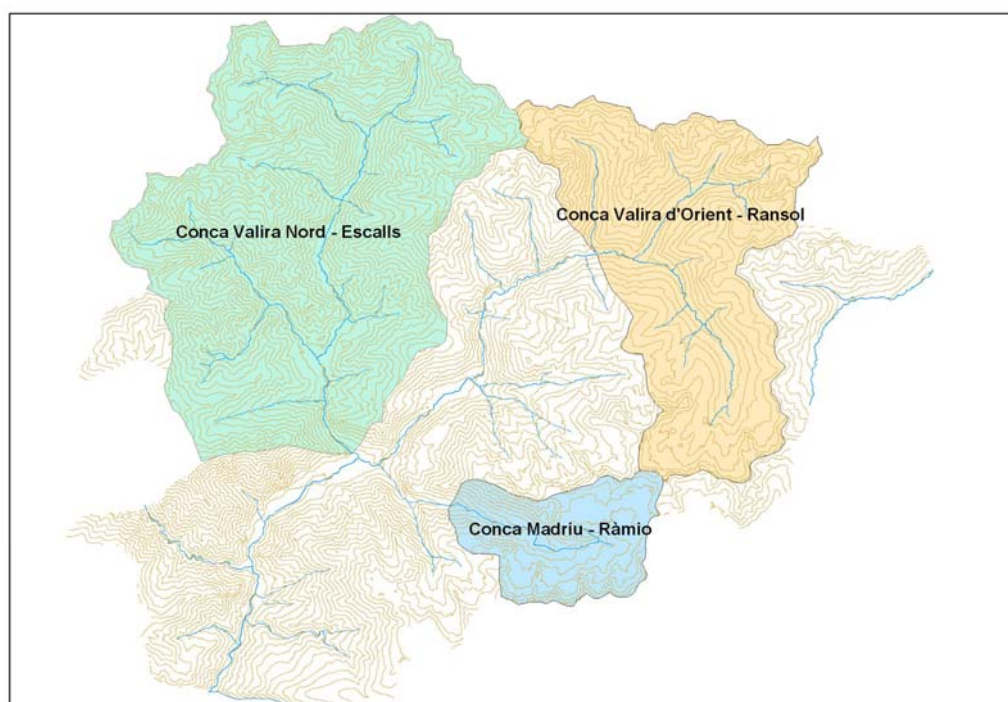


Figura 8.. Mapa de situació de les conques estudiades de Valira Nord – Escalls, Conca Valira Orient Ransol i Conca Ràmiu – Madriu.

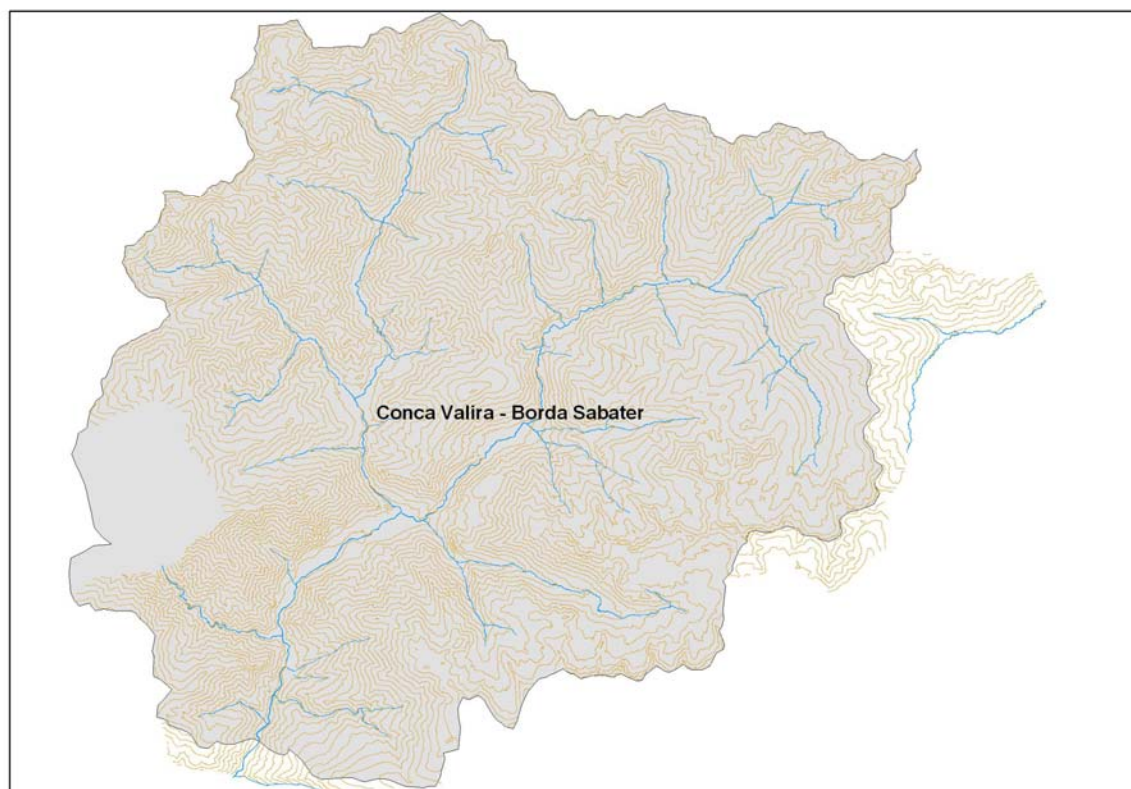


Figura 9. Mapa de situació de la conca Valira – Borda Sabater.

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 2015, segons dades facilitades pel ministeri responsable del medi ambient, és de 0.42 m³/s. El cabal del riu Gran Valira durant el 2015 ha estat de 11.6 m³/s. Aquest cabal, sumat amb el procedent de l'EDAR, suposa uns 12.02 m³/s, o sigui 379 Hm³/any, que repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 850 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 6.15 m³/s, o sigui 194 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 1331 L/m²*any.

El cabal del riu Valira d'Orient a Ransol, segons dades facilitades per FEDA es calcula que és d'uns 2.88 m³/s, o sigui 91 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 1110 L/m²*any.

El cabal del riu Madriu, segons dades facilitades per FEDA es calcula que és d'uns 0.46 m³/s, o sigui 14 Hm³/any. Aquest cabal, repartit per la superfície de la conca hidrogràfica suposa 552 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	12.02	6.15	2.88	0.46
	Cabals Hm ³ /any	379.06	193.95	90.93	14.38
	Cabal específic (Qe) L/m ² *any	850.35	1331.32	1110.80	552.02
Mètode de Thornthwaite	Pluja útil estimada L/m ² *any	538.92	578.78	654.85	638.52
	Variació respecte Cabal Qe (%)	37	57	41	-16

Taula 6. Resum dels cabals registrats durant el 2015 en diferents conques hidrogràfiques i pluja útil estimada per cada conca.

La pluja útil calculada mitjançant el mètode de Thornthwaite és molt diferent a la mesurada (en base als cabals) en el cas de les conques d'alta muntanya, amb valors de cabals aforats molt superiors als estimats. En canvi en conques de situació orogràficament més intermitja, com és el cas del Madriu i del Gran Valira, s'obtenen valors més similars.

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, i Central FEDA) 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 2015 d'uns 541 Hm³/any, calculats mitjançant el balanç hídric amb el mètode de Thornthwaite, i d'aquests, 487 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 2015 representa uns 542 Hm³/any. D'aquests, 486 Hm³/any serien disponibles, reservant-se el 10% com a cabals "ecològic".

Nom	Superfície (m2)	ETR (mm)	Excedents (mm)	P (mm)	T (°C)	Precipitació (Hm3/any)	ETR (Hm3/any)	Excedents (Hm3/any)	Cabal disponible (Hm3/any)	Precipitació respecte mitjana (%)	Temperatura respecte mitjana (°C)	Comportament segons P	Comportament segons T
Arinsal	16,551,735.91	430.71	641.79	1069.59	4.29	17.70	7.13	10.62	9.56	111.33%	-1.09	Plujós	Molt Fred
Ariège	45,628,658.41	462.87	684.89	1142.25	5.27	52.12	21.12	31.25	28.13	108.23%	0.77	Normal	Càlid
Coll de la Gallina	17,321,678.00	527.98	228.00	749.72	9.07	12.99	9.15	3.95	3.55	90.92%	0.69	Normal	Càlid
Conca d'Erts	15,149,624.07	522.56	446.65	958.65	7.12	14.52	7.92	6.77	6.09	108.24%	-0.04	Normal	Normal
Conca de Setúria	6,664,367.23	471.29	506.48	963.20	5.14	6.42	3.14	3.38	3.04	108.88%	-1.13	Normal	Molt Fred
Cubeta Encamp	768,145.17	593.61	355.82	936.31	10.21	0.72	0.46	0.27	0.25	103.58%	1.68	Normal	Càlid
Cubeta d'Andorra	2,268,308.61	611.86	246.80	851.91	12.19	1.93	1.39	0.56	0.50	109.80%	2.01	Normal	Càlid
Cubeta d'Incles	399,509.12	522.12	509.88	1027.26	6.62	0.41	0.21	0.20	0.18	96.67%	1.27	Normal	Càlid
Dels Orris	12,728,986.14	475.96	550.71	1019.76	5.64	12.98	6.06	7.01	6.31	102.81%	0.45	Normal	Normal
El Forn	2,632,292.26	517.45	444.53	950.42	6.56	2.50	1.36	1.17	1.05	95.26%	0.81	Normal	Càlid
Encamp	9,831,249.34	520.45	458.72	971.61	7.32	9.55	5.12	4.51	4.06	102.09%	0.68	Normal	Càlid
Enclar	16,449,982.02	542.98	323.45	861.56	9.33	14.17	8.93	5.32	4.79	106.00%	0.79	Normal	Càlid
Engolasters-Pessons	23,004,376.30	464.51	603.22	1061.55	5.79	24.42	10.69	13.88	12.49	111.37%	0.32	Plujós	Normal
Estall Serrer	256,289.80	494.38	539.64	1017.95	6.14	0.26	0.13	0.14	0.12	111.07%	-0.05	Plujós	Normal
Juclar	17,448,266.46	436.10	778.03	1213.53	4.32	21.17	7.61	13.58	12.22	110.41%	0.59	Plujós	Càlid
La Bartra	227,795.13	595.67	362.20	952.32	10.91	0.22	0.14	0.08	0.07	110.07%	1.87	Plujós	Càlid
La Cortinada-Sornàs	240,503.74	581.91	353.51	925.61	9.19	0.22	0.14	0.09	0.08	104.33%	0.94	Normal	Càlid
Llorts - Arans	434,935.60	572.81	389.79	954.97	8.75	0.42	0.25	0.17	0.15	103.91%	0.81	Normal	Càlid
Madriu	40,121,360.95	441.51	603.62	1041.16	5.15	41.77	17.71	24.22	21.80	112.80%	-0.28	Plujós	Normal
Montmalús	7,594,231.04	404.23	695.23	1095.55	4.03	8.32	3.07	5.28	4.75	110.26%	-0.14	Plujós	Normal
Ordino	16,960,118.50	525.01	462.80	976.74	6.97	16.57	8.90	7.85	7.06	104.62%	0.36	Normal	Normal
Padern	6,040,215.34	578.87	388.26	956.47	9.66	5.78	3.50	2.35	2.11	113.59%	1.10	Plujós	Càlid
Pardines	5,125,714.31	514.23	140.80	655.42	10.53	3.36	2.64	0.72	0.65	79.94%	0.91	Sec	Càlid
Pla de l'Inglà	96,831.14	466.44	577.14	1034.99	5.61	0.10	0.05	0.06	0.05	111.23%	-0.27	Plujós	Normal
Prat Primer	13,956,181.56	529.93	393.83	916.41	8.65	12.79	7.40	5.50	4.95	109.84%	1.02	Normal	Càlid
Pui Olivesa - Runer	400,975.76	563.16	89.78	644.55	12.82	0.26	0.23	0.04	0.03	81.32%	1.73	Sec	Càlid
Riu Muntaner	6,750,482.65	529.40	415.45	936.03	7.89	6.32	3.57	2.80	2.52	112.94%	0.66	Plujós	Càlid
Ràmio	231,213.47	539.73	456.95	983.43	8.45	0.23	0.12	0.11	0.10	112.90%	0.90	Plujós	Càlid
Salines	18,401,587.26	463.37	614.59	1073.24	5.05	19.75	8.53	11.31	10.18	108.32%	-0.37	Normal	Normal
Sant Julià	33,250,793.13	513.95	314.19	823.20	8.18	27.37	17.09	10.45	9.40	96.58%	0.15	Normal	Normal
Sornàs-Pont d'Ordino	259,304.35	601.75	318.80	905.99	9.64	0.23	0.16	0.08	0.07	104.92%	1.01	Normal	Càlid
Valira del Nord	45,880,845.18	441.78	754.04	1193.92	4.33	54.78	20.27	34.60	31.14	114.38%	-0.40	Plujós	Normal
Òs de Civís	22,777,602.33	484.17	402.46	879.54	6.09	20.03	11.03	9.17	8.25	103.68%	-0.82	Normal	Molt Fred
Coma Ransol	98,512.69	506.51	561.24	1061.70	6.09	0.10	0.05	0.06	0.05	101.73%	1.06	Normal	Càlid
Valira d'Orient	77,701,776.81	448.85	612.57	1057.87	4.52	82.20	34.88	47.60	42.84	100.99%	0.39	Normal	Normal
Montaup	16,994,092.97	464.34	543.78	1002.88	4.98	17.04	7.89	9.24	8.32	99.32%	-0.08	Normal	Normal
Cubeta Montaup	286,720.34	470.50	500.05	964.49	5.16	0.28	0.13	0.14	0.13	93.56%	0.62	Normal	Càlid
Aldosa	7,713,967.17	540.49	426.00	954.84	8.00	7.37	4.17	3.29	2.96	107.78%	0.66	Normal	Càlid
Conca de Sispony	11,643,664.71	525.06	418.22	931.51	7.28	10.85	6.11	4.87	4.38	109.56%	-0.01	Normal	Normal
Cubeta de la Massana	1,970,611.14	589.85	322.29	900.11	9.77	1.77	1.16	0.64	0.57	107.88%	0.96	Normal	Càlid
Nous Límits	522,263,506.11	478.27	541.39	1013.47	6.02	529.30	249.79	282.75	254.48	105.98%	0.19	Normal	Normal
Límits administratius	467,000,000.00	478.15	542.49	1015.05	6.03	474.03	223.30	253.34	228.01	105.94%	0.21	Normal	Normal

Taula 7. Resum balanç hídric de les unitats hidrogeològiques

La disminució de les precipitacions i l'augment de la temperatura ha donat lloc a un augment de l'evapotranspiració i una disminució de la pluja útil. Aquest fet corrobora el caràcter normal i sec de l'any 2015. 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.

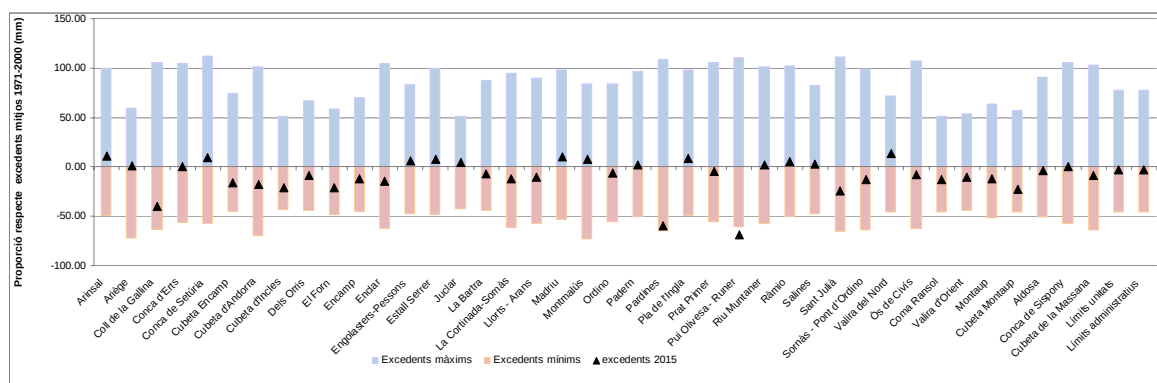
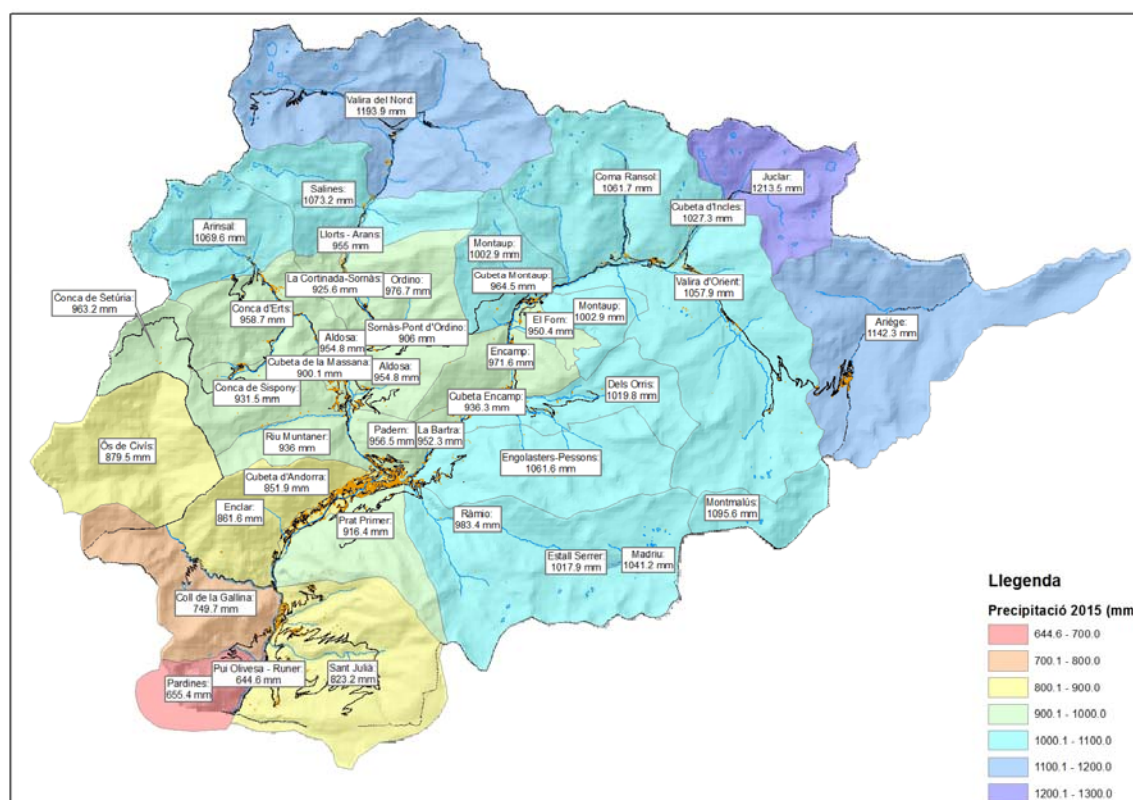


Figura 10. Mapa de distribució de les precipitacions en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007

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:



La unitat hidrogeològica de Juclar és la que ha registrat valors màxims, amb valors superiors a 1200mm. Per contra, les unitats de Pardines i Pui d'Olivesa-Runer, presenten valors per sota dels 600 mm.

En relació a l'ETR, es tenen valors màxims en unitats del fons de vall, a la cubeta d'Andorra la Vella i Unitat de Padern i la Bartra, amb valors superiors als 600mm, i els valors mínims se situen en les unitats de capçalera com Montmalús, amb valors inferiors als 450 mm.

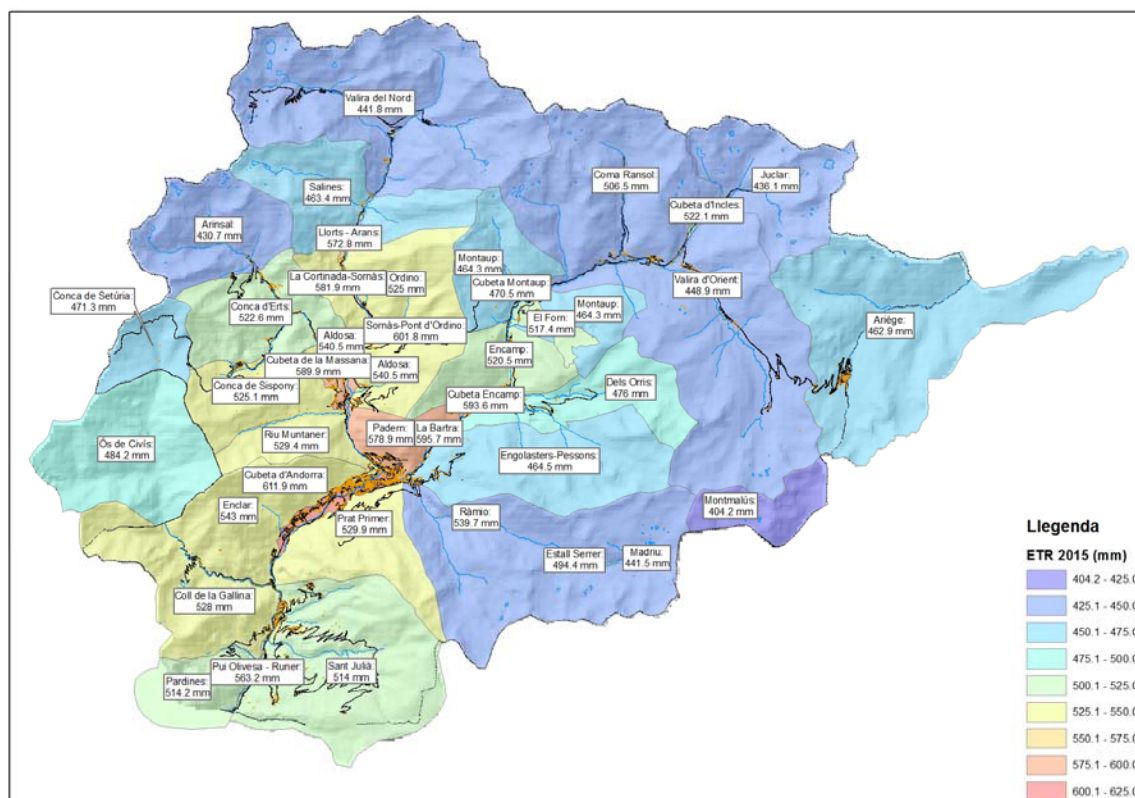


Figura 12. Mapa de distribució de l'ETR en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007

Les unitats hidrogeològiques amb majors excedents són les ubicades al nord del país, amb valors estimats superiors 750 mm a Juclar. Les unitats amb excedents menors, per sota dels 100 mm, 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 Hm^3/any , que s'haurien de registrar en els torrents de les conques hidrogràfiques analitzades: Valira del Nord, Valira d'Orient, Gran Valira, Ariège, i la Llosa.

Excedents estimats (Hm^3/any)				
Valira d'Orient	Valira del Nord	Gran Valira*	Ariège	La Llosa
122.3	85.4	39.6	31.2	5.3

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

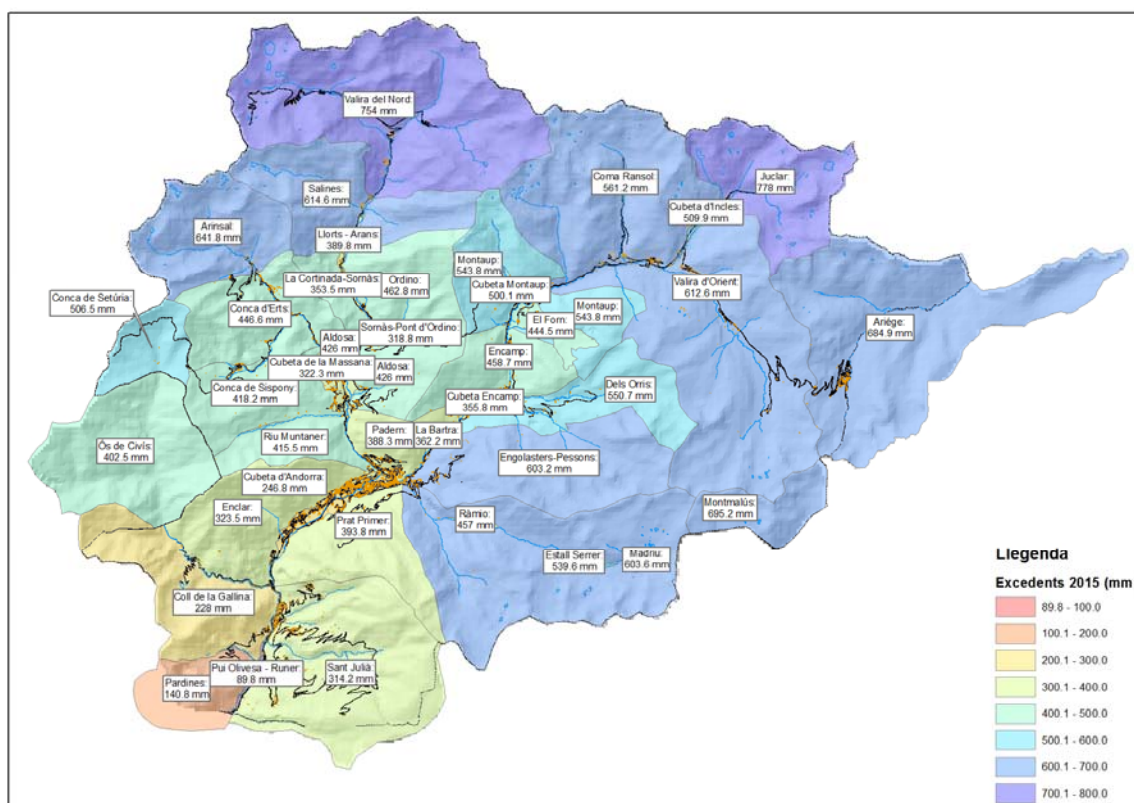


Figura 13. Mapa de distribució de la pluja útil en les diferents unitats hidrogeològiques descrites en l'estudi del M.I. Govern, 2007

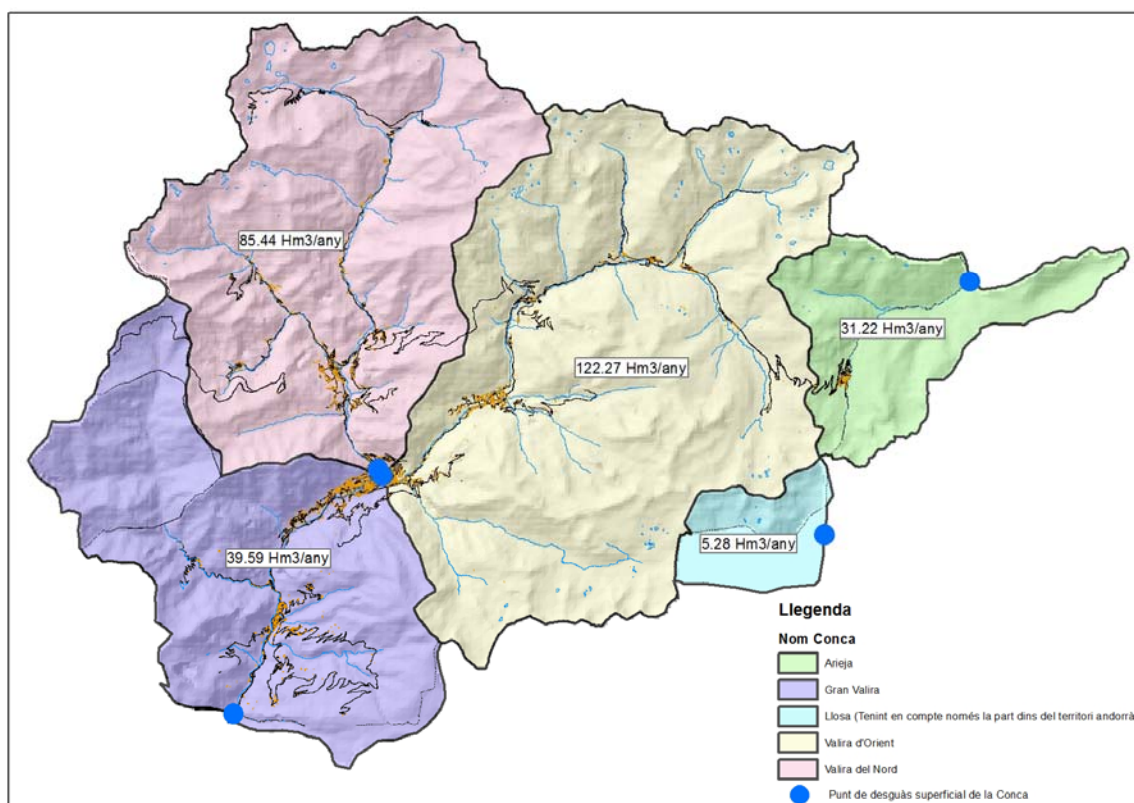


Figura 14. Mapa de distribució de la pluja útil en les diferents unitats hidrològiques

10 CONCLUSIONS

El mòdul de precipitació mig del territori estudiat s'estima que és de 1015mm quan la mitja de 30 anys és d'uns 959mm. El 2015 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 2015 s'estima que ha estat de 6.03°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 càlid**.

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 2015 d'uns 283 Hm³/any, calculats mitjançant el balanç hídric amb el mètode de Thornhwaite, i d'aquests, 254 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 2015 representa uns 253 Hm³/any. D'aquests, 228 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 300 mm/any.

11 BIBLIOGRAFIA

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

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

Govern d'Andorra i Institut d'Estudis Andorrans, 2016: Butlletí climàtic any 2015. Principat d'Andorra

Servei meteorològic de Catalunya (2016). Butlletí climàtic de l'any 2015

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, 2 d'agost del 2016

12 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 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 **8.6mm** 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 2015 s'inicia amb la reserva del desembre del 2014, que era de **8.3mm** i finalitza el desembre del 2015 amb la reserva a **2.0 mm**.

El mapa de distribució de l'ETR anual (**Figura 15**) presenta valors màxims de 611 mm, mínims de 404 mm i valors mitjos de 478 mm en el cas de reserva variable. L'ETR es troba condicionada per la temperatura, i l'aigua disponible, ja sigui en forma de precipitacions o bé en forma de reserva en el sòl. Els valors 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.

Per contra, les zones amb alta ETR acostumen a aparèixer en els fons de valls, on tant la temperatura com la reserva del sòl és més elevada, tot i tenir precipitacions significativament inferiors respecte a cotes altes.

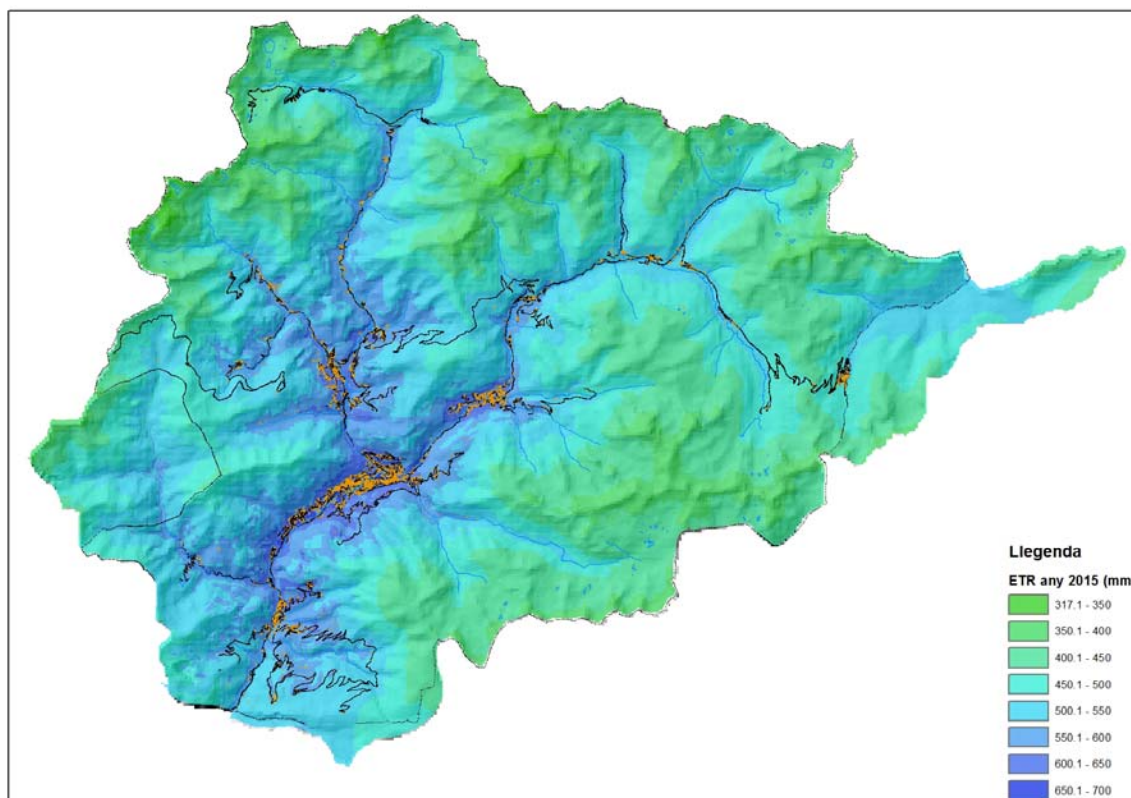


Figura 15. : Mapa de distribució de l'ETR

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**).

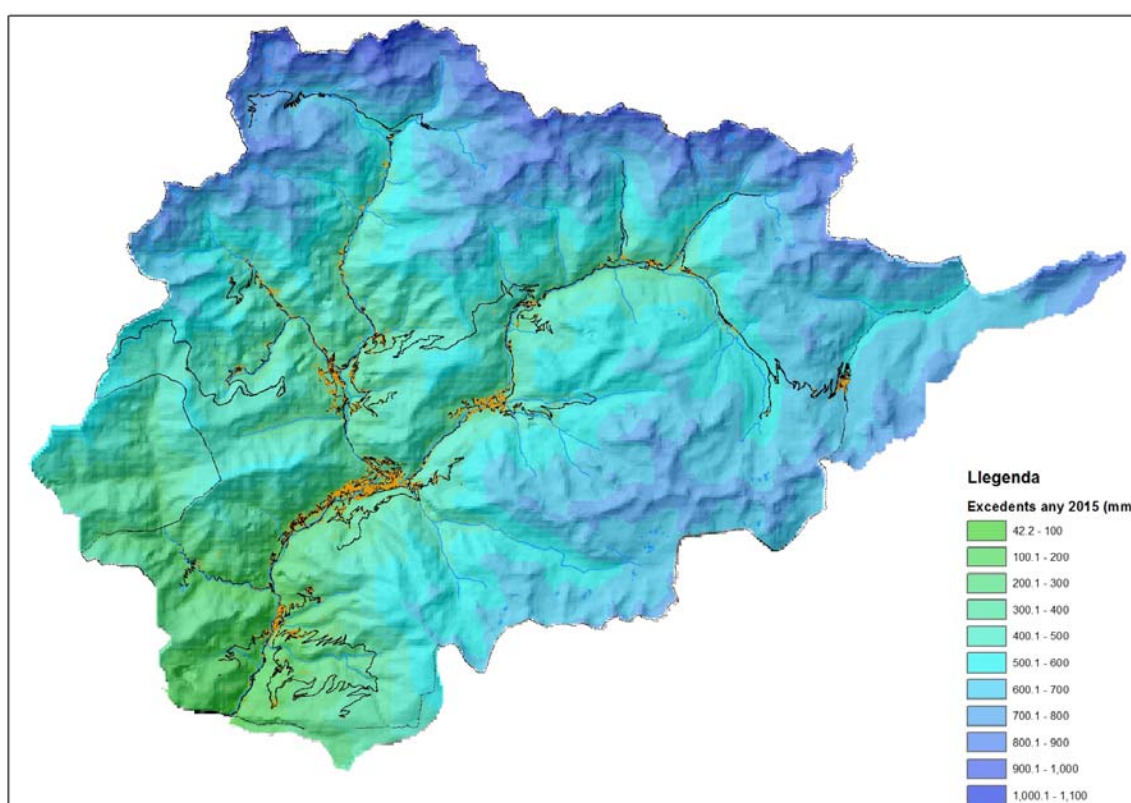


Figura 16. Mapa de distribució de la pluja útil o excedents estimats per l'any 2015

La pluja útil o excedents estimats presenten un valor mig de 542 mm. Els valors màxims s'ubiquen a l'extrem nord i est del país, coincidint amb sectors emplaçats en cotes altes, amb una major precipitació, menor 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 25 mm en la quasi totalitat del territori. Només en el sector més meridional s'estimen valors superiors, de fins a 220 mm.

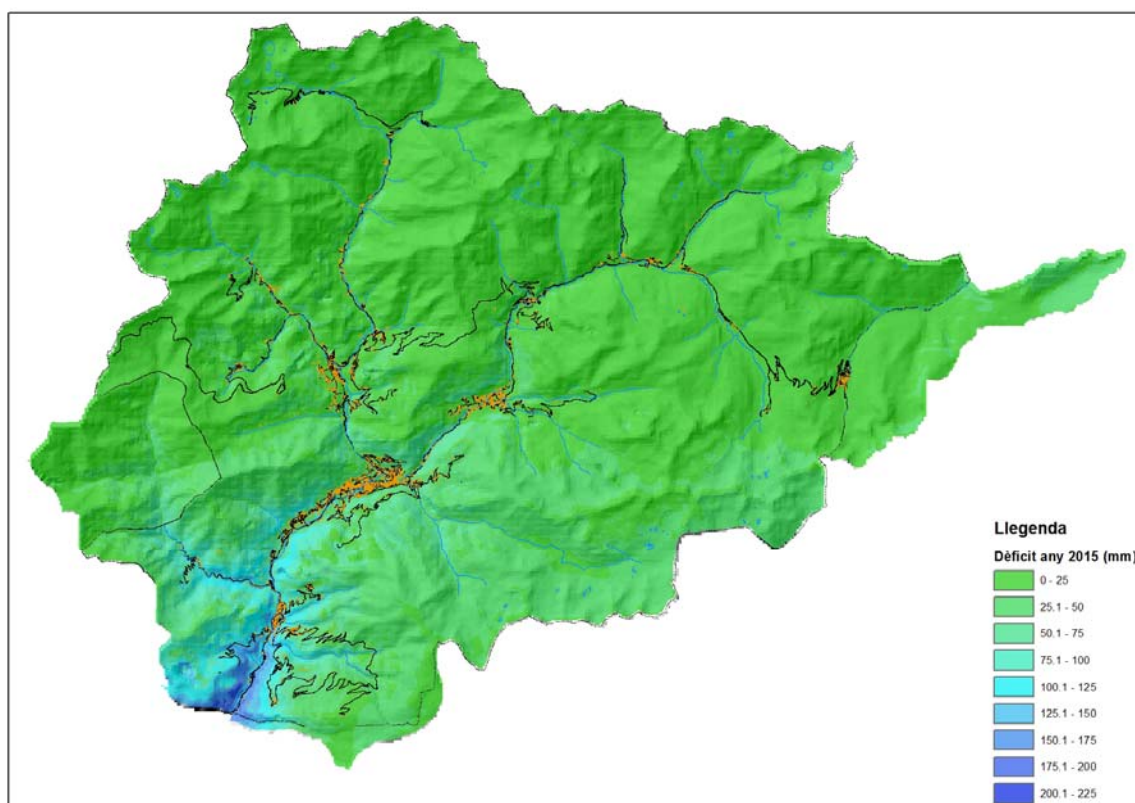
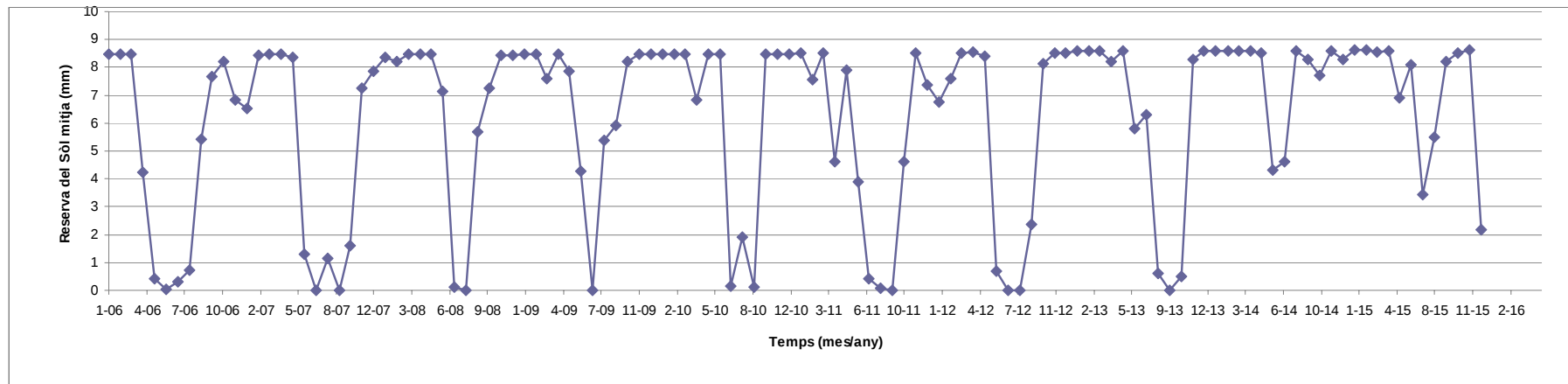


Figura 17. Mapa de distribució dels dèficits estimats per l'any 2015. R= variable, seguint el mètode de Thornthwaite. El mètode de càlcul ha consistit en la diferència entre ETP i ETR quan no hi ha reserva disponible.

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, 2012, 2014 i 2015.



Any	Variació de la reserva (mm)
2006	-1.63
2007	1.37
2008	0.09
2009	0
2010	0
2011	-1.15
2012	1.78
2013	0
2014	-0.3
2015	-6.4

Figura 18. Evolució de la reserva mitjana mensual d'aigua del sòl des del 2006 fins al desembre del 2015. Dades obtingudes del balanç hídric efectuat a nivell de límit administratiu (S=467.7Km²)

NOTA: Aquest valor de reserva es calcula en base al càlcul del balanç hídric. Cal saber que el ràster de precipitació (P) és d'una mida de cel.la de 100 x 100, en canvi el ràster del balanç (on hi intervé la ETR, els excedents, la reserva) està fet a 27 x 27, per tant es tracta de dades que no són totalment equiparables. Així quan agafem la mitjana de P al territori no l'estem agafant exactament de la mateixa zona de la que calculem els altres paràmetres del balanç, pel que poden existir diferències, com ara a l'hora de calcular la diferència de reserva, variant segons si es calcula directament amb els ràsters del balanç o obtingut directament com a la resolució de l'equació 1-taula 4.

12.5 COMPROVACIÓ RESULTATS

valor	ransol		central-feda	
	model	manual	model	manual
etr_00	535.84	579.77	609.19	653.8
etr_01	0.00	0.00	11.23	10.9
etr_02	0.00	0.00	4.41	3.8
etr_03	18.41	20.59	31.12	33.8
etr_04	38.30	40.73	48.87	52.3
etr_05	65.05	71.93	76.76	86.2
etr_06	88.01	96.65	99.86	111.2
etr_07	117.03	134.56	109.13	93.6
etr_08	89.07	91.18	100.28	102.2
etr_09	57.70	64.12	65.02	72.1
etr_10	36.34	40.15	41.57	46.2
etr_11	21.57	19.71	28.51	29.1
etr_12	4.35	0.16	16.60	12.2
excedents_00	328.82	280.90	373.53	337.6
excedents_01	47.64	47.60	27.71	28.24
excedents_02	110.38	110.50	73.66	74.37
excedents_03	1.45	0.00	0.00	0.00
excedents_04	27.89	24.19	25.43	19.02
excedents_05	0.00	0.00	0.00	0.00
excedents_06	1.18	0.00	85.43	66.98
excedents_07	0.00	0.00	0.00	0.00
excedents_08	0.00	0.00	0.00	0.00
excedents_09	7.36	0.00	19.76	11.05
excedents_10	25.36	0.00	37.77	33.98
excedents_11	107.55	95.70	103.77	103.92
excedents_12	0.00	2.94	0.00	0.00
reserva desembre 2014		42.70		12.02
reserva_01	44.24	42.72	10.30	12.02
reserva_02	44.24	42.72	10.30	12.02
reserva_03	44.24	41.63	9.31	7.88
reserva_04	44.24	42.72	10.30	12.02
reserva_05	28.38	19.69	6.88	0.00
reserva_06	44.24	27.04	10.30	12.02
reserva_07	38.31	3.78	0.00	0.00
reserva_08	36.85	0.00	0.62	0.00
reserva_09	44.24	7.98	10.30	12.02
reserva_10	44.24	29.33	10.30	12.02
reserva_11	44.24	42.72	10.30	12.02
reserva_12	42.96	42.72	0.00	0.00

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. Any 2015



www.mediambient.ad