

# **Comportament de l'aigua subterrània a la vall Salada de Cardona**

Memòria realitzada per:  
Josep Font Soldevila  
per optar al grau de Doctor per la UPC

Director de tesi:  
Josep Maria Mata-Perelló

Programa de doctorat:  
Recursos Naturals i Medi Ambient

**Departament d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals**  
Universitat Politècnica de Catalunya

Manresa, novembre de 2005

### 3.4. Climatologia

#### Índex

3.4. Climatologia.....	149
3.4.1. Introducció a la climatologia.....	150
3.4.2. Pluviometria .....	150
3.4.3. Instal·lació d'un pluviògraf i limnígraf .....	152
3.4.4. Diagrama ombrotèrmic .....	153
3.4.5. Balanç d'aigua segons precipitació i evapotranspiració.....	154

### 3.4.1. Introducció a la climatologia

En aquest capítol es tracta de situar climatològicament la vall Salada i de donar dades relatives a l'aportació d'aigua directament per les precipitacions. S'ha de considerar que el fi darrer de la climatologia, pel que fa a aquest treball, és la recàrrega dels aquífers que intervenen en la vall. Per això es diferencien dos períodes de temps diferents pel que fa al comportament hidrogeològic; la separació d'aquests dos períodes correspon a abans del 1998 (UPC 1997) o després de l'entrada d'aigua a la mina amb motiu de l'accident del 1998. Per aquesta raó i per la disponibilitat de dades en el temps, aquestes s'aplicaran de manera diferent.

Les dades utilitzades (UPC 1997) han estat subministrades per l'Institut Nacional de Meteorologia (INM), l'arxiu de la mina de Súria, el Departament de Física Aplicada de l'Escola Universitària Politècnica de Manresa (EUPM) i el Servei de Meteorologia de Catalunya.

El tipus de dades recollides per l'INM de Cardona (observatori Mitjans) són sèries pluviomètriques mensuals corresponents als períodes 1934-1938 i 1941-1947. Les dades aportades per l'Arxiu de Súria (Laboratori de Mines de Cardona) aporten sèries pluviomètriques mensuals del període 1956-1986. El Departament de Física Aplicada de la UPC aporta informació diària de les dades pluviomètriques i de temperatura del període 1991-1994. El Servei Meteorològic de Catalunya, en l'estació de Clariana de Cardener, facilita les dades diàries de pluviometria per als anys 2002 a 2004, les quals es poden relacionar amb els cabals extrets de la mina pel mateix període.

### 3.4.2. Pluviometria

Les dades aconseguides comprenen un període superior a 40 anys, que és el que recomana l'Organització Meteorològica Mundial (OMM) per fer estudis pluviomètrics fiables (MOPU 1982). Les dades de precipitacions mensuals i les mitjanes mensuals i anuals per als períodes 1937-1938, 1942-1943, 1946-1947, 1956-1986 i 1991-1994 es recullen a la taula 24.

### 3.4. Climatologia

anys	gener	febrer	març	abril	maig	juny	juliol	agost	set.	oct.	nov.	des.	Total
1937	65	12	87	65	76	169	1	62	75	211	22	3	848,0
1938	0	0	20	50	107	50	34	44	61	53	28	101	548,0
1942	10	60	37	220	3	82	30	42	144	70	22	56	775,5
1943	0	12	48	50	97	45	148	89	77	53	70	90	779,0
1946	14	0	26	50	161	110	29	108	84	128	5	4	719,0
1947	10	68	71	20	76	20	29	140	61	96	43	35	669,0
1956	31	5	111	43	89	54	12	47	64	33	43	13	544,5
1957	0	19	13	93	96	84	34	79	91	44	18	24	593,2
1958	27	0	26	22	26	12	35	60	8	23	35	107	380,0
1959	0	86	86	24	140	37	38	86	179	77	26	25	804,2
1960	34	25	68	12	10	51	79	41	63	96	36	45	561,0
1961	14	0	14	22	30	100	0	47	81	33	86	19	446,4
1962	47	35	28	76	43	34	19	23	60	61	114	0	539,3
1963	52	20	0	84	43	60	58	0	0	6	49	24	395,7
1964	2	59	20	19	82	42	81	18	29	12	56	53	472,0
1965	15	21	44	6	28	0	102	169	121	150	23	271	950,5
1966	16	0	8	25	41	17	47	22	14	40	13	0	242,5
1967	0	27	70	94	21	00	0	19	11	72	10	0	322,4
1968	0	4	15	38	23	125	2	59	21	14	102	25	428,0
1969	3	24	84	150	69	13	37	36	57	55	52	0	580,5
1970	23	0	13	8	74	28	44	1	24	86	11	29	341,0
1971	0	7	17	105	50	15	18	7	60	14	31	161	485,2
1972	38	47	29	42	101	66	28	38	106	21	32	0	547,6
1973	7	0	6	35	7	32	14	30	12	0	11	74	227,8
1974	9	8	66	15	20	13	8	0	82	58	12	0	290,9
1975	27	6	15	20	114	113	0	97	64	5	0	35	495,7
1976	4	11	6	90	38	46	15	97	108	41	12	37	504,3
1977	39	0	20	82	164	44	34	20	50	62	0	0	514,2
1978	13	26	28	61	44	50	8	0	0	14	0	23	265,8
1979	145	13	45	17	25	108	6	8	54	168	1	10	600,1
1980	16	11	18	36	52	26	21	4	11	8	49	4	254,8
1981	3	17	19	25	18	35	30	23	88	12	0	77	346,1
1982	52	83	75	30	21	75	27	61	58	55	108	0	644,9
1983	0	38	3	18	0	43	0	79	28	51	120	34	414,9
1984	0	32	88	47	101	29	1	25	21	9	153	0	505,8
1985	17	0	8	29	74	27	6	11	4	30	43	20	266,6
1986	29	27	10	51	8	1	14	34	40	47	7	16	284,4
1991	16	22	45	23	68	43	1	42	148	63	3	70	541,9
1992	43	6	37	23	129	106	75	48	136	73	18	12	704,3
1993	0	21	52	51	73	44	17	40	102	46	22	14	479,4
1994	23	40	0	33	28	17	2	25	129	173	33	3	505,0
Mitjana	20,5	21,8	36,0	48,8	60,2	50,4	28,9	45,8	64,0	57,6	37,1	36,8	507,8

Taula núm. 24. Dades pluviomètriques en mm de Cardona (UPC 1997)

Les dades pluviomètriques del període estudiat ofereixen un règim o ritme estacional de precipitacions TPEH (tardor-primavera-estiu-hivern). Aquesta distribució indica una certa continentalitat del clima de Cardona. Les precipitacions de tardor són originades per pertorbacions frontals i borrasques. Alguns fronts freds o borrasques de tardor poden ser activats per les condicions higrotèrmiques de la Mediterrània i provocar pluges torrencials. Les pluges de primavera són de tipus convectiu i afavorides per l'efecte orogràfic. Les pluges estiuenques, encara que no corresponen a un origen convectiu pur (Martín 1987), a causa de les característiques del clima mediterrani, poden ser produïdes per una certa feblesa a la zona del cinturó d'altres pressions subtropicals. Per tant, cal destacar que la majoria de les precipitacions

de l'àrea de Cardona són tempestes de tipus convectiu o frontal, les quals solen presentar una abundant precipitació en una curta durada de temps.

El resum que es dedueix de la taula anterior (UPC 1997) és el mòdul pluviomètric mitjà per a Cardona, definit com la precipitació anual mitjana, que és de 508 mm. Els valors extrems corresponen al màxim de l'any 1965, amb 950,5 mm, i el mínim de l'any 1973, amb 227,8 mm.

#### **3.4.3. Instal·lació d'un pluviògraf i limnígraf**

A la part superior del torrent Salat, aigües avall del forat Micó i al punt d'aigua núm. 19, es va instal·lar una estació automàtica d'adquisició, memorització i transmissió de dades, que prenia mesures del pluviòmetre i de l'altura del nivell d'aigua que hi havia en un aforador triangular.

L'objectiu d'aquesta instal·lació era doble. D'una banda, podia servir per enregistrar les tempestes que tinguessin lloc. Això podria haver-se utilitzat per a l'estudi d'escolament superficial a la vall. D'altra banda, aquesta instal·lació podia permetre l'enregistrament de les precipitacions futures. El resultat final va ser desolador, doncs només es van poder enregistrar poc més d'un mes, amb inclusió d'algun dia de pluja (vegeu figura núm. 97).

El manteniment gairebé diari del limnígraf, per evitar escapaments d'aigua lateral en la sal, va fer desistir la seva continuïtat. Mitjançant el limnigrama aconseguït, degut a la problemàtica que hi havia, es va creure convenient extreure cap hidrograma.

Es va escollir el forat Micó per a la ubicació del limnígraf perquè (1) porta aigua de manera gairebé contínua; (2) es troba a la capçalera de la vall; (3) l'accés és relativament fàcil, i (4) el forat Micó és un dels elements més característics i més ben coneguts de la hidrologia de la vall Salada.

Tot aquest conjunt d'aparells estava alimentat amb dues bateries de cotxe de 12 volts, que es carregaven periòdicament. Les diferents parts de què està composta l'estació són:

#### **Sensor de nivell en l'aforador triangular**

A fi de poder mesurar el nivell d'aigua, es va construir un aforador metàl·lic amb sobreexidor de forma triangular, per poder detectar d'aquesta manera els cabals petits i mitjans. El primer problema sorgeix en fer estanc un recipient dins d'unes parets de sal, per la inestabilitat i la fàcil dissolució d'aquestes parets. La solució adoptada consisteix a fer servir un segellador format per argila amb aigua saturada de sal.

La segona complicació és instal·lar un sensor que llegís des del nivell zero, que ha d'estar en la punta del triangle, fins a uns 30 cm d'altura. Això es va aconseguir mitjançant un sensor de nivell per ultrasons, sèrie DUA, de la casa comercial MCS, ja que aquest sensor és apropiat per mesurar de manera contínua el nivell en dipòsits que continguin líquids les característiques dels quals obliguin a utilitzar sistemes de mesura que no es posin en contacte amb el líquid.

En tercer lloc calia buidar el desarenador periòdicament, ja que quedava reblert després de la pluja forta. També quedava reblert altres vegades sense que s'haguessin observat pluges. L'aportació de material sòlid en aquests casos podia ser deguda a l'esfondrament de parets o sostres per on passava aquest torrent.

#### **Pluviòmetre**

El pluviòmetre instal·lat era un mesurador electrònic d'autobuidatge a prova de gelades que transmetia les dades de precipitació a equips d'enregistrament, normalment estacions meteorològiques automàtiques com la descrita.

### 3.4. Climatologia

Funcionava mitjançant un balancí autobuidador accionat per l'aigua de pluja recollida que omplia alternativament els dos recipients del basculador. A la part baixa del balancí hi havia un imant que actua sobre un contacte situat a la base horitzontal immòbil del pluviòmetre. L'equip comptava el nombre de moviments del basculador. Cada moviment corresponia a 0,2 mm de precipitació.

Aquest pluviòmetre estava situat a uns 15 metres d'altura i a uns 8 metres de distància de l'aforador. Éra a dalt d'un pedestal de fusta clavat dins una esquerda d'argila, a la mateixa Muntanya de Sal.

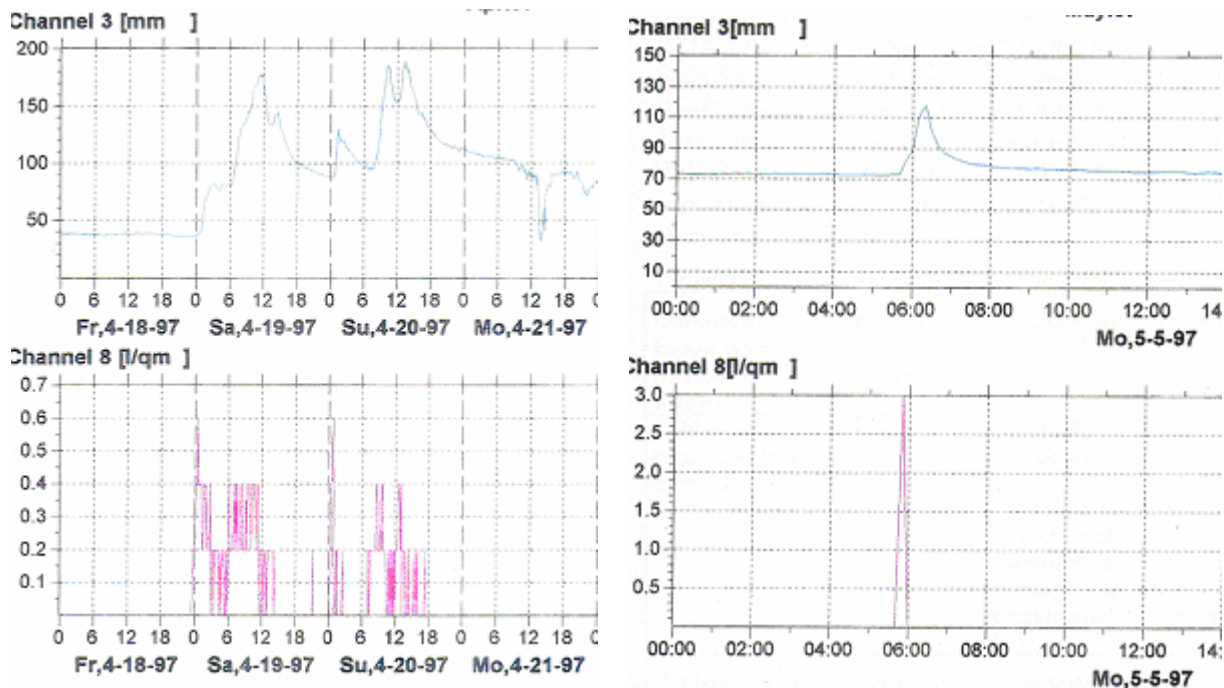
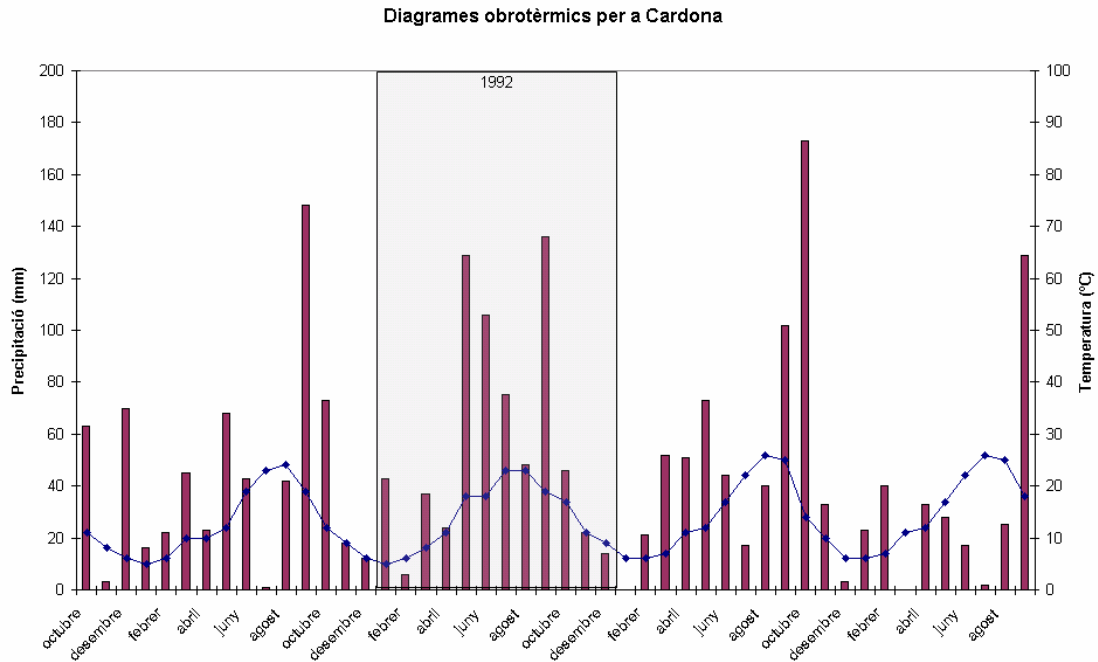


Figura núm. 97. Corbes de cabal i precipitació relatives al temps (mostres de dies d'abril i maig de 1997). El color blau equival a mm de làmina d'aigua sobre el vèrtex de l'aforador triangular, i el color rosa representa els l/m<sup>2</sup> de pluja

#### 3.4.4. Diagrama ombrotèrmic

Encara que l'OMM recomana períodes mínims de 15 anys per fer estudis estadístics de les temperatures, s'han aconseguit dades diàries relatives a quatre anys en les bases de dades del Departament de Física Aplicada.

A partir de les dades de temperatura i precipitació, s'han elaborat els diagrames ombrotèrmics per poder comparar ambdues mitjanes al llarg del temps. La figura núm. 98 mostra aquest tipus de diagrama. La distribució de temperatures i precipitacions de l'any 1992 presenta una caracterització prou clara del clima de la zona de Cardona.



**Figura núm. 98. Diagrames ombrotèrmics de la zona de Cardona**

### 3.4.5. Balanç d'aigua segons precipitació i evapotranspiració

Un altre dels paràmetres que s'han calculat amb les dades de temperatura i precipitació ha estat l'evapotranspiració potencial i real mensual de la zona de la vall Salada. Aquest càlcul es va fer (UPC 1997) pel mètode de Thornthwaite, seguint la metodologia d'elaboració de la fitxa hídrica (segons el MOPU 1982). Es considera que la quantitat d'aigua necessària perquè el sòl estigui saturat és de 100 mm d'aigua; l'aigua que excedeix aquesta quantitat s'escola. Els resultats es mostren a la taula núm. 25 i es grafien a la figura núm. 99.

### 3.4. Climatologia

Reserva suposada=	100	P(mm)	T mitjana	ETM (mm)	Stock(mm)	Reserva(mm)	ETR(mm)	Dèficit(mm)	Excedent(mm)	
		octubre	63	11	43	20	100	43		
		novembre	3	8	22	-19	81	22	0	0
		desembre	70	6	14	19	100	14	0	37
		gener	16	5	13	0	100	13	0	3
		febrer	22	6	14	0	100	14	0	8
		març	45	10	40	0	100	40	0	5
		abril	23	10	43	-20	80	43	0	0
		maig	68	12	65	3	83	65	0	0
		juny	43	19	120	-77	6	120	0	0
		juliol	1	23	166	-165	0	7	159	0
		agost	42	24	139	-97	0	42	97	0
		setembre	148	19	105	43	43	105	0	0
		octubre	73	12	48	25	68	48	0	0
		novembre	18	9	27	-9	59	27	0	0
		desembre	12	6	13	-1	58	13	0	0
		gener	43	5	11	32	90	11	0	0
		febrer	6	6	16	-10	80	16	0	0
		març	37	8	30	7	87	30	0	0
		abril	24	11	50	-26	61	50	0	0
		maig	129	18	111	18	79	111	0	0
		juny	106	18	109	-3	76	109	0	0
		juliol	75	23	161	-86	0	151	10	0
		agost	48	23	128	-80	0	48	80	0
		setembre	136	19	101	35	35	101	0	0
		octubre	46	17	76	-30	5	76	0	0
		novembre	22	11	33	-11	0	27	6	0
		desembre	14	9	24	-10	0	14	10	0
		gener	0	6	13	-13	0	0	13	0
		febrer	21	6	13	8	8	13	0	0
		març	52	7	20	32	40	20	0	0
		abril	51	11	44	7	47	44	0	0
		maig	73	12	56	17	64	56	0	0
		juny	44	17	99	-55	9	99	0	0
		juliol	17	22	149	-132	0	26	123	0
		agost	40	26	154	-114	0	40	114	0
		setembre	102	25	151	-49	0	102	49	0
		octubre	173	14	54	100	100	54	0	19
		novembre	33	10	27	0	100	27	0	6
		desembre	3	6	12	-9	91	12	0	0
		gener	23	6	12	9	100	12	0	2
		febrer	40	7	15	0	100	15	0	25
		març	0	11	39	-39	61	39	0	0
		abril	33	12	48	-15	46	48	0	0
		maig	28	17	99	-71	0	74	25	0
		juny	17	22	147	-130	0	17	130	0
		juliol	2	26	194	-192	0	2	192	0
		agost	25	25	145	-120	0	25	120	0
		setembre	129	18	88	41	41	88	0	0

Taula núm. 25 Càlcul de l'evapotranspiració mensual potencial i real a la zona de Cardona (a partir d'UPC 1997)

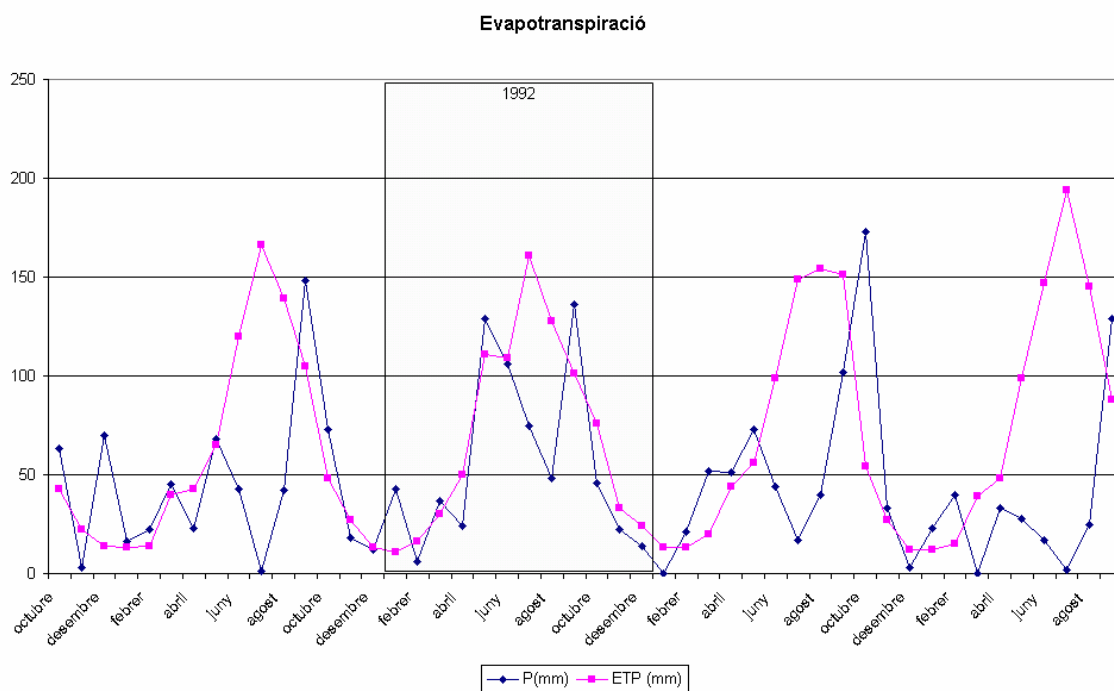


Figura núm. 99. Diagrama relatiu a la precipitació (P) i a l'evaporació (ETP) (a partir d'UPC 1997)



### Capítol 3. RESULTATS HIDROGEOLÒGICS