

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

3.2. Geomorfologia i activitat minera

Índex

3.2. Geomorfologia i activitat minera	71
3.2.1. Relació de les valls amb l'estructura.....	72
3.2.2. Moviments de pujada diapírica i subsidències	72
3.2.3. Carstificació.....	72
Rasclers o karrens	73
Subsidències i bòfies	75
Conductes	76
3.2.3. Minería i el seu rastre	78
Entrades d'aigua abans del 1985.....	82
Entrada d'aigua del 1985	83
Entrada d'aigua del 1998	84
Resum de les observacions catastròfiques ocorregudes	88

3. RESULTAT HIDROGEOLÒGIC

3.2.1. Relació de les valls amb l'estructura

La vall Salada de Cardona, juntament amb els meandres que forma el Cardener en aquells indrets, és el resultat de l'erosió que s'ha produït als terrenys més tous i més alterats que troba el flux de l'aigua. D'aquesta manera, moltes de les lleres dels rierols i fins i tot algun tram del riu són el resultat de tenir els materials trencats o alterats per falles o discontinuïtats, les quals estan relacionades amb l'anticlinal de Cardona o amb falles d'acomodació del diapir. Són exemples d'aquesta relació la mateixa vall Salada de Cardona, amb les dues subvalls a banda i banda del turó de Sant Onofre que segueixen el diapir allongat, així com el tram del Cardener a sota del castell, on hi ha una o més famílies de falles ortogonals a l'anticlinal de Cardona (vegeu l'Estructura a l'apartat 3.6.3).

3.2.2. Moviments de pujada diapírica i subsidències

Des d'un punt de vista general, la vall Salada de Cardona és una vall activa en què la sal va pujant pel diapir contínuament. Aquesta pujada dels materials salins, com ja s'ha especificat des del punt de vista geològic estructural, està contrarestatada per la dissolució de la sal amb l'aigua de la pluja, de manera directa o indirecta. Cardona (2002) ha fet una aproximació de la pujada diapírica i ha considerat com a hipòtesi que aquesta puja ha d'estar en equilibri amb la dissolució de la superfície per l'aigua de la pluja. Una mesura realitzada entre els anys 1994 i 1995 és l'aixecament de la superfície de 3,5 cm/any.

Per altra banda hi ha la subsidència de la superfície per sobre de les activitats mineres (al sector occidental de la bòfia Gran). Un estudi de Minas de Cardona que es va iniciar l'any 1979 i es va mantenir fins a l'any 1989 va arribar a controlar a la zona de la Colònia Arquers subsidències totals de 3 metres (dades orals), encara que aquest descens és possible que tingués un punt àlgid i després s'atenués. Aquesta podria ser l'explicació que la surgència de l'aigua de la Mare de la Font, situada a l'oest del nucli urbà, antigament arribés a Cardona per gravetat, i quan fa uns anys es va voler encanonar l'aigua per unes emergències que va tenir la xarxa pública, no va ser possible tan sols amb la gravetat (comunicació verbal d'Aimines). Una altra explicació d'uns nivells freàtics que es poden interpretar d'unes discontinuïtats sinuoses que s'observen al frontal oriental de la Muntanya de Sal i del turó de Sant Onofre (vegeu la figura núm. 119) seria que un nivell originat per un període de temps plujós prou intens o llarg hauria deixat fossilitzada una línia que la pujada diapírica hauria aixecat unes desenes de metres fins a l'alçada d'avui dia.

3.2.3. Carstificació

Per *carstologia* s'entén (Calaforra 1998) l'estudi de tots els processos que donen lloc a la formació d'un paisatge càrstic, considerat com el paisatge definit per la presència de depressions tancades, drenatge endorreic total o parcial, circulació subterrània complexa i establiment de xarxes subterrànies de drenatges ràpides (cavitats).

Encara que la carstificació típica és un medi calcari, també es donen processos càrstics i encara amb més rapidesa en la sal, el guix, el gel i en altres materials que tinguin un cos fàcilment erosionable. A la vall Salada de Cardona la carstificació en sal és molt ràpida quan l'aigua és dolça o no està saturada (un litre dissol uns 360 gr de sal i es converteix en 1,115 l i té una densitat d'1,22), encara que quan aquesta està saturada de sal, la dissolució de parets de sal és pràcticament nul·la i no hi ha processos de carstificació.

3.2. Geomorfologia i activitat minera

Es considera necessari fer una descripció breu de les tendències i teories de la carstificació, ja que aquest concepte és el que dóna la complexitat al comportament de l'aigua a la vall Salada. Com a punt de sortida hi ha les idees de Cvijic (extret de la tesi de Calahorra 1988).

Cvijic va fundar, el 1893, la moderna carstologia amb la identificació i descripció morfomètrica de les principals formes càrstiques i la relació del seu origen i evolució amb els processos de dissolució (Calahorra 1998). A principis del segle XX apareixen les primeres idees que relacionen carst i hidrogeologia; així (Ford i Williams 1989) s'introdueix el terme de *zonació* per al carst, tot i que per Grund (1903) només es produeix *zonació* per sobre del nivell del mar. Martel (1921) no admet aquesta zonació i argumenta que el límit del carst en profunditat és en les capes impermeables i, d'acord amb la seva experiència espeleològica, dedueix que la circulació càrstica es produeix per la xarxa de rius subterranis. Katzer (1909) proposa una altra zonació en el carst, amb diferents nivells piezomètrics i diferents respostes a la recàrrega per explicar la presència de fonts a diferents cotes.

La teoria sobre zonació càrstica que va tenir més influència en estudis posteriors va ser la de Cvijic (Calahorra 1998), ja que mantenia l'existència de tres zones: zona seca, zona de transició i zona saturada amb flux permanent. Però el més important és que aquestes zones eren mòbils i per tant el carst és dinàmic, com tantes vegades ha passat a la vall Salada. El sistema hidrològic càrstic és un sistema en evolució, ja que paràmetres com la permeabilitat o el nivell freàtic varien el seu valor amb el temps. Aquesta evolució és avui una de les característiques més importants en el carst (Ford 1988).

Per a la descripció geomorfològica del carst en sal, s'ha seguit una classificació convencional quant a les formes presents. D'aquesta manera es divideixen segons el lloc on es troben; és el que es coneix com a exocarst o fèndems càrstics superficials com el lapiaz (o *karren* en anglès) i les bòfies, i l'endocarst representat per les cavitats que formen els conductes subterranis. Es prefereix aquesta classificació encara que no tingui correspondència directa amb l'anterior zonació hidrogeològica vertical del carst.

Rasclers o karrens

En les formes exocàrstiques i en els afloraments de la sal (principalment a la Muntanya de Sal però també en molts altres indrets on hi ha sal en superfície o també runams artificials) es troben unes canals paral·leles de pocs centímetres d'amplada i amb unes arestes molt fines a manera d'agulles. Són els rasclers que es coneixen a Cardona i equivalen al lapiaz, i també al karren en terminologia alemanya i anglesa. A fi de classificar la diferent morfologia dels rasclers, es farà servir la nomenclatura alemanya utilitzada per Bögli (1960 i 1980), encara que hi hagi altres maneres de tractar aquestes morfologies (Perna i Sauro 1978; White 1988; Ford i Williams 1989; Calahorra 1996; Macaluso i Sauro 1996).

Les formes de les canals en la sal que s'han vist són:

- *Rillenkarrren*. Canals més o menys paral·leles d'escala centimètrica (entre 3 i 10 cm majoritàriament) que van canviant la direcció quan el flux de l'aigua de la pluja intercepta un petit estrat d'argila. Tenen una inclinació molt abrupta que pot anar de 50 ° a 80 °. Sobresurten les agulles entre canals o a les parts més altes, on s'inicia la dissolució per l'aigua de la pluja. És el karren més comú i dóna uns colors vermellorsos i blancs, que quan ha acabat de ploure sembla que estigui polit (vegeu la figura núm. 34).
- *Trittkarren*. Són petites cubetes de dissolució, sovint esglaonades (*hellprints*: marques de taló, en terminologia anglesa). Tenen un diàmetre de pocs centímetres. El *trittkarren* es forma quan els pendents són més suaus i evoluciona ràpidament a *rillenkarrren* quan el pendent és més fort.

3. RESULTAT HIDROGEOLÒGIC

- *Meandenkarren*. Igual que el *rillenkarren*, es tracta de formes hidràuliques amb flux canalitzat, però a diferència dels primers, es presenten només en pendents baixos i és freqüent trobar canals tributàries. Bögli (1980) els diferencia genèticament d'altres formes en què la dissolució als *meanderkalen* està limitada a la mateixa canal. Aquesta forma és típica en les superfícies gairebé planes dels runams de sal, les quals evolucionen ràpidament i es perden de vista per l'aprofundiment en ziga-zaga a cotes inferiors (vegeu la figura núm. 35).



Figura núm. 34. Fotografies de les diferents canals de dissolució en les sals. Aquestes dissolucions són del tipus *Rillenkarren*



Figura núm. 35. Ersoió de profundes canals tipus *Meandenkarren*

3.2. Geomorfologia i activitat minera

Subsidències i bòfies

Des d'un punt de vista local, les subsidències són el resultat de la dissolució de material de la formació evaporítica per l'aigua quan aquesta ha passat per un nou indret i ha deixat una cavitat prou gran perquè la cobertora aguanti estructuralment. Aquest fet de canvi dels fluxos d'aigua subterrània pot ser de forma natural pel que s'acaba de dir en la pujada diapírica, o també motivat per les variacions del nivell freàtic relacionats amb l'excavació minera.

En el carst de sals és freqüent l'existència de dolines de col·lapse del nivell superior detrític que resguarda les sals; són les bòfies que es coneixen localment. Tanmateix, també es poden trobar dolines d'erosió i de dissolució (vegeu la figura núm. 36).

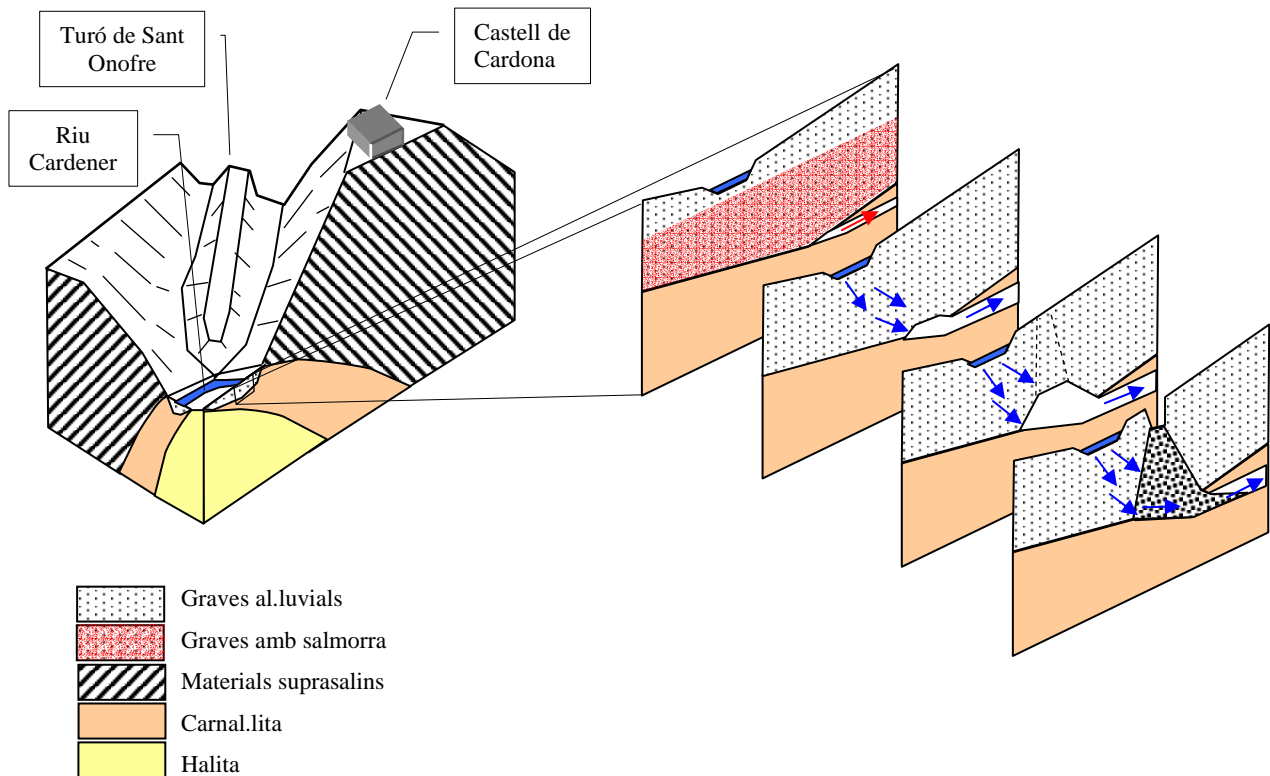


Figura núm. 36 . Formació de bòfies (figures fetes per Regió 7) (pàg. 106 de Calaforra)

Les bòfies a la vall Salada han estat un fet que sempre ha passat amb naturalitat, ja que hi ha ressenyes històriques que ho avalen (a Cardona 2002): “...Época que se hizo notable por la extraordinaria y horrorosa caída de las aguas, se hundió en el punto céntrico del actual terreno salado, donde hay en el día de hoy la capilla de San Onofre, un pedazo de terreno” (Elias i Marchal 1854). Però com que es considera interessant la disposició de les bòfies a la vall i en el temps per a la interpretació hidrogeològica, s’ha fet una transcripció de diferents documents disponibles a la figura núm. 37 següent.

3.2. Geomorfologia i activitat minera

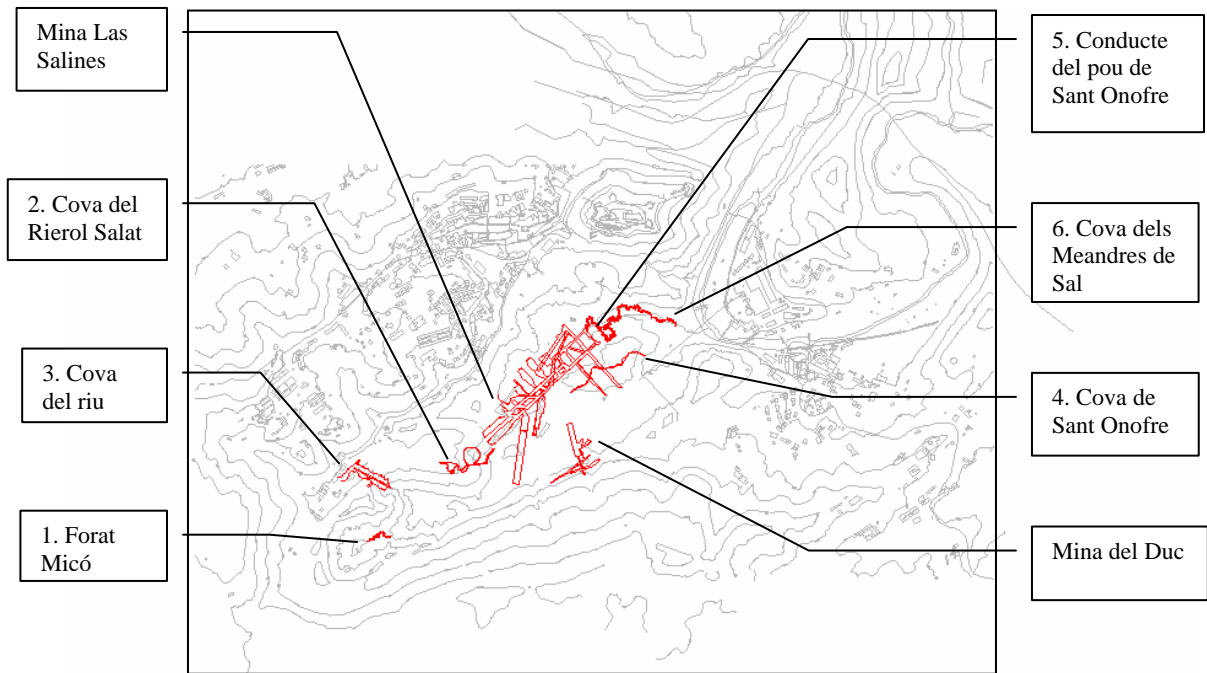


Figura núm. 38. Conductes visitats a la vall Salada (adaptat de les figures de Cardona 2002)

1. Forat Micó. La cavitat per excel·lència de la vall Salada ha estat el forat Micó. Durant segles aquesta cavitat ha estat admirada per viatgers i naturalistes. Drena la part baixa de la bòfia Gran i porta l'aigua a uns 200 metres de distància (en 320 metres de recorregut pels meandres interns) i a uns 16 metres de desnivell. La seva sortida està actualment obstruïda per esclavissades de blocs de sal.
2. Cova del rierol Salat. Aquesta cova l'aigua l'ha obert per fer-se pas entre els materials salins que forma la terrera Vella. Encara que tingui una sèrie de cavitats molt espectaculars, és molt probable que l'aigua en un principi hagi recuperat l'antic traçat que hi havia i que la terrera, d'uns 90 metres d'alçada, allà s'anés reblint entre el 1925 i el 1971. Al seu interior es van trobar dues cavitats destacades: una que ha arribat a col·lapsar fins a arribar a la superfície als anys vuitanta, a uns 60 metres de la base, i que coincideix amb un indret on es formaven aiguamolls; i una altra cavitat situada a l'aiguabarreig de dos corrents d'aigua, un d'aigua pudenta que venia del NO i que deu tenir l'origen en les aigües de la Colònia Arquers, i una altra d'aigua neta que ve de l'oest.
3. La cova del riu. S'emplaça dins la Muntanya de Sal i per sota d'una galeria minera coneguda com la Minilla. Aquesta galeria va ser excavada per diferents motius el 1930 i es va fer servir durant molts anys per bombejar aigua que brollava als voltants de la cota -82 del pou Maria Teresa. Hi ha documentació segons la qual l'any 1966 ja hi havia cavernes en aquells indrets que permetien fins i tot navegar. Aquest llac es va engrandir en el temps, ja que el 1997 ja era un llac en forma d'angle un dels cantons del qual té uns 110 x 40 metres i fins a 10 metres de profunditat. S'observen dos nivells principals de sostre plans i extensos; l'inferior té excavat tot al llarg un canal de volta meandriforme (sembla que pot tenir l'origen en les aigües de pluja que anaven de la plaça que és al peu de la Muntanya de Sal cap a l'interior). És interessant considerar que, amb el bombeig de l'aigua d'aquesta cavitat i l'abocament a la plaça de davant la Minilla, la surgència de Sant Onofre va augmentar de cabal i era d'aigua bruta. Així mateix, el 1998, i amb motiu de l'entrada d'aigua a la mina on s'explota sal gemma, el gran llac de la cova del riu va desaparèixer i ja no va tornar més (tret del llac terminal). El 2002 es constata

3. RESULTAT HIDROGEOLÒGIC

l'enfonsament de la galeria de mina que porta al pou María Teresa, uns 50 metres abans d'arribar-hi.

4. La cova de Sant Onofre. Aquesta cova travessa el collet homònim i deixa passar les aigües que en un principi sortien del forat Micó, corrien per la superfície i entraven a la boca (avui dia no hi transcorre aigua superficial i la boca és inaccessible pels llots dipositats a sobre) i, després de recórrer uns 400 metres, sortien per la surgència de Sant Onofre. És possible que a l'interior de la muntanya de Sant Onofre es barregés amb aigua d'altra procedència no determinada. Actualment per aquesta boca no hi surt gens d'aigua.
5. Conducte càrstic al peu del pou de Sant Onofre. Després de l'entrada d'aigua el 1985 es va localitzar el conducte càrstic que portava l'aigua cap a l'interior de la rampa; per aquesta raó es va construir un pou de 25 metres de profunditat i, mitjançant una bomba, s'extreia un cabal d'uns 9 m³/h. Aquest conducte càrstic té una direcció paral·lela a la vall i la longitud visual és de l'ordre de la desena de metres, per una amplària d'uns 3-5 m. El seu perfil transversal és pràcticament rectangular, amb una altura d'uns 50 centímetres. El dia 14 de març de 1998 es va estroncar totalment coincidint amb l'entrada d'aigua a la mina superficial de clorur sòdic de Las Salinas.
6. Cova dels meandres de sal. Aquesta cova és una agrupació de cavitats, la majoria de les quals ha estat formada des del 1998. L'embrió de la cova és un conducte càrstic preexistent pel qual circulava salmorra procedent de l'interior de la vall Salada fins a desguassar al subalvi del riu Cardener. El conducte transcorria a cotes inferiors a la llera del riu, per la qual cosa tenia un nivell piezomètric. La seva existència era deduïble ja que el Cardener augmentava de salinitat aigües avall de la conjunció amb la vall Salada, encara que tota l'aigua salada superficial era captada pel col·lector de salmorres. La història de la formació d'aquesta cavitat s'inicia a mitjan març del 1998, quan comença a entrar aigua saturada de sal a l'interior d'una cambra de la mina de sal. Passen els mesos i augmenta el cabal, i l'aigua no està saturada. L'empresa minera decideix desviar-la cap a sota de la mina per la rampa veïna. Mitjançant una coloració efectuada el maig del 1999 es demostra que procedeix del Cardener. Paral·lelament a tot això, apareixen bòfies a l'extrem oriental de la vall Salada i fins i tot al mig del riu Cardener. Mentre es construeix un túnel per desviar el riu, al meandre del Cardener abans de la fàbrica de la Plantada hi ha dues grans avingudes d'aigua que no es poden regular amb el pantà de Sant Ponç (tardor del 1999 i juny del 2000), que penetren a l'interior de la mina i determinen dos grans nivells en la cavitat. El 20 d'octubre de 2000 es desvia definitivament el Cardener pel nou túnel i el riu deixa de passar pel salí, encara que transcorre un modest cabal per aquestes cavitats. El 19 de novembre de 2000 el nivell de l'aigua de la mina es troba a 140 metres per sota de la boca de la rampa, i el nivell puja a raó de 3 cm/h. L'empresa comença a bombejar a fi de poder treballar a la mina Las Salinas.

3.2.3. Minería i el seu rastre

Totes les explotacions mineres deixen una impronta en l'entorn (Davies 1988, Fernández-Rubio 1986, Graciano i Guerra 1996, del Olmo 1982, Potasas de Navarra 1966-1967 i Younger 1999). A Cardona també ha succeït així.

Malgrat la bellesa d'aquest entorn, catalogat com a paratge natural protegit en la figura de PEIN per la Generalitat de Catalunya, encara queden a la vall terreres de les mines. Concretament, des d'un punt de vista positiu, queden vestigis de la terrera Nova, que ha estat reutilitzada (vegeu la figura núm. 39) com a font de clorur sòdic i properament ja es podrà restaurar. Seguidament es

3.2. Geomorfologia i activitat minera

començarà amb la terrera Vella, de més dificultat en l'aprofitament de la seva sal (vegeu la figura núm. 40).



Figura núm. 39. Comparació entre la terrera Nova original i la que queda l'any 2005



Figura núm. 40. La primera terrera o terrera Vella impedeix la vista total de la Muntanya de Sal de Cardona. Properament es pensa també aprofitar el clorur sòdic que conté

3. RESULTAT HIDROGEOLÒGIC

Des del punt de vista negatiu, encara queden els llots residuals resultants de la reutilització de les terreres, dipositats al marge sud de la subvall del rierol Salat (vegeu la figura núm. 41) i a l'interior de les cavitats de la mina Las Salinas (vegeu figura núm. 42). També resten altres materials salins residuals dipositats a l'antiga mina del Duc.



Figura núm. 41. Rebliment de la subvall sud de la vall Salada amb llots resultants de la recuperació de la terrera Nova, durant l'octubre del 2001



Figura núm. 42. Llots a l'interior de la mina de sal Las Salinas

A la vall Salada no només hi ha problemàtica minera, ja que fins i tot es troben materials d'enderrocs urbans dipositats al marge nord, a tocar del nucli urbà. Dintre d'aquest apartat negatiu, també s'han d'esmentar els abocaments urbans que hi ha hagut de la xarxa de clavegueram i d'aigües pluvials, que durant molts anys desembocaven sobre la font dels Fangassos, també al marge nord. Aquest conjunt d'aigües dolces ha estat un dels motius de l'alteració dels materials salins que darrerament ha facilitat la inversió del nivell piezomètric.

3.2. Geomorfologia i activitat minera

Pel que fa a la importància de la mineria en el comportament de l'aigua a la vall Salada, es pensa que es poden diferenciar tres fases en el temps: la passada, l'actual i la futura.

Etapa passada:

4200-3600 aC	Es troben percussors de pedra del neolític i concentració important de restes de la cultura de sepulcres de fossa als voltants de Cardona.
Segle I	Segons Plini el Vell, les salines de Cardona s'exploaven.
Segle II	Referència d'activitat minera per Cató a <i>Mineria romana</i> .
Segle XI	Aulus Gel-li diu: "...una gran muntanya de sal pura que va creixent a mesura que n'extreus".
986	Borrell II, en la Carta de repoblament, concedeix als cardonins la sal que puguin arrencar els dijous.
1352	El vescomte Hug Folc concedeix solament una aimina de sal per any.
1402	Confraria de traginers per a la comercialització de la sal.
1631	La duquessa de Cardona sol·licita una nova via de comunicació al Consell de Cent.
1658	Es publica un ban pel qual es prohibia l'entrada a l'areny de la sal sota pena de mort.
1716	La família Medinaceli ingressava 23.450 lliures anuals pel comerç de la sal.
1806	Laborde, en el seu <i>Viatge pintoresc i històric</i> , diu que s'extreia sal d'una superfície de 150 peus de llargada per 60 peus d'amplada.
1852	El mossèn Joan Riba, en el <i>Mamotreto cardonense</i> , informa que la mitjana d'extracció de sal era de 80.000 faneques.
1897	L'enginyer de mines Silvi Thos i Codina de Mataró expressa la conveniència d'investigar les sals potàssiques. En un principi pensava que eren d'origen termal.
1903	Comença l'explotació subterrània de sal coneguda com a mina del Duc. La seva cambra d'explotacions era a 50 metres de fondària al marge dret de la Vall. Aquesta mina va ser activa fins al 1934, quan es va inundar.
1914	L'enginyer Agustí Marín cerca atuells neolítics a les salines de Cardona.
1923	Els ducs de Medinaceli es venen el salí a Unión Española de Explosivos.
1925	S'inicia l'obertura del pou Alberto i poc després del María Teresa (que assoliran, respectivament, els -1.020 metres i els -720 metres de profunditat) a fi d'extreure silvinita com a font de potassa. Des dels pous els materials eren transportats fins a la fàbrica Manuela, a 1,8 km de longitud, i d'aquí fins a Súria, a 12,2 km, també per telefèric.
1930	La nova mina de Cardona comença a produir potassa.
1931	S'inicia l'extracció amb una plantilla de 300 persones.
1934	Abandonament del pou del Duc per problemes d'entrades d'aigua.
1936	Es deixa l'explotació de la carnal·lita per la de la silvinita per la major facilitat de separació del KCl per dissolució
1950	Es canvia el mètode de separació, es deixa la dissolució i s'adopta el de flotació.
1972	S'obre la rampa de Sant Onofre. És una rampa on s'instal·la una cinta transportadora per pujar el material. Té un pendent d'uns 30° (una projecció aproximadament triangular), arriba a -720 i a -920 metres. S'abandona la terrera Vella i el transport aeri i es comença la terrera Nova.
1985	Primera entrada seriosa d'aigua a la rampa.
1990	Es tanca l'explotació de potasses, que va arribar a tenir 1.340 metres de fondària.

3. RESULTAT HIDROGEOLÒGIC

Etapa actual:

- 1990 Comença l'aprofitament de la sal dipositada a la terrera Nova per Ercros mitjançant la filial Minas de Cardona, SL, per mitjà de l'intercanvi de procés a fi de separar el clorur sòdic dels llots, que es tornen al marge sud de la vall.
- 1994 Ercros, amb la seva filial Salinera de Cardona, SL, obre l'explotació subterrània a 50 metres de profunditat de sal de Las Salinas.
- 1996 Es reobre la Minilla amb finalitats turístiques.
- 2000 Inauguració del túnel de desviament del riu Cardener (11.100 MPTA i 227 metres de llarg)
- 2000 S'aprofundeix un altre nivell a -80 metres de boca de mina en l'explotació de sal de Las Salinas.
- 2003 Projecte de recuperació de la vall Salada (en 3 anys i 160 MPTA) per Ercros i el Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.

Etapa futura:

- 2006 Es pensa que s'haurà acabat l'aprofitament de la terrera Nova per començar amb la terrera Vella.

Entrades d'aigua abans del 1985

S'han pogut localitzar informes parcials relatius a entrades antigues d'aigua a les mines de Cardona (Font 1998), corresponents ja a l'any 1930 i al 1934, encara que el més greu va ser el 1985.

El 1933, Floquet va fer un treball relatiu a les aigües a les mines de Cardona. Possiblement va ser sol·licitat per la presència de cabals de l'ordre d'1,5 l/min als voltants del pou Alberto el 1930. En aquest mateix treball, el mateix autor comenta altres petites entrades d'aigua de l'ordre d'1 l/min a 1,5 l/min.

Pel que fa a la mina del Duc, hi ha constància que el 1934 es van tancar per inundacions de les seves explotacions. Aquesta mina era al peu del vessant sud de la vall Salada i als voltants hi havia dues possibles causes de l'entrada d'aigua: *a*) el torrent Salat, també denominat per alguns miners Arroyo Loco pels canvis fluctuants del seu llit, les aigües saturades del qual, després de recórrer la Vall, anaven al riu Cardener, i *b*) la presència de carnal·lita, fàcilment soluble, a la part exterior del diapi, que geomètricament coincideix amb l'explotació.

Al pou Alberto, que està emplaçat en un estructura geològica més fracturada que la del pou María Teresa, s'ha obtingut informació oral d'antics tècnics miners d'aquella explotació, segons els quals sempre hi havia problemes geotècnics i d'infiltració d'aigua, com demostrava el soroll de caiguda d'aigua que se sent per una obertura a la boca del pou. Pel que fa al pou María Teresa, a l'altura del peu de la Muntanya de Sal, es va construir una galeria de comunicació amb aquest pou, a fi de col·locar un sistema de bombeig per drenar la intercepció amb un estrat de gresos, amb un cabal de l'ordre d'uns 500 l/dia (comunicació oral dels tècnics de la mina).

El 1995 hi va haver una altra entrada d'aigua molt a prop de la que va tenir lloc l'any 1985. No es coneixen les característiques d'aquest accident, encara que va ser de poca importància. Però, com que aquesta surgència estava connectada amb la rampa denominada 9-bis, sobreposada a la de Sant Onofre, es va poder fer servir com a drenatge temporal mentre es taponava amb certa comoditat per l'absència d'aigua.

3.2. Geomorfologia i activitat minera

Entrada d'aigua del 1985

Les entrades principals d'aigua a la mina van ser el 1985. Van tenir lloc a la rampa de Sant Onofre, que servia per a la retirada de manera contínua de l'explotació de la mina de potassa Nieves, que arribava fins als 1.100 metres de profunditat. L'any 1998 l'aigua va entrar a la cambra denominada cambra 1 de la mina d'halita, a 50 metres de profunditat.

A la rampa de Sant Onofre, que condueix a l'explotació més profunda de potassa de Cardona, es van detectar (Mieza 1985) unes gotes d'aigua a manera de petits núvols en la seva coronació. El dia 17 de maig de 1985 hi entraven uns 4 m³/h, el dia 23 s'arribava a uns 100 m³/h, i després es va passar, el dia 29, a uns 5 m³/h (vegeu el diagrama adjunt de la figura n-um. 43).

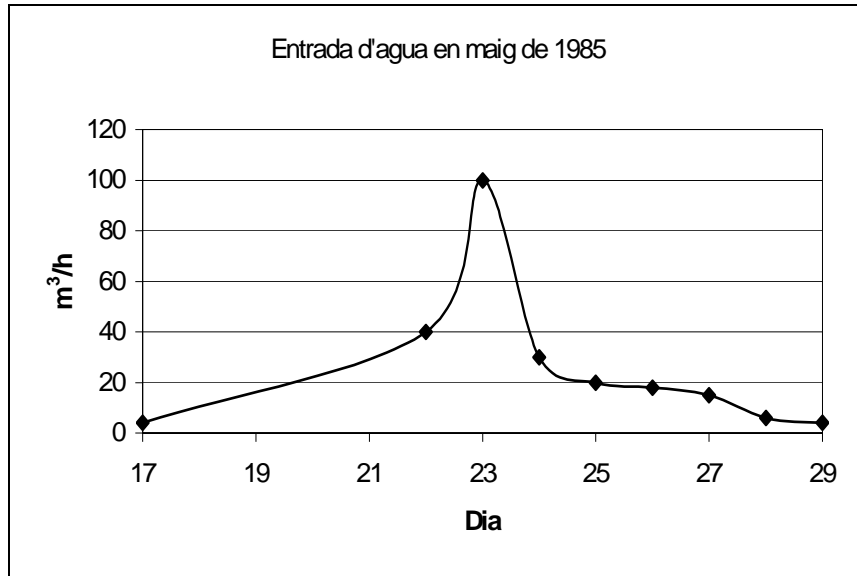


Figura núm. 43. Evolució del cabal d'aigua a l'entrada a la rampa de Sant Onofre el maig del 1985 (Mieza 1985)

Mitjançant l'estudi de les valoracions que es van fer aquells dies del cabal, la hidrogeològica i les exploracions geofísiques, es va arribar a la conclusió que les aigües tenien relació amb el torrent Salat (és a dir, Arroyo Loco), i que a la vegada una quantitat de l'aigua d'aquest torrent provenia de les aigües sorgents del peu del runam antic. També la falla de Cardona es comportava com un conductor de les aigües fecals en aquell temps, com de les aigües vadoses de la zona dels Fangassos.

A fi de poder taponar l'entrada d'aigua a l'interior de la rampa de Sant Onofre es va haver d'adequar una galeria paral·lela a la rampa (vegeu la figura núm. 44) i excavar un pou (el de Sant Onofre) per poder captar l'aigua abans del conducte cap a la rampa esmentada (Font 1997).

3. RESULTAT HIDROGEOLÒGIC

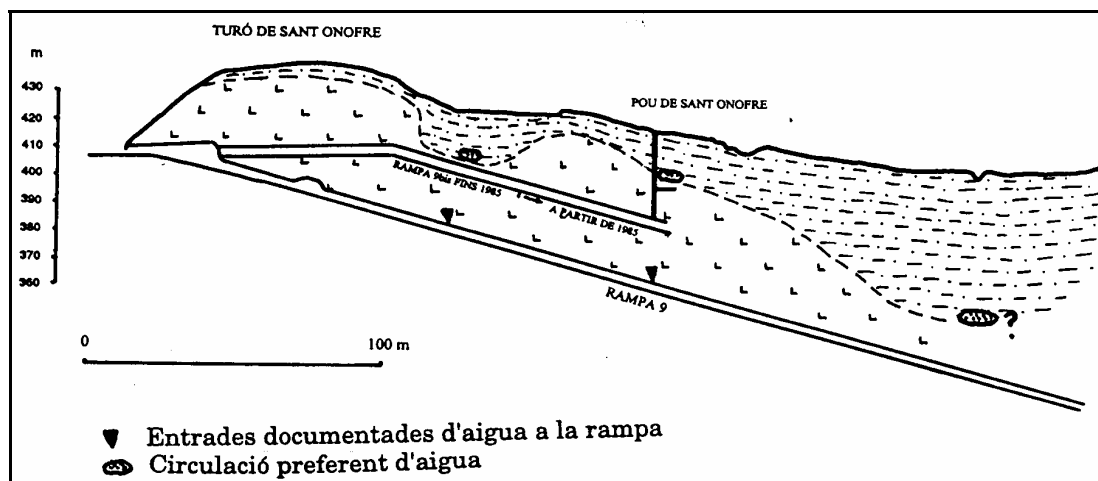


Figura núm. 44. Secció geològica seguint la traça de la rampa de Sant Onofre, on es pot observar la rampa 9 bis i el pou de Sant Onofre. Així mateix, es dibuixen altres entrades i conductes detectats abans del 1985 (Explosivos Río Tinto 1985)

Entrada d'aigua del 1998

L'any 1998 es va produir una nova entrada d'aigua al costat de les entrades anteriors, però aquesta vegada el seu destí va ser l'explotació d'halita, a 50 metres de profunditat de l'entrada que hi ha a la muntanya de Sant Onofre. La descripció d'aquesta entrada va ser molt similar a la que hi va haver el 1985, ja que en poques hores va entrar un important volum d'aigua que va cobrir més de mig metre la planta explotada. A la figura núm. 38 es pot apreciar la situació de la mina Las Salinas en relació amb la vall Salada i el meandre del riu Llobregat. Els cabals que van entrar estan grafiats a la figura núm. 45.

(l/s)

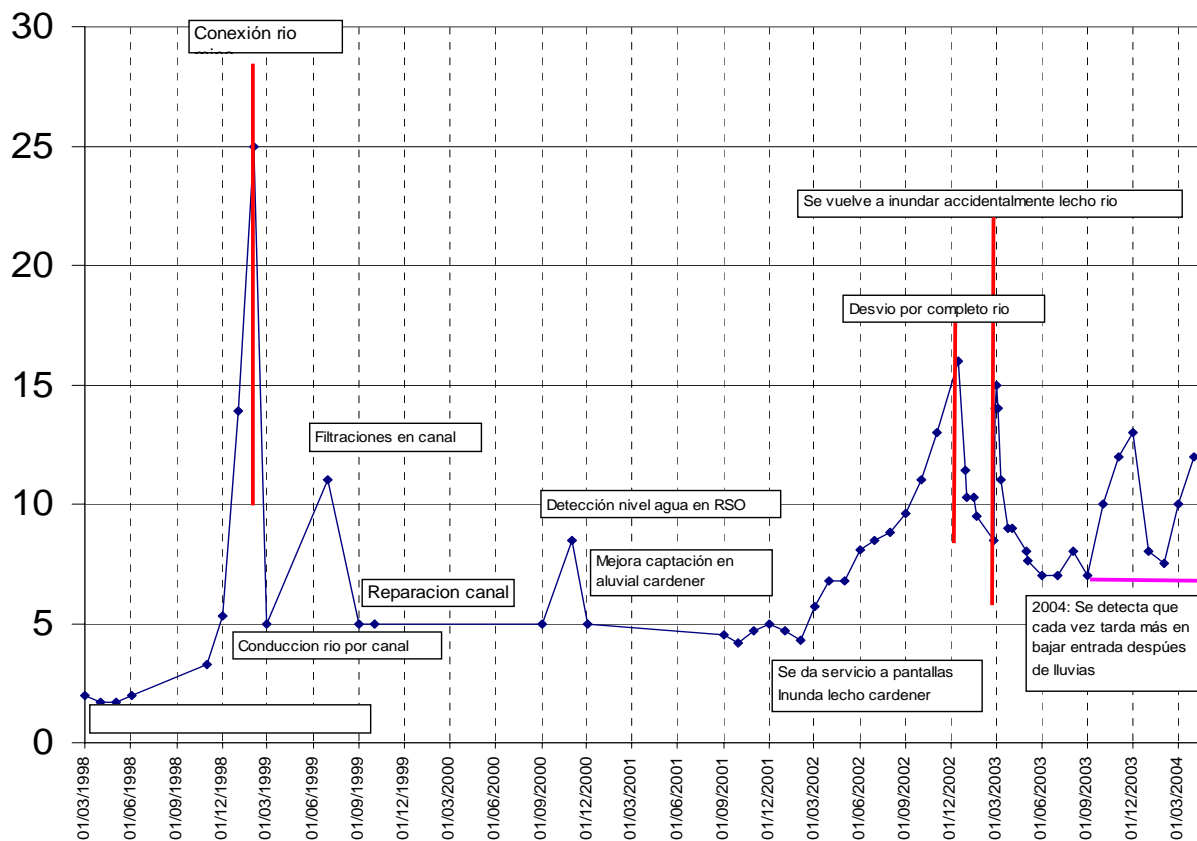


Figura núm. 45. Cabals d'aigua que van entrar a la mina Las Salinas el 1998 (informació facilitada per l'empresa minera Ercros 2004)

3.2. Geomorfologia i activitat minera

Un resum (Junta d'Aigües 1999) del que va passar és el següent:

- El dia 14 de març de 1998 es detecta una entrada d'aigua a la cambra 1 de la mina Las Salinas. De manera simultània, el pou de Sant Onofre, de 20 metres de fondària, situat uns 25 metres per sobre del sostre de la mina i del qual es bombaven uns 8-10 m³/h, queda sec. Es tracta de la primera manifestació d'un fenomen de captura que, amb la perspectiva dels esdeveniments succeïts fins al dia d'avui (un any després), es demostra com a irreversible i en progressiva amplificació.
- Es calcula que en un termini màxim de 48 hores es van acumular uns 2.000 m³ d'aigua a l'interior de la mina. Fins al 25 de maig de 1998 el cabal d'entrada a la mina s'estabilitza al voltant de 6-7 m³/h. Durant la resta de l'any 1998 aquest cabal varia en estreta relació amb episodis de pluja i amb problemes a l'estació de bombeig d'aigües negres de Cardona. Són freqüents els episodis d'increment de cabal amb entrada d'aigües fèrides.
- El volum d'aigua infiltrada, l'assecament del pou de Sant Onofre i l'entrada d'aigües de claveguera demostren que la mina ha capturat una part de les aigües drenades subterràniament per la vall Salada (dominis de les fonts de la Piona i del Conill).
- La setmana del 4 al 10 de gener de 1999 hi ha pluges importants a la zona que provoquen una entrada massiva d'aigua a la mina. És a partir d'aquest moment que es comencen a formar bòfies a la llera del riu, al llarg de tot el tram que circula per sobre del massís salí, i s'inicia l'enfonsament d'alguna de les pilones de la cinta transportadora al seu pas per la llera. Fins a principis de febrer es mantenen cabals alts, de l'ordre de 100 m³/h (vegeu les figures núm. 46, 47 i 48).



Figura núm. 46. Les primeres bòfies que van aparèixer en l'aiguabarreig de la vall Salada amb el riu Cardener estaven emplaçades a la zona on hi ha la cinta transportadora. S'ha de recordar que la carnal·lita, molt àvida de l'aigua, és al lateral del diapir, aproximadament en aquesta zona

3. RESULTAT HIDROGEOLÒGIC



Figura núm. 47. Les bòfies incipients van aparèixer a banda i banda de la llera del Cardener. Les primeres bòfies semblaven estar alineades perpendiculars al riu



Figura núm. 48. Al cap de pocs dies les bòfies ja són importants, fins i tot afecten a les pilones de la cinta transportadora

- Al llarg del mes de febrer es duen a terme un seguit d'actuacions per intentar mantenir el riu tan sec com sigui possible: desviament de tota l'aigua cap al canal de l'Aranyó, i fins i tot més endavant es va encanonar el canal a fi de reduir encara més les pèrdues d'aigua cap a l'antiga llera (vegeu la figura núm. 49). També es van construir altres mesures com són: cordó de graves per evitar el retrocés aigua, aprofundiment del pas de l'aigua a l'estació d'aforament, rasa sota presa per evitar filtracions d'aigua al riu, etc.

3.2. Geomorfologia i activitat minera



Figura núm. 49. El canal d'Aranyó, pel qual es va desviar tota l'aigua que es va poder del riu Cardener, més endavant es va canonar per reduir les pèrdues d'aigua.

- Durant aquest mes el punt d'entrada d'aigua a la mina es desplaça des de la cambra 1 cap al nord-est, fins a arribar al punt actual a la sala anomenada Silo. És també durant aquest mes de febrer que s'aprecia un canvi de gradient en els nivells d'aigua dels piezòmetres. A partir d'aquest moment el gradient s'inverteix i passa a ser del riu Cardener cap a la vall Salada.

Des de l'entrada d'aigua a la mina el 1998 fins a l'actualitat, malgrat la dificultat de determinar quin és l'origen d'aquesta aigua, el cabal té tendència a créixer. Aquest fet és preocupant per la continuïtat de l'explotació de clorur sòdic de Las Salinas (vegeu la figura núm. 50).

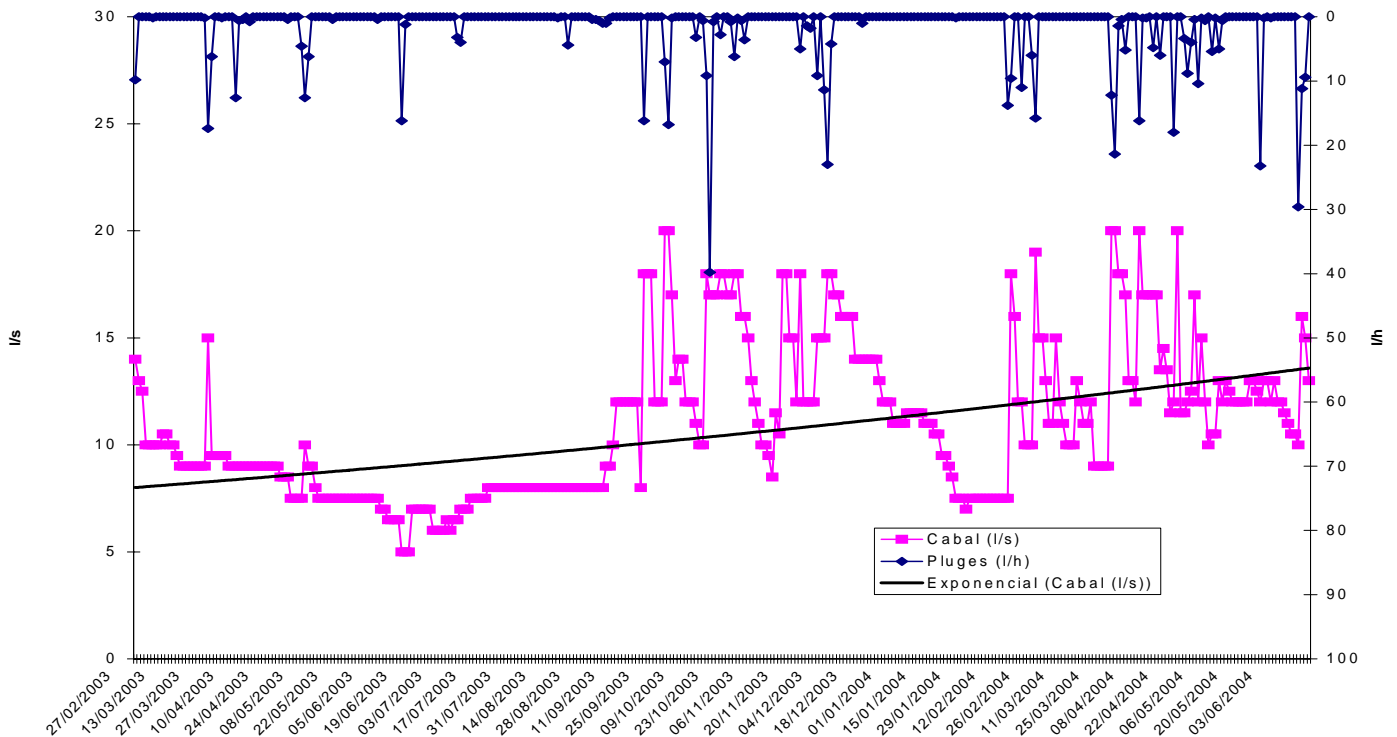


Figura núm. 50. Detall de l'evolució durant dos anys de cabals d'aigua d'entrada a la mina i de precipitacions en la zona (a partir de la informació facilitada per l'empresa minera Ercros)

3. RESULTAT HIDROGEOLÒGIC

Posteriorment a l'entrada d'aigua del 1998 es van realitzar diferents campanyes de prospecció: mitjançant georesistivitat, electromagnetisme, georadar, gravimetria, conjuntament amb una campanya de sondejos mecànics encaminats a detectar conductes preferents en el carst. Després l'autor va fer una campanya de prospecció geolèctrica de potencial artificial, per determinar dues vies principals diferents d'aportació, una de procedent de la zona nord del runam antic i una altra de la zona dels Fangassos.

Resum de les observacions catastròfiques ocorregudes

A continuació es resumeix la història dels accidents d'entrada d'aigua a la mina i l'aparició sobtada de bòfies. Així mateix, també s'adjunten altres informacions que poden ajudar a la seva interpretació, que es descriurà al capítol 4 de síntesi.

1984	Estudis i sondejos per Geoconsulting per recollir salmorres.
1985	Primera entrada important d'aigua a la rampa de Sant Onofre.
1987	Es va inundar bona part de la primitiva rampa de Sant Onofre però l'aigua no va arribar a la rampa de servei.
1993	Sondejos per Geoconsulting.
1990	Comença l'aprofitament de la sal dipositada a la terrera Nova i els llots corresponents es tornen al marge sud de la vall.
1994	S'obre l'explotació subterrània de sal, a 50 metres de profunditat, denominada Las Salinas.
1995	Indicis d'una altra entrada d'aigua a la rampa (segons comunicació verbal).
1997	Sondejos mecànics de reconeixement.
1997	Prospecció geofísica: SEV i georadar.
1997	El 25 d'agost Ferran Cardona baixa al nivell 720 i a 50 metres del pou Alberto toca l'aigua. Però un contrapou de més de 100 metres de fondària està sec.
1997	Es fa l'estudi de viabilitat d'implantació d'un abocador controlat.
14/03/1998	Es detecta una entrada d'aigua a la mina Las Salinas.
14/03/1998	El pou de Sant Onofre, situat a 25 metres per sobre del sostre de la mina, queda sec (se'n treien 8-10 m ³ /h). Sembla que també es va buidar l'aigua de sota la Minilla.
15/05/1998	S'estabilitza el cabal entre 6 i 7 m ³ /h, des del segon dia de l'accident. Posteriorment varia segons les pluges o el bombeig d'aigües fecals de Cardona.
10/01/1999	Amb les pluges importants, que provoquen entrades massives d'aigua a la mina, comencen a formar-se bòfies a la llera del riu, paral·leles a les pilones. Entren cabals de l'ordre de 100 m ³ /h i es mantenen fins al febrer
Febrer 1999	Actuacions al riu a fi de disminuir-ne el cabal (per exemple, derivació de l'aigua pel canal de l'Aranyó); llera el màxim de seca possible. L'entrada d'aigua es desplaça des de la cambra 1 fins al Silo. Els piezòmetres canvien el gradient, passant del Cardener al fons de la vall Salada.
16/03/1999	Es comprova la connexió del riu Cardener amb l'entrada d'aigua a la mina, mitjançant una coloració d'una quantitat important d'aigua.
Tardor 1999	Plugues extraordinàriament fortes penetren a l'interior de la mina.
3/05/2000	Ferran Cardona fa un reconeixement espeleològic dels conductes càrstics.
Juny 2000	Plugues extraordinàriament fortes penetren a l'interior de la mina. (Vegeu com ha quedat la llera del riu Cardener a l'altura de l'antiga caseta de l'autobús a la figura núm. 51).
20/10/2000	Inauguració oficial del túnel per al desviament del Cardener, encara que funcionava des de feia algunes setmanes.
29/11/2000	No es pot baixar a la mina, ja que a uns 50 metres ja es troba el nivell de l'aigua. Es bombegen 4 l/s durant 7 hores al dia. Se segueixen els conductes de les aportacions de l'aigua del riu a la mina i es detecten dos episodis

3.2. Geomorfologia i activitat minera

- corresponents a pluges copioses: nivell tardor 2000 i nivell juny 2000. L'aigua s'ha obert pas a 40 metres de profunditat.
- 2000 S'aprofundeix un altre nivell a -30 metres en l'explotació de sal Las Salinas, que ja estava a -50 m.
- Desembre 2002 Es deriva tot el cabal del Cardener pel nou túnel. Queda tot el meandre sec.
- 1/03/2003 El rierol Salat, que darrerament sortia al peu del turó de Sant Onofre, penetra cap a l'interior de la rampa de Sant Onofre amb un cabal d'1,2 l/s (darrerament s'havia desplaçat 20 metres al sud).
- 2004 El cabal de l'aigua que es bombeja en la cota 300 oscil·la entre 5 l/s i 20 l/s. La seva tendència és d'anar pujant gradualment.

La mineria ha modificat el panorama de la vall Salada. Aquestes modificacions es poden resumir en el següent quadre recopilatori (taula núm. 18).

Núm.	Modificacions superficials	Modificacions subterrànies	Rellevància
<S. XX	Excavacions manuals		x
		Mina del Duc	xx
1925-1931	Construccions factories i transport aeri per a vagonetes penjades per la vall i després fins a Súria	Construccions pous miners i galeries subterrànies. Descens molt important del nivell freàtic	xxx
1931-1972	Rebliment de terrera Vella		xx
1972	Construcció rampa. Canvi del transport aeri per cintes contínues	Construcció rampa. Més facilitats per a entrades d'aigua	xxx
1972	Rebliment de terrera Nova		xx
1985		Entrada d'aigua per la rampa de Sant Onofre	xxx
1990	Aprofitament de la sal dipositada en la terrera Nova i deposició de llots al marge dret de la vall (vegeu la figura núm. ---)		xxx
1994		Excavació nova mina de sal Las Salinas a 50 metres de profunditat	xx
1996		Obertura de la Minilla amb finalitats turístiques	x
1998		Entrada d'aigua a la mina Las Salinas	xxx
1999	Formació de bòfies importants	Evolució i augment de les entrades d'aigua per la rampa de Sant Onofre	xxx
2000	Túnel desviament del Cardener	Reaprofundiment 30 metres en una nova galeria de l'actual mina Las Salinas.	xxx
2003	Projecte recuperació de la vall Salada		xxx
2006	Acabament de l'aprofitament de la terrera Nova i inici de la Vella		xxx

Taula núm. 18. Modificacions de la mineria a la vall Salada



Figura núm. 51. L'esvoranc que ha quedat finalment a la llera del riu Cardener té unes dimensions de més de 7 metres de profunditat per 200 metres de llargària i 30 d'amplada. Els límits longitudinals a la llera del Cardener anaven des de sota de la cinta transportadora fins a trobar les margues suprasalines, és a dir, tota l'amplada del diapi

3. RESULTAT HIDROGEOLÒGIC