

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

Capítol 1. INTRODUCCIÓ

Índex

Capítol 1. INTRODUCCIÓ.....	1
1.1. Propòsit	2
1.2. Objectius	2
1.3. Motivació	2
1.4. Abast	3
1.5. Justificació	3
1.6. Etapes i metodologia emprada	4
1.7. Comentari sobre documentació consultada.....	7
1.8. Síntesi dels documents principals	7

Capítol I. INTRODUCCIÓ

1.1. Propòsit

La Muntanya de Sal de Cardona i el seu entorn han estat un misteri des de sempre per a tothom. També hi havia un encís que captivava davant la bellesa de la Muntanya de Sal. Així mateix, quan s'observaven els brolls d'aigua arreu de la vall Salada, o més darrerament quan el riu Cardener s'infiltrava cap a l'interior de la mina, va esdevenir un repte conèixer el comportament de les aigües que tan aviat afloraven com desapareixien.

Com pot ser que els rierols i les surgències canviïn de lloc en tan poc temps? Com poden interactuar la convergència de les cavitats mineres, la puja diapírica i l'erosió de l'aigua? Per què s'infiltrava l'aigua cap a la mina? Què ha passat darrerament que traspués l'aigua del Cardener cap a dins de la mina? Què passarà quan s'acabi l'explotació de la mina d'aquí a uns anys? Esbrinar totes aquestes preguntes és el propòsit d'aquest treball.

1.2. Objectius

L'objectiu principal del treball consisteix principalment a estudiar el comportament de l'aigua subterrània al llarg de tota la vall Salada, des del capdamunt de la vall a la bòfia Gran fins a l'antic aiguabarreig amb la llera del riu Cardener.

Concretament, es poden diferenciar els objectius següents:

- Deduir quins circuits fan les diferents entrades d'aigua a la vall.
- Conèixer el perquè del comportament de l'aigua dins la vall.
- Saber com funciona l'aquífer de la vall Salada.
- Avaluar quina evolució en el temps ha tingut l'aigua subterrània.
- Preveure què passarà a la vall Salada de Cardona en el futur.

1.3. Motivació

A més de l'interès naturalístic i personal que es pot tenir per conèixer el comportament de les aigües subterrànies a la vall Salada, ja hi ha hagut anteriorment l'interès tecnològic i miner per a la ubicació de les diferents entrades a les explotacions mineres.

Així, els pous miners Alberto i María Teresa ja es van emplaçar en l'indret que es caracteritzava pel fet d'estar sobre la sal, en roca consolidada i que a la vegada no preveia inundacions. Un gran estudiós del comportament de l'aigua en roques evaporítiques i concretament en l'entorn de Cardona va ser M. Floquet, que el 1933 va fer un interessant estudi d'aquells entorns. També quan es va dissenyar la rampa de Sant Onofre es va intentar seguir la mateixa estratègia, emplaçant l'entrada de la boca de mina a l'indret més elevat possible de la vall. Malgrat això, el tram més superficial de la rampa encara estava massa a prop del nivell del Cardener, com es veurà més endavant. Per aquest motiu l'any 1985 ja hi va haver la primera entrada important d'aigua a la mina. Llavors ja es va començar a estudiar el comportament de l'aigua subterrània mitjançant tècniques de prospecció geofísica generalitzada.

De fet, el 1983 l'empresa Geotecnia (Geoconsulting) ja havia tornat a estudiar la hidrogeologia de la vall Salada, per encàrrec de la Direcció General d'Obres Hidràuliques de la Generalitat de Catalunya, amb l'objectiu de recollir les salmorres de la vall i transportar-les al mar per un col·lector.

Capítol I. INTRODUCCIÓ

El 1997, i amb motiu de la construcció d'un possible dipòsit subterrani controlat de residus especials a l'antiga mina de sal de Cardona, es fa un estudi de viabilitat molt complet, un dels apartats més importants del qual és el d'hidrogeologia.

Un dels episodis més importants pel que fa a l'aigua subterrània a la vall va tenir lloc entre el 1998 i el 2000. Primerament va ser una entrada d'aigua imparable a la mina Las Salinas de clorur sòdic, a 50 metres de profunditat. A principis del 1999 van començar a aparèixer unes bòfies a la llera del riu Cardener que van anar evolucionant fins que gairebé tots els grans aiguats del juny del 2000 van penetrar cap a l'interior de la mina més profunda, Nieves, i van obrir uns passatges subterranis de gran interès espeleològic. Es va paraitzar parcialment l'entrada d'aigua del riu a les mines gràcies al fet que es va començar a utilitzar el túnel pel riu que desviava l'aigua del meandre connectat hidràulicament amb la vall Salada. En aquest període va ser quan l'Administració autonòmica va fer estudis per avaluar la importància del fet i preparar l'execució del túnel.

Encara que darrerament hi ha hagut estudis en què s'han realitzat reconeixements geofísics de tot tipus i s'han extret columnes estratigràfiques de llocs estratègics, durant molt temps hi ha hagut molta confusió en la interpretació de les entrades i sortides d'aigua a la vall Salada. S'han donat teories de tot tipus, unes de més encertades que altres. És per tot això que es considera necessari aplegar tot el que s'ha fet –estudis anteriors, assajos i observacions de camp, geofísica, evolució de cabals, darrers sondejos i altres treballs similars– a fi de conèixer el subsòl de la vall Salada i d'aquesta manera preveure el que pot passar en el futur.

1.4. Abast

L'interessant comportament de l'aigua a la vall Salada fa que sigui necessari estudiar l'abast des d'un punt de vista cronològic i també geogràfic. D'aquesta manera, dins el temps, s'ha de considerar quina ha estat l'evolució geològica de tota la vall i a més com estava fa uns anys abans de les excavacions subterranies, com està ara i quin futur l'espera.

Des del punt de vista d'abast geogràfic, el treball estudia l'entorn de la vall Salada de Cardona i el seu entroncament amb la llera del riu Cardener, influenciat pels mateixos materials salins.

També es considera necessari en un futur aprofitar coneixements del comportament de l'aigua amb els dipòsits de sal en altres indrets de condicions similars, a fi que es pugui preveure en un futur alguna cosa del que ha passat darrerament a Cardona. Així, l'al·luvial de Súrria té unes característiques similars que fan necessari comparar-les i estudiar-les. L'altre indret interessant per conèixer el comportament de l'aigua subterrània i la salmorra és l'entorn de Sallent, tant en la subsidència del barri de l'Estació per la mina Enrique com en les surgències importants de salmorres en els extrems del nucli urbà.

1.5. Justificació

A més del fet pur de coneixement del comportament, gairebé capritxós, de l'aigua en un indret determinat com és la vall Salada de Cardona, cal considerar que aquest indret és un PEIN, cosa que fa encara més important el coneixement de l'espai.

Les justificacions per a un estudi de la vall Salada també són les relatives a la seva aplicació tècnica per a possibles futurs accidents en altres indrets similars de la conca potàssica catalana.

S'ha de tenir en compte que l'entrada d'aigua en jaciments salins és el seu gran enemic, ja que la més petita entrada pot augmentar per dissolució en grans i llargs conductes. Un taponament

Capítol I. INTRODUCCIÓ

d'una entrada d'aigua en sal presenta grans dificultats i no se'n pot assegurar una solució definitiva.

Hi ha una recopilació (Barrera 1970) de més de cent anys de vida de la mineria europea de potassa (a part de Rússia) en què es va aprofundir més de 300 pous, i uns 40 es van abandonar per entrades d'aigua. D'aquests darrers, els temps transcorreguts des de la primera aparició d'aigua fins a l'abandonament de la mina per inundació total són els que s'indiquen a la taula núm. 1:

<i>Nombre de mines inundades per l'aigua</i>	<i>Temps des de l'inici fins a l'abandonament</i>
3 mines	10 anys
2 mines	1 any
2 mines	6 mesos
1 mina	10 dies
2 mines	1 dia

Taula núm. 1. Temps transcorregut des de la primera aparició d'aigua fins a l'abandonament de la mina per inundació total (Barrera 1970)

Un altre factor que justifica la realització d'aquest treball és el fet de ser un indret miner malmès, impenetrable actualment per la seva inundació, l'històric miner i històric del qual ha desaparegut. Per aquest motiu la recerca i la recopilació de plànols, estudis i bibliografia específica d'allà ja justifiquen la realització del treball.

A més, una altra justificació es pot trobar en el món acadèmic. A la vall Salada hi conflueixen una sèrie de fets geològics i miners que fan que sigui un aparador per a la formació de geòlegs, miners i altres científics o tècnics relacionats amb el terreny (enginyers, arquitectes, tècnics d'obres públiques, etc.). Darrerament, als fets geològics que comporta el diapir, s'hi han d'afegir les molt interessants observacions geomorfològiques i sobre riscos naturals degudes a les dissolucions, bòfies i subsidències en els materials salins.

Per altra banda, Cardona ha esdevingut un lloc turístic. La potenciació d'aquest fet social que es fa de la Muntanya de Sal pot ser utilitzada per a la correcta transferència de coneixements geològics i hidrogeològics.

Darrerament hi hagut moltes observacions, sigui per l'entrada d'aigua que va inundar la mina, sigui pel desviament del riu Cardener, sigui pel descens de la base piezomètrica de la vall Salada que és a desenes de metres per sota de l'antiga llera del riu. El comportament hidrogeològic ha variat totalment, fet que ha transformat irreversiblement antics comportaments històrics. Les observacions que s'hi han fet, les anàlisis de les mostres d'aigua, les experiències geofísiques i de traçadors (encara que a vegades no es van desenvolupar com es volia) en aquests moments són fets valuosos que ja no es podran tornar a realitzar. També per això és important l'elaboració d'aquest treball.

1.6. Etapes i metodologia emprada

El treball ha estat elaborat en tres etapes en el temps (vegeu la figura núm. 1). Les dues primeres estan separades pel darrer accident o entrada d'aigua del riu Cardener a la mina superficial de Las Salinas, fet important que desencadena la irreversibilitat de l'estat hidrogeològic passat. La darrera etapa es fonamenta en les informacions aconseguides quan les aigües del riu no passen pel diapir i aparentment sembla que hi ha estabilitat hidrogeològica.

Capítol I. INTRODUCCIÓ

- A. La primera fase comença l'any 1996 amb el reconeixement del terreny i les primeres anotacions d'aquest fet. Continua el 1997, quan, com a resultes de la possible implantació d'un dipòsit de residus especials a les mines de sal de Cardona, se n'estudia la viabilitat, es forma un equip de treball plural i es participa plenament en l'estudi de la seva hidrogeologia. En aquesta fase és quan es fa una tasca de recerca de documentació i de base d'aquest entorn.
- B. La segona fase es caracteritza per accidents hidrogeològics i variacions importants en el comportament dels fluxos subterranis. Comença el 1998 amb la recerca relacionada amb l'entrada d'aigua a la mina Las Salinas, continua amb l'aparició de les bòfies i esfondraments importants a la zona d'aiguabarreig del torrent Salat amb el riu Cardener, i acaba amb la construcció d'infraestructures per frenar l'entrada massiva de l'aigua del Cardener a les mines actives de Las Salinas. Durant aquesta fase és quan l'Administració autonòmica fa més sondejos i inverteix més en obres, com és el desviament del riu mitjançant un túnel, la substitució del canal de l'Aranyó per una canonada impermeable i la construcció de dues pantalles a la confluència del riu Cardener amb la vall Salada per frenar l'escolament subterrani aigües avall i aigües amunt, que podria ajudar a la infiltració de més aigua cap a l'interior de les mines. Aquesta fase finalitza el 2002 coincidint amb el final d'obres d'infraestructures.
- C. La tercera fase comença el 2003 i s'allarga fins al 2005, i es treballa amb la darrera recopilació de documents i la revisió de dades. Es fa un reconeixement hidrogeològic i miner de tota la història de la vall Salada i el seu entorn. En un principi es volia representar una síntesi en tres temps, és a dir, com funcionava la vall Salada en el passat, en l'actualitat i en un futur pròxim, però amb les dades aconseguides s'ha considerat més adient acotar-ho en espais de temps més curts (quan la informació ho ha permès). En aquesta mateixa síntesi s'ha intentat descriure el que pot passar en un futur a llarg termini.

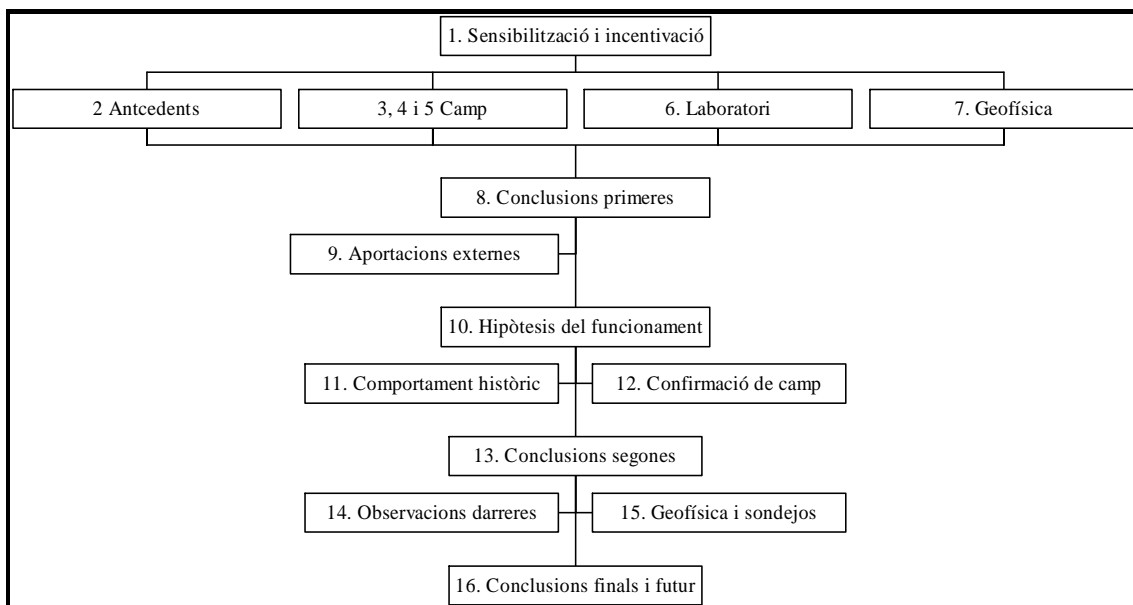


Figura núm. 1. Les tres fases de redacció de la tesi

Capítol I. INTRODUCCIÓ

Per assolir els objectius esmentats, s'han realitzat els treballs següents:

1. Observació i sensibilització de l'entorn de la vall Salada de Cardona. Sobresurt el fenomen geològic de la mateixa Muntanya de Sal, així com el complex comportament de l'aigua al llarg de tota la vall. Per altra banda, impacta l'estat de la mateixa vall per l'acumulació de residus, principalment per les terreres i els llots resultants del tractament de la potassa.
2. Recerca d'informes, plànols, estudis, publicacions i fins i tot d'experiències expressades pels tècnics o treballadors que havien treballat a la mina. Aquesta tasca ha estat àrdua i penosa, ja que la gran majoria d'informació i estudis específics que s'havien realitzat per a la bona marxa de l'explotació han desaparegut. Malgrat tot, s'ha pogut recollir, moltes vegades fins i tot de particulars, una interessant bibliografia específica sobre la mina que probablement hauria desaparegut.
3. Reconeixement de camp relatiu a la geologia, l'estructura geològica, la geomorfologia, el comportament de l'aigua, etc.
4. Realització d'un inventari de 71 punts d'aigua de la vall i del seu entorn, amb la presa de les corresponents dades hidrogeològiques.
5. Anàlisi hidrogeoquímica de la majoria dels punts d'aigua.
6. Presa de dades meteorològiques *in situ* i del cabal del torrent a la sortida del forat Micó, amb les corresponents obres per a la ubicació d'un aforador triangular al mig de parets de sal amb la inestabilitat que suposa qualsevol pèrdua d'aigua.
7. Primeres campanyes de prospecció geoelèctrica i de georadar: la primera al llarg de la vall i per sobre de la rampa a fi de comparar resultats de dècades passades, la segona a sobre de l'entrada d'aigua a la mina Las Salinas. Es van aprofitar estudis amb georadar realitzats en superfície per comparar dades i resultats.
8. Primeres hipòtesis a partir de les observacions i els estudis anteriors. Coincideixen amb una primera època d'estudi entre els anys 1996 i 1998.
9. Campanyes adreçades a buscar dades concretes amb prospecció geoelèctrica realitzades a la part de la recàrrega de les diferents entrades d'aigua a la vall.
10. Intercanvis d'informació i d'opinions amb diferents experts que han realitzat estudis o observacions en aquelles contrades, principalment sobre el desviament del riu i en la col·locació de tancaments subterranis al mateix llit del Cardener. Ha estat important revisar i actualitzar la informació hidrogeològica que s'ha obtingut darrerament: variacions hidrogeoquímiques, sondejos i informes recents, etc.
11. Elaboració d'hipòtesis del funcionament intern de les diferents entrades d'aigua a la vall al llarg dels darrers anys, amb la correlació dels danys i subsidències que han tingut lloc.
12. Comprovació del comportament de les aigües, del relleu actual, i explicació de les observacions fetes en l'actualitat.
13. Primeres conclusions generals.
14. Observacions de cabals interns que encara s'infiltra a l'interior de la mina i altres que fan reconsiderar plantejaments anteriors.

Capítol I. INTRODUCCIÓ

15. Darrera campanya geofísica i de sondejos, adreçada a determinar comportaments no esperats prèviament.
16. Conclusions del que ha passat històricament i descripció d'un futur de la vall Salada.

1.7. Comentari sobre documentació consultada

La revisió d'antecedents és un primer pas imprescindible per a qualsevol estudi. Malgrat aquesta premissa, s'ha de fer èmfasi en la costosa tasca de recopilació d'informació que es va fer en una primera fase, ja que havien desaparegut els informes tècnics que tenia l'empresa minera, fins i tot de la mateixa administració competent. S'ha pogut fer aquesta recopilació gràcies moltes vegades a documents valuosos salvats per tècnics conscients de la importància que tenien. També s'ha de considerar la fase de confusió i intrmissió política que hi va haver quan l'aigua del riu entrava a la mina i es decidia la construcció del túnel de desviament del riu.

En aquesta secció es descriu la tasca de recerca d'informació tècnica i hidrogeològica realitzada en la primera etapa. El fet que sigui una zona minera, explotada amb aprofitaments subterranis mitjançant pous i galeries des del 1927, fa pensar que hi ha d'haver molts documents i plànols miners. Però la realitat és ben diferent, principalment per motius de tancament a principis de la dècada dels noranta, juntament amb la desaparició gairebé total dels arxius tècnics de l'empresa. Això ha fet que hagi estat molt difícil localitzar documents i estudis històrics rellevants d'aquesta zona.

La metodologia per a la recerca de la informació existent ha consistit a visitar diferents centres d'interès que poguessin tenir informació de plànols, estudis, informes tècnics relacionats amb la mina de Cardona. S'ha fet un èmfasi especial en els documents tècnics històrics.

Els llocs on s'ha dut a terme la recerca han estat la mateixa empresa de les mines, l'arxiu de Cardona, biblioteques de la zona, entitats públiques de la Generalitat de Catalunya i de la Diputació de Barcelona, com són el Departament de Medi Ambient, la Subdirecció General de Mines, la Junta d'Aigües –actualment Agència Catalana de l'Aigua (ACA)–, la Junta de Sanejament, el Servei Geològic, Aigües de Barcelona, altres empreses privades, i també s'han consultat tècnics coneixedors de la zona.

El resultat, malgrat la problemàtica esmentada, ha estat encara fructuós, com es pot observar a continuació.

1.8. Síntesi dels documents principals

Els documents aconseguits són una col·lecció d'estudis i moltes vegades de plànols antics, sense caràtula ni llegendes, moltes vegades inconnexos, que una vegada llegits i interpretats han fet un servei molt valuós, ja que s'han pogut conèixer algunes de les característiques d'aquell entorn superficial i subterrani en el passat.

Aquests documents són els següents:

- *Informe del accidente de la entrada de agua en la rampa de San Onofre.* És un document format per una memòria escrita de setze pàgines més un conjunt de plànols. Correspon a una sèrie de descripcions de l'accident que va tenir lloc el maig del 1985 i una hipòtesi de per què va passar. No està firmat ni datat.

Les conclusions d'aquest informe es poden resumir en els punts següents:

Capítol I. INTRODUCCIÓ

a) Les aigües que van entrar a la rampa de Sant Onofre en l'accident del 1985 tenien un important origen en el conegut Arroyo Loco, és a dir, el torrent Salat. La captació i el reaprofundiment del llit en la surgència d'aquest torrent van fer disminuir molt l'aforament de l'aigua que va entrar a la rampa.

b) Les aigües sorgents al peu de la terrera Vella constituïen una aportació important del torrent Salat i indirectament un perill per a la rampa.

c) La falla de Cardona és un aflorament d'aigües que va afectar la rampa.

d) De l'exploració geofísica i de les anàlisis químiques realitzades es dedueix que les aigües que afectaven la rampa procedien d'infiltracions de la vall Nord, que a la vegada tenen l'origen en el rec dels horts d'aquella zona.

e) S'observa en el perfil geològic fet sobre la rampa que hi ha una zona de dissolució amb gran perill per a la rampa de Sant Onofre. Aquesta zona està alimentada per les aigües de reg.

Aquest informe recomana que, a més de les mesures de captació, s'expropiï els terrenys de conreu situats sobre la rampa a fi d'evitar els recs.

• *Recopilació geofísica.* És un informe fet per l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Mines de Madrid, realitzat el 1985, poc després de l'accident de l'entrada d'aigua a la rampa de Sant Onofre. Aquest informe està compost per una memòria de tretze pàgines més uns annexos de sondejos elèctrics verticals, anàlisis químiques de les aigües de l'entorn, precipitacions mensuals des del 1956 fins al 1984 i diagrames de cabals i orificis que va produir l'aigua a la rampa de Sant Onofre. L'informe no està firmat però està datat a Madrid el juny del 1985.

L'objectiu d'aquest estudi era localitzar les zones de sals dissoltes al sostre de la rampa de Sant Onofre. Les conclusions es recullen un plànol i són:

1) Existeix una zona de resistivitat de 2 ohms-m amb desenvolupament E-O i situada al sud de la vall, a una profunditat superficial de 3 m a 10 m.

2) Una segona zona de resistivitat entre 2 i 5 ohms-m amb direcció fluctuant, però amb tendència E-O i situada al centre de la vall. Té una profunditat és de 9 m a 30 m. S'esmenta que hi ha una zona més conflictiva sobre la rampa i amb un desenvolupament aparent de 50 m.

3) Existeix una tercera zona anòmala que es desenvolupa a la zona nord, amb una resistivitat de 5 ohms-m i una profunditat mitjana de 36 m a 44 m.

L'existència d'aquest estudi, juntament amb els plànols d'ubicació d'alguns dels sondejos elèctrics verticals que hi ha sobre la rampa, ha permès repetir l'experiència geofísica per comparar resultats i deduir l'estat en el temps dels nivells de sal en aquesta zona de la rampa.

• *Col·lecció de plànols i diagrames.* S'ha pogut recopilar una sèrie de plànols i diagrames moltes vegades sense saber a què corresponen ni quan es van fer, però són útils per saber com estava abans la zona. Aquests documents són els següents:

- Plànol denominat *Valle Salado. Pozo captación de aguas.*
- Plànol de tota la vall Salada, sense caràtula, però, per indicació verbal de tècnics que l'utilitzaven, era d'abans del 1974.
- Plànol de la zona de meandres del riu Cardener. Hi ha indicades falles i zones de Quaternari. Sense caràtula.
- Plànol amb indicació d'antigues canonades per sobre de la vall Salada. També sense caràtula.

Capítol I. INTRODUCCIÓ

- Plànol de situacions d'antics sondejos sobre la rampa de Sant Onofre. Sense perfils ni característiques. Sense caràtula.
- Plànol de tota la vall Salada i fins al meandre dels Escorials. Sense caràtula.
- Taula de característiques químiques i físiques de punts d'aigua de la vall Salada, sense indicar la data de realització.
- Diagrames químics, de Cl, Cl₂Mg i K₂O, d'uns mesos a la vall Salada, rampa i terres. Sense caràtula ni any de realització.

En un d'aquests plànols es perfila l'antiga mina del Duc, explotada fins al 1930 (segons comunicació verbal dels tècnics de la mina). S'hi aprofitava primerament la sal gemma, que era utilitzada principalment com a boles de sal per al bestiar. Darrerament, però, es va aprofitar com a mina de potassa, per la qual cosa es va variar el sentit de l'explotació en direcció sud. Això va provocar que s'arribés fins a les parets del diapir, per la qual cosa es va infiltrar tal quantitat d'aigua que en aquell temps no va ser rendible desguassar-la i totes les instal·lacions subterrànies es van negar. Posteriorment aquesta explotació va ser utilitzada com a reservori de llots i sals abans de construir la terrera Nova.

• FLOQUET, M. (1933). *Estudio de la avenida de agua en minas de potasa. Caso particular de Cardona*. Original en francès i posteriorment traduït al castellà. És un informe tècnic de 34 pàgines. Té l'índex següent:

- 1) Teoria general
- 2) Mines alemanyes inundades
 - a) Jessenitz i Friedrich Franz
 - b) Reinharsbrunn
 - c) Ilseburg i diapir d'Asse
 - d) Diapir de Carlsfund
- 3) Cas de Cardona
 - a) Característiques de l'aqüífer del diapir de Cardona
 - b) Nota referent al Salzspiegel
 - c) Topografia de la salina
 - d) Topografia subterrània
 - e) Característiques aquíferes dels terrenys de recobriment
- 4) Conclusió

En aquest estudi es descriuen els diferents orígens de l'existència d'aigua a les mines de sal i s'assenyalen més àmpliament les entrades d'aigua relacionades directament amb les aigües superficials, ja que representen un perill extremadament greu, segons l'autor. A continuació fa un repàs de les mines de la regió de Hannover que han estat plenes d'aigua. Finalment descriu unes experiències d'existència d'aigua a la mina de Cardona, i conclou de la manera següent:

- El risc d'aigua al diapir de Cardona no és il·lusori.
- El complex miner Nieves és una mina relativament poc seca.
- El perill pot provenir de la mateixa salina a causa de les zones esmicolades o fissurades que hi ha al jaciment salí, perquè es desconeix la capacitat aquífera del subsòl de la salina que està en comunicació directa amb el Cardener. Aquest fenomen és més pronunciat sobretot en la vertical de les falles límit dels costats del diapir, que corresponen a una zona inestable i més en moviment que les altres.
- El perill pot provenir de les falles reconegudes, així com de les zones de dissolució subterrània que poden ser creades pel Cardener.
- Finalment, el perill pot provenir dels accidents que destrueixen o alteren els terrenys estancs del recobriment.

Finalment, també hi ha una sèrie de recomanacions sobre l'explotació de la mina.

Capítol I. INTRODUCCIÓ

• FERNÁNDEZ-RUBIO, R., MATA LLANA, M., RAMÍREZ, A. (1980?) *Influencia del kars salino de Cardona en la salinidad del río Cardener*. Informe de vint-i-set pàgines, amb l'índex següent:

- 1) Introducció
- 2) Situació geogràfica
- 3) Situació geològica
- 4) Prospecció geofísica
- 5) Hidrologia
- 6) Hidroquímica
- 7) Conclusions
- 8) Bibliografia

Les conclusions a què arriben els autors són les següents:

- L'aportació de sal dissolta a les aigües del torrent Salat que drena la vall del mateix nom i desguassa al riu Cardener procedeix de: *a)* la circulació superficial o epigea, i *b)* la circulació subterrània o hipogea.
- L'estudi ha posat de manifest que aquesta última, formada pel drenatge i la lixiviació d'un sistema càrstic desenvolupat en les evaporites que constitueixen el fons de la vall Salada, aporta al riu Cardener pràcticament la mateixa quantitat que la primera.
- Per tant, qualsevol projecte de captació d'aigua salada en aquesta àrea obligaria a una desviació del curs del riu Cardener, potser curtcircuitant el meandre de Cardona, per permetre la captació de la circulació hipogea.

• *Geofluidologia del yacimiento potásico de Cardona* (1978). És un informe recopilatori, sense autor, però ben segur realitzat pel personal tècnic de la mina de Cardona. L'índex és el següent:

- 1) Introducció
- 2) Climatologia
- 3) Observacions sobre la circulació d'aigües a l'exterior i la seva possible incidència en l'explotació
- 4) Exploració geofísica a la vall Salada

En la introducció es comença descrivint els tres punts negres:

a) Presència del riu Cardener. Es comenta que no és aconsellable que l'explotació s'acosti a la vertical del llit del riu Cardener, ja que, encara que l'explotació sigui a 600 m, això podria ser perillós per la presència d'innombrables petites falles i la naturalesa extraordinàriament soluble dels materials salins.

b) Contacte carnal-liticomargós del vessant sud. Aquest contacte, afirma l'autor, és un vertader sistema càrstic. Es produeixen profundes bòfies i zones de dissolució, de les quals en molts casos és impossible predir la profunditat.

c) Torrent Salat. La influència d'aquest torrent és molt menor atesa la petitesa del seu cabal. De la mateixa manera, s'ha de considerar que es tracta d'aigua plenament saturada en sals, per la qual cosa el poder de dissolució és molt baix.

En referència a les precipitacions, es conclou dient que Cardona té un sòl sec. La humitat és deguda a l'evaporació i posterior condensació de la rosada. La quantitat de pluja caiguda és normal. El sòl és bastant impermeable, amb una capacitat de retenció hipodèrmica baixa. Això fa que en zones obagues o de vegetació espessa en què l'evaporació és problemàtica, es produeixin tolls que tarden a perdre l'aigua. Paral·lelament s'estudia la pressió atmosfèrica i els vents dominants.

Les observacions sobre la circulació d'aigua superficial són:

a) El torrent Salat

Capítol I. INTRODUCCIÓ

- b) La galeria de la Muntanya (es refereix a la Minilla de la Muntanya de Sal) en què rep una aportació d'aigües dolces que provenen d'uns gresos i que han originat unes galeries per sota de l'actual (això està contrastat en l'actualitat per les prospeccions amb el georadar)
- c) Deu al peu de la terrera (Nova)
- d) Pou del Duc i vessant sud del diapiir
- e) La vall Salada en general
- f) Aigües que poden afectar Sant Onofre
- g) Observacions a la rampa de Sant Onofre, en la qual es comenten uns gotejos característics.

Al quart capítol es descriuen les campanyes geofísiques realitzades, amb la interpretació que es fa dels valors de les resistivitats i l'estat de la sal. Es conclou amb diferents punts, en un dels quals es diu que es pensa que l'únic perill que hi ha a la rampa és el torrent Salat, per la qual cosa es recomana la seva captació.

• **SERVICIO GEOLÓGICO MINERO DE LAS MINAS DE CARDONA (1977).** *Balace hidrogeológico de Cardona.* És un informe manuscrit de dinou pàgines, més sis taules i uns setanta gràfics. Tot plegat informa sobre les característiques climatològiques des de l'any 1956 fins al 1977 i el seu balanç respectiu. Aquesta recopilació sembla que ha servit per fer l'estudi anterior, *Geofluidología del yacimiento potásico de Cardona (1978).*

• **GEOTECNIA (1984).** *Estudio hidrogeológico de las aportaciones subterráneas del arroyo Salado al río Cardener PRIMERA FASE.* És un estudi tècnic d'unes cinquanta pàgines, amb quatre quadres i tretze gràfics. Aquest estudi té com a objectiu conèixer les aportacions salines per a la construcció del col·lector de salmorres, per la qual cosa la Direcció General d'Obres Hidràuliques de la Generalitat de Catalunya va encarregar l'estudi esmentat. Aquest col·lector tenia la finalitat de derivar els desguassos de les fàbriques mineres i les aigües superficials fortament contaminades del torrent Salat. Preocupava l'existència d'aigües salades naturals i de forma subterrània, que podien disminuir sensiblement el resultat del col·lector. Amb la intenció d'estudiar tot això es va realitzar aquest estudi, que té l'índex següent:

- 1) Antecedents
- 2) Geologia superficial
- 3) Inventari d'entrades i sortides
- 4) Balanç de clorurs
- 5) Hidrogeologia
- 6) Conclusions

Les conclusions a què s'arriba amb l'estudi són:

- En les dues mesures realitzades al riu Cardener pel que fa a les aportacions de sal, resulta que la del dia 2 de juliol de 1984 tota l'aportació de l'ió clorur era superficial i de l'ordre de 190 tm/dia. En l'altra, que es va fer el 23 de juliol de 1984, en canvi, l'aportació subterrània era de 35 tm/dia i la superficial era de 131 tm/dia, és a dir, un 70 %. Entre la primera i la segona mesura els cabals superficials del riu i del torrent Salat es van reduir quasi a la meitat.
- L'origen de les aportacions salines corresponents entre un 40 % i un 50 % als clorurs totals que porta el riu és de: Colònia Arquers, cubetes de l'empresa UERT, drenatge de la terrera Nova i basaments directes al riu de la fàbrica. La resta d'aportacions, llevat del drenatge subterrani d'aigua de la terrera activa al torrent Salat, són d'origen natural.
- Les característiques principals de l'aqüífer salí i el seu funcionament hidràulic són: l'aqüífer salí, segons l'autor, el formen principalment la meitat sud del tram mitjà i final de l'aflorament salí. Aquest aqüífer es drena al torrent Salat al llarg del seu tram superficial i fins i tot al riu Cardener de forma subterrània. La recàrrega de l'aqüífer s'estima en 290.000 m³ anuals, dels quals 96.000 m³ són d'origen artificial (Colònia Arquers i mina, cubetes d'UERT i l'aportació subterrània de la terrera activa).

Capítol I. INTRODUCCIÓ

• GEOTECNIA (1984). *Estudio hidrogeológico de las aportaciones subterráneas del arroyo Salado al río Cardener SEGUNDA FASE*. És un estudi tècnic d'unes cinquanta pàgines, amb vuit gràfics. En aquesta segona fase els objectius marcats eren:

- a) Determinar les aportacions subterrànies d'aigua salada al riu Cardener.
- b) Conèixer el funcionament hidràulic del conjunt aquífer salat - riu Cardener.
- c) Proposar alternatives per impedir o reduir el pas d'aigua salada al riu.

Per assolir aquests objectius es van realitzar els treballs següents:

- 1) Campanya de mesures de nivells d'aigua mitjançant aforadors per conèixer els cabals en els principals punts de la vall Salada.
- 2) Presa de mostres d'aigua en els mateixos punts esmentats per analitzar els clorurs.
- 3) Construcció de sis sondejos de reconeixement, amb un total de 100 m perforats.

Les conclusions a què es va arribar són:

- Les aportacions de sal al riu Cardener han variat entre 107 tm/dia i 182 tm/dia de clorurs. S'han pogut controlar mitjançant els aforadors instal·lats entre 35 tm/dia i 66 tm/dia. Han quedat com a aportacions incontrolades, és a dir, subterrànies, entre 58 tm/dia i 128 tm/dia.
- Hi ha dos aquífers al tram final del torrent Salat: l'aquífer salat i l'al·luvial del riu Cardener. L'aquífer salat, de poca espessor, està format per la sal carstificada. I l'aquífer al·luvial presenta una espessor de graves superior a 20 metres, que corresponen a l'espai deixat per la sal dissolta per l'aigua del riu.
- El funcionament hidràulic de les aigües de l'aquífer salat en arribar al riu Cardener pot ser de dues maneres: en el primer cas, drenant com a aigua superficial pel torrent Salat, que seria controlable, i en el segon cas, l'aigua s'infiltraria en l'al·luvial i es dirigiria cap al riu subterràniament, cosa que no permetria controlar fàcilment les aportacions de sal.
- El resum del funcionament hidràulic d'aportacions de sal al riu pot ser: a) quan el nivell del riu ascendeix, llavors disminueixen les aportacions de clorurs incontrolats i augmenten els controlats (els que van al riu per la superfície), i b) quan el nivell del riu descendeix, s'aprecia, amb un desfasament de dos dies, un increment de la salinitat incontrolada (aportacions subterrànies) en l'aigua del riu, així com un descens immediat de les aportacions controlades de sal.

Després d'aquestes conclusions, es fan una sèrie de recomanacions per controlar les aportacions de sal al riu Cardener. Es deixa clar que no es prefereix construir un sistema de captació mitjançant pous, ja que l'aigua dolça que prové del costat del riu podria erosionar encara més el fons de sal.

• GEOTECNIA (1985). *Estudio hidrogeológico de las aportaciones subterráneas del arroyo Salado al río Cardener TERCERA FASE*. És un estudi tècnic de vint-i-una pàgines, amb quatre gràfics. Aquest estudi correspon a l'última fase dels objectius encarregats per la unió temporal d'empreses SGAB-ACSA, amb les intencions següents:

- 1) Determinar l'evolució de les sortides superficials i subterrànies del torrent Salat al riu Cardener.
- 2) Definir el lloc més idoni per situar una presa subterrània.
- 3) Proposar el tipus de presa més adequada.
- 4) Estimar els resultats que es podrien obtenir si es construeix la presa.
- 5) Programar treballs que caldria realitzar paral·lelament a la construcció de la presa.

Les conclusions relatives al coneixement de la zona són:

Capítol I. INTRODUCCIÓ

- Hi va haver una evolució de les sortides superficials i subterrànies del torrent Salat, entre el maig del 1984 ($> 5 \text{ m}^3/\text{h}$), novembre del 1984 ($2-3 \text{ m}^3/\text{h}$) i abril del 1985 ($05-1 \text{ m}^3/\text{h}$).
- Es determina la ubicació i la profunditat de la presa subterrània.
- Es determinen les característiques de la presa subterrània.
- Es comenten els resultats i les repercussions a la zona, que podrien ser d'una major dissolució del sòcol salí, ja que les aigües podrien ser més dolces.

• FERNÁNDEZ MARTOS, J. (1993). *Informe hidrogeológico sobre la captación de aguas salmueras en Cardona*. És un informe tècnic de vint-i-una pàgines, cinc figures i un annex de fotografies en color dels testimonis dels sondejors. Per encàrrec de l'empresa AQUAPLAN es va realitzar una campanya de sondejors a la zona baixa del torrent Salat. L'objectiu era investigar el subsòl per a la construcció d'una futura captació de salmorres que substituís l'actual, de caràcter provisional. Aquest informe consisteix en una reconsideració i actualització de característiques obtingudes amb estudis anteriors.

• DIRECCIÓ GENERAL D'OBRES HIDRÀULIQUES del Departament de Política Territorial de la Generalitat de Catalunya (1993). *Projecte de liquidació del col·lector de sals morres del riu Llobregat*. En aquest projecte també hi ha la part corresponent al riu Cardener. En realitat, les obres de captació que s'han realitzat al final de la vall Salada no corresponen al projecte primitiu, per la qual cosa no s'ha facilitat aquesta part. Tan sols se sap, per via oral, que és un drenatge perpendicular al curs del torrent Salat, semisuperficial a un metre de profunditat, ple de grava, i que només té un abast d'una part de la desembocadura de la vall Salada.

• JUNTA DE SANEJAMENT, Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya. *Comunicat mensual d'explotació del col·lector de salmorres*. Des del tercer trimestre del 1991 fins al darrer del 1995, mes per mes i per a cada valor de: cabal, clorurs i tones, dels emplaçaments següents: rierol Salat (urgència de Sant Onofre núm. 25 més desguàs del pou de Sant Onofre núm. 30), abocador actiu (núm. 23), Cardona (riu Cardener), Súria, Conangle, Sallent i Sant Joan Despí.

• SOLE (1997). *Pla de labors per 1997*. Es disposa dels plànols que presenta anualment l'empresa Salinera de Cardona, SL i en què hi ha grafiat el que pensa explotar aquell any. També s'hi reflecteixen les futures explotacions que van per sota de la vall Salada.

• *Informe de tancament de la mina de Cardona* (1991). Conjunt d'informes i documents tècnics i administratius de l'estat de la mina en el moment del tancament. També hi ha una col·lecció de plànols en planta a escala 1/2000, que són:

- 1) Rampa d'extracció
- 2) Rampa 8. Salines Victoria
- 3) Nivell 720
- 4) Nivell 920
- 5) Nivell 950
- 6) Nivell 980
- 7) Nivell 1007
- 8) Nivell 1027

• SERVEI GEOLÒGIC de la Generalitat de Catalunya (1992). *Recuperació de la vall Salina de Cardona. Primera fase*. Document magníficament editat, dirigit i realitzat per Rafael Tourís, compost per quaranta-cinc pàgines DIN A3, quinze figures i quatre làmines. L'índex és el següent:

- 1) Introducció
- 2) Característiques generals de l'entorn
- 3) Geologia

Capítol I. INTRODUCCIÓ

- 4) Geotècnia
- 5) Hidrologia
- 6) Processos dinàmics de la conca
- 7) Resum i conclusions

En l'últim apartat del resum i les conclusions s'esmenten els punts següents:

- Risc geològic en general i específicament per al projecte d'urbanització o transformació turística de la vall Salada.
- Impacte ambiental –com són el visual o paisatgístic–, contaminació de la vall, alteració del funcionament hidràulic, dissolució i transport de la sal per les aigües i contaminació salina del riu Cardener.
- Recuperació de l'espai natural a tres nivells: 1) mesures urgents i necessàries per aturar la degradació que s'està produint en el present a la vall Salada; 2) mesures per corregir el procés de degradació antròpica que s'ha produït en el passat; 3) modificació dels processos naturals negatius per a la conservació de la vall o que afecten l'entorn.
- Acaba amb un seguiment de l'estudi a manera de recomanacions.

• FONT SOLDEVILA, Josep (1996). *Estat actual i experiències de mines de potassa adequades com a dipòsits de residus especials*. Estudi sol·licitat per la Junta de Residus de Catalunya, de la Generalitat de Catalunya. Recopilació i anàlisi de mines de clorur sòdic i de potassa arreu del món (principalment d'Europa) que s'han utilitzat o s'estan utilitzant com a dipòsits de residus. Descripció dels problemes que han tingut a l'inici, durant la seva explotació i en el segellament. Aquest estudi va ser com una fase prèvia per a l'estudi de viabilitat posterior d'un dipòsit subterrani controlat de residus especials a l'antiga mina de sal de Cardona.

• CARDONA OLIVAN, Ferran. (1997). *La problemàtica hidrogeològica a la vall Salina de Cardona*. Informe de vint-i-una pàgines més catorze fotografies fet per un geòleg que coneix la vall Salada també com a espeleòleg i que ha publicat en altres revistes especialitzades. L'índex del treball és el següent:

- 1) La problemàtica del turó de Sant Onofre
- 2) La problemàtica de la Minilla
- 3) La problemàtica de la terrera Vella
- 4) La problemàtica del sector central
- 5) La problemàtica del riu Cardener
- 6) Conclusions

Pel que fa a les conclusions, l'autor diu que s'absté d'emetre-les atès que no és competent per decidir sobre la viabilitat o no del projecte d'abocador de residus industrials i perillosos.

• ESCOLA UNIVERSITÀRIA POLITÈCNICA DE MANRESA (1997). Dades meteorològiques de Manresa i Cardona. És un conjunt de dades numèriques detallades sobre diferents paràmetres meteorològics de les localitats esmentades.

• UPC (1997). *Estudi de viabilitat d'un dipòsit subterrani controlat de residus especials a l'antiga mina de sal de Cardona*. Estudi sol·licitat per la Junta de Residus de Catalunya, Generalitat de Catalunya. Realitzat per personal de la UPC, coordinat per Jordi Bruno (QuantiSci, SL) i dirigit per Jesús Carrera. Està compost dels treballs següents:

- 1 Sismicitat i altres treballs complementaris
 - 1.1. Sismicitat
 - 1.2. Mineralogia a la superfície de la formació salina
 - 1.3. Halocinesi

Capítol I. INTRODUCCIÓ

- 1.4. Reportatge fotogràfic de la rampa de Sant Onofre (autors: Antoni Robert, Ferran Cardona i Josep Viver)
- 2 Hidrogeologia
 - 2.1. Continguts i resultats
 - 2.2. Model hidrogeològic conceptual
 - 2.3. Conclusió global i discussió de riscos
 - 2.4. Recomanacions
- 3 Hidrologia de superfície
 - 3.1. Xarxa de drenatge i climatologia
 - 3.2. Estudi dels nivells del riu i períodes de retorn
 - 3.3. Pluviògraf i limnígraf
 - 3.4. Col·lectors
- 4 Geoquímica de l'aigua
 - 4.1. Geomecànica
 - 4.2. Comportament mecànic de la roca
 - 4.3. Estudi preliminar del comportament del diapir de Cardona
 - 4.4. Conclusions geomecàniques
- 5 Geoquímica del residu
 - 5.1. Descripció del residu
 - 5.2. Criteris de seguretat
 - 5.3. Estudi geoquímic
- 6 Altres dipòsits
 - 6.1. Antecedents a Alemanya
 - 6.2. Antecedents als Estats Units
 - 6.3. Antecedents a Holanda
 - 6.4. Antecedents a França
 - 6.5. Valoració

• JUNTA D'AIGÜES DE CATALUNYA, Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya (1999). *Captura de la vall Salada i del riu Cardener cap a la mina Las Salinas: entrada d'aigua a la mina i aparició de bòfies al meandre del riu Cardener*. Informe tècnic de sis pàgines i sis diagrames. Es fa una cronologia dels darrers fets des del primer dia, 14 de març de 1998, quan es detecta una entrada d'aigua a la cambra 1 de la mina Las Salinas, fins al mes de febrer del 1999, quan ja hi ha una entrada d'aigua del riu Cardener cap a l'interior de la mina. Es comprova aquest canvi de gradient mitjançant coloracions de l'aigua del riu amb fluoresceïna, amb l'ajuda de piezòmetres de control.

• JUNTA D'AIGÜES DE CATALUNYA, Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya (1999). *Anàlisi i implicacions del fenomen hidrogeològic de captura càrstica del riu Cardener al diapir de Cardona*. Informe recopilatori de quinze pàgines de memòria, setze figures i divuit fotografies, amb assajos realitzats i descripció de sondejos de reconeixements per a la localització dels límits dels materials de la formació salina de Cardona, en la zona de contacte amb la llera del riu Cardener. Es fa una descripció del fenomen de captura i s'explica la inversió del gradient piezomètric i la capacitat de dissolució de l'aigua del riu Cardener. L'índex és:

1. Introducció
2. Cronologia dels fets
3. Evidències experimentals de la captura del riu per la mina
4. Descripció del fenomen de captura
5. Conclusions i solucions

• GRUP DE PROSPECCIÓ GEOFÍSICA del Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona (1999). *Estudi geofísic mitjançant calicates electromagnètiques al voltant del canal d'Aranyó*. La Junta d'Aigües de Catalunya encarrega al Grup de Prospecció Geofísica una sèrie de campanyes geofísiques a fi de determinar el subsòl d'aquells indrets. El primer que es realitza consisteix en una sèrie de cales electromagnètiques amb la possibilitat de

Capítol I. INTRODUCCIÓ

determinar la conductivitat de terrenys a menys de sis metres de profunditat. La zona estudiada és la llera del riu a l'altura del canal de l'Aranyó.

- GRUP DE PROSPECCIÓ GEOFÍSICA del Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona (1999). *Estudi geofísic mitjançant calicates electromagnètiques en la vall Salada i en el riu Cardener*. La Junta d'Aigües de Catalunya encarrega una altra vegada al Grup de Prospecció Geofísica un complement d'estudi similar a l'anterior, però aquesta vegada s'utilitza un sistema d'antenes per detectar a més profunditat. Es repeteixen les prospeccions als mateixos indrets de l'estudi realitzat al juliol i s'hi afegeixen dues cales a la vall Salada.

- GRUP DE PROSPECCIÓ GEOFÍSICA del Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona (1999). *Estudi geofísic mitjançant gravimetria al diapir salí i al voltant del canal d'Aranyó*. La Junta d'Aigües de Catalunya encarrega un tercer estudi de geofísica al Grup de Prospecció Geofísica. Aquest estudi està compost per dues parts: la primera és el resultat de 112 mesures de gravetat a la zona de l'aiguabarreig de la vall Salada amb el Cardener, i la segona és una comparació de les primeres prospeccions electromagnètiques amb la recent prospecció gravimètrica. Les aportacions geofísiques esmentades aporten un detall més elevat del contacte de les formacions salines, o més ben dit, de l'indret on hi ha més activitat de dissolució.

- SANS ROVIRA, Maura (1999). *From thrust tectonics to diapirism*. Tesi de 197 pàgines en anglès més un resum en català, sobre el comportament cinemàtic de les roques evaporítiques del front sud-est dels Pirineus. Principalment s'hi descriuen les estructures i mecanismes mecànics que hi pot haver als afloraments d'evaporites al mig de Catalunya. A més d'explicar molts comportaments observats en les sals, l'autora fa models a escala a fi d'explicar algunes de les estructures trobades a l'exterior i a l'interior dels jaciments de potassa de la zona.

- JUNTA D'AIGÜES DE CATALUNYA, Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya (1999). *Evolució del fenomen de captura hidrogeològica càrstica del riu Cardener al diapir de Cardona, i estat de situació a 15 de desembre de 1999*. Informe resum de vuit pàgines de memòria i tretze figures, entre fotografies, esquemes i taules.

- CARDONA, Ferran i VIVER, Josep. (2002). *Sota la sal de Cardona*. Llibre de 128 pàgines a tot color i amb magnífiques fotografies, editat per l'Espeleo Club de Gràcia. Aquest llibre, fet de manera molt entenedora i amb les experiències i els reconeixements realitzats pels autors al llarg de molts anys, s'estructura en tres parts:

- 1 “El Salí, una finestra a la sal”. Aquesta primera part dóna informació sobre diferents aspectes de l'aflorament de sal a Cardona, però fent un èmfasi especial en la divulgació dels valors naturals del Salí.
- 2 “Pels camins de l'aigua al subsòl”. És la part espeleològica per excel·lència. És un relat dels esforços dels espeleòlegs per descobrir les entranyes de la sal. És la part més voluminosa i la que tracta de les característiques de les cavitats càrstiques de la vall, des que hi ha registres fins als darrers esdeveniments amb l'entrada de l'aigua del Cardener fins a la mina. S'ha de fer esment que els autors van ser de les poques persones que van poder visitar la rampa de Sant Onofre pocs dies abans d'inundar-se, així com les cavitats que va fer el riu quan va entrar a la mina. S'ha de recordar que aquestes cavitats actualment ja són totalment intransitables.
- 3 “Annex sobre la carstificació en sal”. Es fa una comparació d'altres llocs d'arreu del món i de Cardona.

- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA de la Generalitat de Catalunya (2003). *Projecte de restauració integral de la vall Salina*. El document observat és un projecte no executiu de cinquanta-nou pàgines DIN

Capítol I. INTRODUCCIÓ

A3 i vint-i-un plànols a escala 1/5000 i detalls a 1/500, sobre la restauració de la vall Salada i la llera del riu Cardener entre el desviament a l'entrada del túnel i a la sortida.

La restauració de la vall projectada es basa en la reutilització de les dues terreres i la disposició dels llots resultants a l'interior de la mina Las Salinas. El relleu s'acostaria a l'original, encara que es construirien rases perimetrals i es remodelaria lleugerament el relleu de la vall i de la llera del Cardener. Les parts importants del projecte són:

1. Descripció de l'estat actual
2. Conclusions de l'estudi de l'estat actual
3. Estratègia de restauració
4. Enginyeria d'obres i instal·lacions
5. Fases d'execució
6. Estratègies de seguiment
7. Valoració econòmica
8. Conclusions

• INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA de la Generalitat de Catalunya. *Prospecció geofísica d'alta resolució al riu Cardener. Zona de la salinera de Cardona. Primera fase* (2003). Per encàrrec d'Ercros, el Grup de Prospecció Geofísica de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) realitza dos perfils de sísmica d'alta resolució i quatre perfils de tomografia elèctrica a les ribes del riu Cardener, a la zona d'aiguabarreig de la vall Salada amb el Cardener. En aquest estudi de geofísica es tracta d'explorar els primers quaranta metres del subsòl, on se situen els col·lapses d'importantes dimensions. Els mètodes utilitzats en aquest estudi van ser els sondejos elèctrics verticals (SEV) i els de sísmica de refracció i els de reflexió.

• INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA de la Generalitat de Catalunya. *Prospecció geofísica d'alta resolució al riu Cardener. Zona de la salinera de Cardona. Segona fase* (2003). Per encàrrec d'Ercros, el Grup de Prospecció Geofísica de l'ICC torna a realitzar una segona fase de prospecció geofísica. Aquesta vegada, amb els resultats de la primera campanya, prospecta la llera antiga del Cardener mitjançant dos perfils sísmics de refracció d'alta resolució i tres SEV.

Capítol I. INTRODUCCIÓ